

M. Faulde¹ · G. Hoffmann²

¹Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz

²Umweltbundesamt, Berlin

Vorkommen und Verhütung vektorassoziierter Erkrankungen des Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung zoonotischer Aspekte

Zusammenfassung

Derzeit sind in Deutschland 24 von Arthropoden oder Nagetieren übertragene Infektionserkrankungen endemisch, von denen 13 durch Schildzecken, fünf durch Ratten und Mäuse, drei durch Stechmücken und eine durch Kleiderläuse übertragen werden. Das Auftreten weiterer neun Infektionserkrankungen kann vermutet werden, von denen vier durch Schildzecken, vier durch Stechmücken und eine durch Flöhe übertragen werden. Von den durch heimische Arthropoden übertragenen Infektionserregern werden 72% (13 von 18) durch Schildzecken übertragen. Die bei weitem häufigste von Vektoren übertragene Erkrankung in Deutschland ist die Lyme-Borreliose mit einer angenommenen jährlichen Inzidenzrate von 20.000 bis 60.000 Fällen, weshalb Schildzecken im Vergleich mit anderen Vektorenfamilien qualitativ und quantitativ das größte Gefährdungspotential darstellen. Das Auftreten sowie die Ausbreitung neuer humanpathogener Infektionserreger ist in Mitteleuropa grundsätzlich immer möglich. Bei kürzlich durchgeführten serologischen Studien konnten bei Menschen erstmals anti-Ehrlichia- und anti-Babesia-Antikörper nachgewiesen werden. Dies deutet darauf hin, dass auch in Deutschland bislang nicht nachgewiesene Infektionserreger vorkommen und die Gefährdung durch von Zecken übertragene Infektionserkrankungen vermutlich erheblich unterschätzt wird. Zugleich breiten sich in Europa die FSME, das Mittelmeerfleckfieber, das West-Nil-Fieber

sowie das Mäusefleckfieber weiter aus. Verfügbare Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von vektorassozierten Infektionserkrankungen basieren hauptsächlich auf persönlichen Schutz- und Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen, die im Folgenden näher vorgestellt werden. Die im weltweiten Vergleich geringen und schlecht koordinierten Anstrengungen auf medizinisch-zoologischem Fachgebiet in Deutschland müssen dem internationalen Niveau sowie der globalen Situation angepasst werden.

Schlüsselwörter

Arthropodenübertragene Erkrankungen · Endemische Vektoren · Nagetier-assoziierte Erkrankungen · Persönliche Protektionsmaßnahmen · Vektorassozierte Erkrankungen · Vektorenbekämpfung · Zoonosen

Infektionskrankheiten sind bei zunehmender Tendenz heute mit etwa 32% die weltweit häufigste Todesursache. Von weiteren etwa 15% der Verstorbenen ist die Todesursache ungeklärt. Nach Aussage der WHO starben 1996 weltweit etwa 17 Millionen Menschen an Infektionserkrankungen [1]. Ein großer Teil dieser tödlichen Infektionserkrankungen wiederum ist vektorassoziert. Die WHO geht derzeit davon aus, dass weltweit etwa alle 15 Sekunden ein Mensch

an einer durch Stechmücken (= Vektor) übertragenen Krankheit stirbt [2]. Bedingt durch eine ganze Reihe von Faktoren brechen alte, bereits dauerhaft überwunden geglaubte Seuchen wieder aus. Zu diesen Faktoren zählen z. B. die globale Bevölkerungszunahme, kombiniert mit einer allgemeinen Verschlechterung der hygienischen Verhältnisse, die Zunahme der Flüchtlingsproblematik in Krisengebieten weltweit, von Menschen verursachte Veränderungen der Umweltbedingungen zugunsten vektorassoziierter Seuchengeschehen, das Besiedeln entwicklungsgünstiger Nischen mit infizierten tierischen Vektoren und/oder mit Gliedertieren mit hoher epidemiologischer Bedeutung, die Zunahme des Welthandels mit Gütern und Nutztieren und des Fernreiseverkehrs, klimatisch bedingte Katastrophen und die Unterschätzung der Seuchengefahr in vielen zivilisierten Staaten [3, 4, 5]. Gleichzeitig treten auch in Deutschland neue bzw. neu entdeckte Erreger auf, die, wie am Beispiel der Hantaviren und der Genospezies von *Borrelia burgdorferi* s.l. deutlich wird, weltweit verbreitet sind und die für eine zunehmende Zahl von Erkrankungen und Todesopfern unter Menschen verantwortlich gemacht wer-

M. Faulde

Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz, Ltr Laborgruppe Medizinische Zoologie, Postfach 7340, 56065 Koblenz, E-Mail: FauldeMichael@aol.com

M. Faulde · G. Hoffmann

Human vector-borne diseases in Germany – presence of vector transmissible agents, preventive and zoonotic aspects

Abstract

Overall, 24 known or potentially human-pathogenic vector-borne disease agents are transmitted in Germany, 13 of them by hard ticks, 5 by commensal rodents (rats and mice), 3 by mosquitoes, and one by body lice, respectively. Regarding vector-borne disease agents that are suspected to be present or hypothetically are transmissible in Germany, additionally 4 disease agents are vectored by hard ticks, 4 by mosquitoes, and one by fleas, and possibly sandflies, respectively. Among vector-borne diseases proven to be endemic in Germany, tick-borne diseases prevail significantly, both in the number of disease agents transmitted as well as in the resulting annual case-load of human diseases. Lyme borreliosis is by far the most frequent vector-borne disease showing an estimated incidence between 20.000 and 60.000 cases annually. Serologic studies conducted recently for the determination of anti-Ehrlichia- and anti-Babesia-antibodies in human populations indicate that these newly detected disease agents are present and thus the burden of tick-borne diseases may be underestimated in Germany. Currently, Central European tick-borne encephalitis, Mediterranean spotted fever, West Nile fever, and Murine typhus are reportedly spreading across Europe. Available measures for disease prevention mainly base on different principles of personal protection and vector control further discussed herein. Strong efforts in the field of medical entomology must be taken in Germany to improve the health support required to deal with the global disease threat and reach an international standard in this area.

Keywords

Arthropod-borne diseases · Endemic vectors · Personal protection measures · Rodent-borne diseases · Vector-borne diseases · Vector control · Zoonoses

den. In diesem Zusammenhang wird inzwischen von den sogenannten „emerging and resurging infectious diseases“ gesprochen, d. h. dem weltweit vermehrten Auftreten alter und neuer Seuchen [5, 6]. Gleichzeitig hält aus Gründen der Unterschätzung ihrer Bedeutung die Aus- und Fortbildung von medizinischen Fachleuten auf den Gebieten der Vektorenermittlung und -bekämpfung sowie bestimmten Sektoren der Parasitologie in einer Reihe europäischer Länder, zu denen auch Deutschland zählt, z. Z. damit nicht Schritt.

Insbesondere die medizinisch-naturwissenschaftliche Forschung Ende des 19. und Anfang bis Mitte des 20. Jahrhunderts ermöglichte umfassende Einblicke in das seuchenepidemiologische Wirken vieler tierischer Krankheitserregerüberträger, sogenannter Vektoren. Dabei wurden z. B. die Übertragungsmodi der Erreger bestimmter Formen der Filariose (1889) und der Malaria (1897) aufgedeckt, später auch die der Erreger des Läuse- und des Zeckenfleckenfiebers, der Mücken- und Zeckenenzephalitis (Viren), der Bakterien des Q-Fiebers, des Mittelmeerzeckenfiebers, des Sandmückenfiebers, der Afrikanischen und der Südamerikanischen Schlafkrankheit sowie der hämorrhagischen über Stechmücken und Zecken erzeugten Erkrankungen bei Mensch und Nutztieren. Die Vektoreigenschaft ist also sehr häufig essentiell oder zumindest wesentlich an Arthropoden (Insekten und Spinnentiere) gebunden. Auch andere wichtige Überträger, z. B. Schadnager, haben sich weit verbreitet. Sie sind heute zumindest in Nichtkrisengebieten i. d. R. aber nur regional und dort zumeist örtlich und zeitlich begrenzt in Verbindung mit schwerwiegenden Erkrankungen wie Pest, Tularämie, Leptospirose, Trichinose und Hantavirose als kompetente Reservoir mit Überträgerfunktion anzutreffen [7, 8].

Streng wissenschaftlich wird im Falle der Keimübertragung durch Tiere zwischen „Vektoren im engeren Sinne“, den Verschleppern von Krankheits- oder Lebensmittelverderbniserregern (auch als mechanische oder passive Vektoren bezeichnet), und Zwischenwirten von Parasiten unterschieden. Mit letzteren können auf oralem Wege Parasiten auch in den Menschen gelangen. Im Rahmen der Abwehr von Krankheitserregern nach Seuchen-, Tierseuchen-,

Tierkörperbeseitigungs- und Lebensmittelhygienerecht sprechen viele pragmatische Gründe dafür, die genannten Gruppen tierischer Erregerüberträger sämtlich unter einen erweiterten Begriff „Vektor“ zusammenzufassen. Der Begriff „Vektor“ wird daher im folgenden wegen der Bekämpfung von Krankheiten des Menschen und der Tiere, vor allem aber aus Gründen der Abwehr von Seuchen nach den gültigen Rechtsvorschriften sowohl auf die Vektoren im engeren Sinne, wie die Malaria-, Gelbfieber-, Leishmanien- und Borrelienüberträger, als auch auf bestimmte Zwischenwirte wie gewisse Floh- und Moosmilbenarten und auf Ratten und Mäuse als Erregerverschlepper und -reservoir ausgelehnt.

Insbesondere synanthrope Schädlinge wie Fliegen, Schaben, Pharaoameisen oder Nagetiere können auch in Europa eine breite Palette von krankheitsauslösenden Keimen weit überwiegend auf mechanischem Wege von infizierten auf empfängliche Wirte oder Medien übertragen. Weniger eindeutig ist die Keimübertragungsfunktion anderer Arthropoden z. B. die von Wespen belegt. Nicht erkrankende Tierarten tragen als „Reservoir im engeren Sinne“ zur Erhaltung des Erregers bei. Neben diesen belebten Vektoren, die biologisch (zyklisch) oder taktile, exkretorisch, phagare und/oder endoparasitär Erreger übertragen können, gibt es auch unbelebte Überträger (Vehikel) wie Wasser, Staub, Luft, tierische Abfälle, Pflegegegenstände, Spritzen, etc.

Ziel dieser Arbeit ist es, essentielle, aktuelle und für die Bundesrepublik Deutschland spezifische Grundlagen der Erregerübertragung durch tierische Überträger zu vermitteln, eine Übersicht über die überraschende Vielfalt der in Deutschland endemischen bzw. vermuteten vektorassoziierten Infektionserkrankungen zu geben sowie notwendige Protektionsmaßnahmen und Bekämpfungsstrategien für die Infektionsunterbrechung im Übertragungsfall vorzustellen, letztendlich auch um eine Unterstützung bei der Differentialdiagnostik endemischer, z. T. seltener bzw. „exotischer“ Infektionserkrankungen zu leisten, und zur Erarbeitung praktischer Prinzipien der Infektionsvermeidung nicht nur, aber auch für den Seuchenfall gemäß § 13 Infektionsschutzgesetz beizutragen.

Mechanismen der Übertragung von Krankheitserregern durch Vektoren

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Übertragung von Krankheitserregern zwei unterschiedliche Prinzipien: die aktive sowie die passive Übertragung. Das exakte Wissen dazu, d. h. speziell über die jeweiligen Transmissionsmodi und die dabei mitwirkenden ökologischen Faktoren, ist für die Bewertung des epidemiologischen Gesamtgeschehens unabdingbar. Nur so können wirksame Verhütungs- und Infektkettenunterbrechungsmaßnahmen hinreichend effektiv geplant werden.

Aktive Übertragung von Krankheitserregern

Bei der aktiven Übertragung werden Krankheitserreger definitionsgemäß direkt durch den Stech- bzw. Bissakt in den Wirtskörper eingebracht. In diese Gruppe fallen nahezu alle relevanten vektorassoziierten Erkrankungen wie Malaria, Gelbfieber, Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME/TBE), Borreliose, Ehrlichiose usw. Die hierfür verantwortlichen Vektoren aus der Gruppe der Arthropoden (Gliedertiere) gehören ausnahmslos zu den sogenannten hämophagen, voll- oder partiell anthropophilen tierischen Ektoparasiten. Diese und andere, den Menschen befallende Gliedertiere sind *primär parasitär*. Sie unterscheiden sich ferner danach, ob sie

- ▀ *stationär parasitierend* (= i.d.R. permanent oder längere Zeit auf dem Wirt befindlich, z. B. Krätzmilben (*Sarcoptes scabiei*) oder einwirtige Schildzecken (*Ixodidae*), ausgenommen die Eiablagephase und die Wirtsuchephase der Larven),
- ▀ *temporär parasitierend* (= nur relativ kurz am Wirt befindlich, z. B. Stechfliegen, Stech-, Kriebel- und Sandmücken, Gnitzen, Raubwanzen, Lederzecken, die meisten Flöhe),
- ▀ *fakultativ parasitär* (z. B. bestimmte Larven von Goldfliegen (*Lucilia sericata*)), oder
- ▀ *obligat parasitär*, etwa die Weibchen von Stechmücken (*Culicidae*) oder Bremsen (*Tabanidae*) oder stechende Muscidae wie der Wadenstecher, die Läuse und die Krätzmilben sind.

Sekundär parasitär sind eine Reihe von Gliedertieren, insbesondere solche, die über leckende Mundwerkzeuge Sekrete aufnehmen, wie viele auch beim Menschen gelegentlich auftretende Viehfliegen (*Musca autumnalis* (Augenfliegen)), *Musca sorbens* (Basarfliege) und Morelliaarten. Diese Parasiten befallen z. B. kleine Wunden, die von stechend- oder beißend saugenden Insekten, Milben oder Zecken oder solche, die von sich in lebendes menschliches oder tierisches Gewebe einbohrenden Fliegenlarven bestimmter Arten der Gattungen *Lucilia*, *Musca*, *Hypoderma*, *Oestrus*, oder *Gasterophilus* gesetzt wurden. Für die Abklärung der möglichen Transmissionswege der Krankheitserreger und der ihrer tierischen Träger sowie der Transmissionsqualität ist es u. a. notwendig, von jeder einzelnen, in das jeweilige Seuchengeschehen involvierten Vektorart die genauen ektoparasitären und bionomischen Eigenschaften zu kennen, d. h. ob die hämophagen Vektoren

- ▀ *zoophil* (= nur an Tieren parasitierend) wie *Feder- und Haarlinge* (*Mallophaga*),
- ▀ *anthropophil* (= bevorzugt den oder nur am Menschen parasitierend) wie die *Kopf-*, die *Kleider-* und die *Filzlaus* (*Pediculusarten* und *Pthirus pubis*),
- ▀ *endophag* (= (auch) in Räumen blutsaugend) wie bestimmte Stechmücken (u. a. solche der Gattung *Culex*),
- ▀ *exophag* (= nur außerhalb von Räumen blutsaugend) wie die meisten *Kriebelmücken*, *Bremsen* und *Weidestechfliegen* (*Tabaniden-* bzw., *Lyperosiops-* und *Haematobiaarten*),
- ▀ *diurnal* (= am Tage blutsaugend) wie die *Bremsen* oder
- ▀ *nocturnal* (= nachts oder in der Dämmerung blutsaugend) wie bestimmte *Stechmücken* (*Culicidae*) und *Gnitzen* (*Ceratopogonidae*) sind.

Hinsichtlich der aktiven Transmissionsmodi, die nahtlos in eine Kombination mit passiven Übertragungswegen übergehen können, lassen sich verschiedene Mechanismen differenzieren. Sie müssen bei eingeleiteten Infektkettenunterbrechungsmaßnahmen unbedingt mitbetrachtet werden. Die Infektion via hämophagen Vektor ist z. B. möglich durch:

- ▀ Inokulation eines Erregers durch Speichelsekret während des eigentlichen Stech- oder Bissaktes. Dies ist der hauptsächlichste Transmissionsweg einer reinen, aktiven Erregerübertragung, wie etwa bei der Malaria durch bestimmte *Anopheles*-Stechmückenarten, oder der von Borrelien- bzw. FSME-Viren durch den *Holzbock* (*Ixodes ricinus*, *Schildzecke*).
- ▀ Regurgitation infektiöser Flüssigkeit. Bei diesem Transmissionsmodus werden von einigen Vektoren wie *Flöhen* (*Siphonaptera*), *Wadenstecher* (*Stomoxys calcitrans*) und anderen *Vieh-, Stechfliegen* und *Bremsen* in erster Linie physiologisch notwendige Hilfs- und Verdauungstoffe und gleichzeitig die im Gastrointestinaltrakt vorhandenen Infektionserreger abgegeben. Dies geschieht oft durch Wirtswechsel unter z. T. mehrfacher Saugaktunterbrechung.
- ▀ Inokulation, Einatmung, oder orale Aufnahme infektiöser Fäzes. Die orale Aufnahme von bandwurminfizierten (i.d.R. zerquetschten) Flohimagines führt zur Infektion beim Menschen. Der Floh selbst nimmt die Eikapsel im Larvenstadium auf [9]. Ein weiterer Mechanismus basiert auf einer Kombinationswirkung von Einstich beim Saugen von Blut, der Abgabe von infektiösem Kot in direkter Nähe der Einstichstelle und dem an dieser Stelle auftretenden Juckreiz. Die eigentliche Infektion erfolgt danach durch Einkratzen oder Einreiben des infektiösen Kotes in die juckende Stichwunde. Dies ist beispielsweise bei dem durch die Kleiderlaus übertragenen Läusefleckfieber (Erreger: *Rickettsia prowazekii*), dem Fünftagefieber (Erreger: *Bartonella (Rochalimaea) quintana*) und der Südamerikanischen Schlafkrankheit (Erreger: *Trypanosoma cruzi*) der Fall. Der Q-Fieber (*Coxiella burnetii*) und der Pesterreger (*Yersinia pestis*) können ebenfalls mit dem Staub, bei der Lungenpest auch als Aerosol aufgenommen werden.
- ▀ Infektion durch infektiöses, zerstörtes Arthropodengewebe bzw. durch die orale Aufnahme ganzer Gliedertiere. Durch das gerade während Notzeiten häufig durchgeführte „Knacken von Kleiderläusen“ findet

beispielsweise eine Freisetzung intrazellulär lebender Erreger (z. B. *Borrelia recurrentis*) aus der Magen- und Darmwand der Läuse statt. Infektiöses Läusegewebe setzt sich unter den Fingernägeln ab und die Erreger können nachfolgend in die juckenden Stichwunden eingekratzt werden. Bandwurmlarven (Cestoden), z. B. von *Dipylidium caninum* (eine der Hundebandwurmart) können nach Zerquetschen von infizierten Flohimagines oral auf Menschen übertragen werden. Dies geschieht, nachdem die Flohlarven sich zuvor über die Eiaufnahme infiziert haben [9].

Die Weitergabe der Erreger kann horizontal *kontaktmechanisch* (wie von diversen Wund- und Darminfektionserregern) erfolgen, z. B. über Schaben, bestimmte, nicht stechende Fliegen und Pharaoameisen, bzw. von *Stich zu Stich im selben Stadium* (u. a. beim Tahynavirus und Stechmücken) oder vertikal *von Stadium zu Stadium* (wie bei durch Zecken verursachter Encephalitis, Borreliose und Ehrlichiosen) und/oder vertikal (transovariell) *von Generation zu Generation* (gelegentlich Zeckenencephalitis, Babesiose, Papataciefieber, Denguefieber).

„In Deutschland sind endemische hämophage Arthropoden oft auch dem Fachpersonal nur sehr lückenhaft oder gar nicht bekannt.“

Oftmals sind auch in Deutschland endemische hämophage Arthropoden sowie deren biologische und medizinisch bedeutsame Eigenschaften Fachpersonal nur sehr lückenhaft oder gar nicht bekannt. Eine Übersicht über die in Deutschland heimischen, zumindest zum Teil anthropophil hämophagen Gliedertiere ist aus Tabelle 1 zu entnehmen. Dargestellt sind die typische Morphologie, die Biologie mit besonderen Merkmalen sowie die potentielle Vektoreigenschaft. Andere, in ihren Vektorqualitäten äußerst wichtige Insektenordnungen sind an tropische und subtropische Regionen gebunden und in Deutschland nicht heimisch. Hierzu gehören mehrere blutsaugende *Trombiculiden* (Milben-), ausgenommen die

Herbstmilbenlarve (*Neotrombicula autumnalis*), viele Zecken-, Kriebelmücken- und Gnitzenarten, bis auf eine Ausnahme, die Sandmücken (*Psychodidae*), die Tsetse-Fliegen (*Glossinidae*) und die neuweltlichen, anthropophil hämophagen Raubwanzen (*Reduviidae*). Die meisten der nach Deutschland eingeschleppten oder einschleppbaren, mit nichtendemischen Vektoren assoziierten Infektionserkrankungen bzw. -erreger bleiben am Ort der Einschleppung isoliert, insbesondere die aus den warmen bzw. wärmeren Regionen, wie die verschiedenen Formen der Leishmaniose, der tropischen Filariosen, und der Schlafkrankheit sowie viele Zoonosen. Das heißt, sie können in Deutschland i.d.R. nicht durch vorhandene einheimische oder miteingeschleppte tierische Überträger weiter verbreitet werden, selbst wenn letztere weiterentwicklungsfähig wären. Nur der Zufall nach dem „Schlüssel- (Erreger)-Schloss- (tierischer Vektor)-Prinzip“, ggf. unterstützt durch ein hinreichendes empfängliches Wirts- und Reservoirangebot oder eine langandauernde Masseneinschleppung von Erregern und geeigneten Vektoren, schafft bei den entsprechenden vorgenannten Rahmenbedingungen günstige Grundlagen für die Etablierung eines durch Einschleppung bedingten Infektionsgeschehens. Das Gesundheits- und Hygienebewusstsein der hiesigen Bevölkerung sowie die Tierquarantänen nach Tierseuchenrecht im Falle von Zoonosen sind in diesem Sinne weitere wirksame Etablierungshindernisse für vektorassoziierte Infektionen bei Mensch, Nutz- und Heimtier.

Vor allem im Bereich der Veterinärmedizin ist neben der Verbreitung von Zoonosenverursachern die Einschleppung der Erreger von nichtzoonotischen, wirtschaftlich aber bedeutenden Tierseuchen via parasitärer Vektoren (Zecken, Stechmücken der Gattungen *Culex* und *Aedes* bzw. Gnitzen der Gattung *Culicoides*) oder/und deren Verbreitung über direkt gehandeltes Vieh als Wirt zu befürchten. Als Herkunftsgebiete solcher Erreger im Handels- und Reiseverkehr spielen für Mitteleuropa – soweit bekannt – vornehmlich die südlichen Randregionen der EU sowie Südost- und Osteuropa eine Rolle. Vektoruell übertragbare Tierseuchen, die von dort importiert werden können, sind z. B. die Afrikanische Schweinepest, die Afrikanische

sche Pferdepest, die Blauzungenkrankheit der Wiederkäuer und das Ephemeralfieber der Rinder.

Passive Übertragung von Krankheitserregern











Während bei aktiver Übertragung durch den Stechakt die Erreger mehr oder weniger direkt in die Wunde injiziert werden, findet die passive Keimverbreitung durch Verschleppung von Erregern, die dem Vektorkörper anhaften oder sich in Gastrointestinaltrakt oder Exkretionsorganen befinden, statt. Hauptsächlich von Bedeutung, und im Rahmen von Humanseuchen untersucht, ist die Keimverschleppung durch kommensale Nagetiere, Fliegen, Schaben und Pharaoameisen und bei Tierseuchen die von Nagern, Viehfliegen und Zecken. Auf dem Lebensmittelsektor sind sowohl Wander- und Hausratte als auch die siedlungsnahen und die im Haus lebenden Mäuse neben anderen Verbreitungsquellen für die Übertragung einer Reihe humanmedizinisch bedeutender Krankheits- und Lebensmittelverderbniserreger verantwortlich. Die lokalen Verhältnisse bestimmen im Einzelfall die Bedeutung der Nager und der Arthropoden als Vektoren der in Tabelle 2 aufgeführten human- und z. T. auch veterinärmedizinisch wichtigen Keime. Die Tabelle 2 gibt weiterhin eine Übersicht über das Spektrum der via Nager aufgrund von Labor- oder/und Feldexperimenten als in Deutschland übertragbar eingestuften Erreger.

„Bei aktiver Übertragung durch das Stechen werden die Erreger direkt in die Wunde injiziert, während die passive Keimverbreitung durch Verschleppung von Erregern stattfindet.“

Grundsätzlich unterscheidet man bei der Übertragung von Krankheitserregern zwei unterschiedliche Prinzipien: Die aktive sowie die passive Übertragung. Das exakte Wissen dazu, d.h. speziell über die jeweiligen Transmissionsmodi und die dabei mitwirkenden ökologischen Faktoren ist für die Bewertung des epidemiologischen Gesamtgeschehens notwendig. Nur so können wirksame Verhütungs- und Infektkettenunterbrechungsmaßnahmen hinreichend effektiv geplant werden.




Tabelle 1

Übersicht über anthropophile blutsaugende Arthropodenfamilien bzw -ordnungen in Deutschland, ihre biologischen Merkmale sowie ihre wichtigsten potentiellen Überträgerereigenschaften

Morphologie:	Name:	Biologie und Merkmale:	In D Vektor für:
	Stechmücken der Gattungen: – Aedes – Culex – Anopheles – (Culicidae)	Imago besitzt ein Flügelpaar, Antenne mehr als 10 Glieder (fadenförmig), lange Beine, Körper grazil, drei wichtige Gattungen (Vektoren): Anopheles, Aedes und Culex	– Tahyna-Virus; – Batai-Virus; – Borrelia afzelii?
	Kriebelmücken (Simuliidae)	1 Flügelpaar, kleine gedrungene Körper mit 2,5 bis 5 mm Länge, geben beim Stich ein Neurotoxin ab, saugen tagsüber im Freien für 4-6 min., Larvalentwicklung in schnell fließenden Gewässern	unbekannt
	Stechgnitzen (Ceratopogonidae)	1 Flügelpaar, sehr kleiner Körper (1-4 mm), Larvalentwicklung in feuchtem Boden, saugen meist in der Dämmerung oder nachts, fleckfarbige Zeichnung auf den in Ruhe flach anliegenden Flügeln	unbekannt
	Bremsen (Tabanidae)	mittelgroße bis sehr große (0,5 bis 4 cm), kräftig gebaute Fliegen, gutes Flugvermögen, mächtige Facettenaugen, der kurze Stechrüssel hängt meist herab	unbekannt
	Stechfliegen (Muscidae)	mittelgroße Fliegen (0,5-1 cm), deren Flügel in Ruhe ausgespreizt sind, Larven entwickeln sich in faulenden Stoffen, Stechrüssel charakteristisch abstehend	unbekannt
	Lausfliegen (Pupipara)	mittelgroße (0,5-1 cm), meist braune Fliegen mit starkem Stechrüssel; am Menschen saugen in Mitteleuropa die flügellosen Schaflausfliegen (Melophagus ovinus) sowie fliegende Hirsch-, Pferde- und Vogellausfliegen	unbekannt
	Menschenläuse (Anoplura)	am Menschen nur Kopf-, Kleider- und Filzläuse, nur Kleiderläuse sind effiziente Vektoren, heterometabol, Punktaugen, Klammerbeine	Wolhynisches Fieber (5-Tage-Fieber)
	Flöhe (Siphonaptera)	lateral abgeflacht, flügellos, bräunlich gefärbt, besitzen stark gebautes drittes Beinpaar, saugen mehrmals am Tag Blut, nicht sehr wirtsspezifisch, Lebensdauer ca. 1,5 Jahre	unbekannt
	Bettwanzen (Cimicidae)	weltweit 3 Spezies, stark dorso-ventral abgeplattet, charakteristische Stinkdrüsen, heterometabol, Stechakt dauert ca. 10 min., Lebensdauer ca. 1 Jahr, wenig wirtsspezifisch	unbekannt
	Lederzecken (Argasidae)	eiförmig, dorso-ventral abgeflachter Körper, Mundwerkzeuge beim Adultus nur ventral sichtbar, können lange hungern (ca. 3 Jahre)	– Borrelia burgdorferi s.l.?

Fortsetzung Tabelle 1

Übersicht über anthropophile blutsaugende Arthropodenfamilien bzw -ordnungen in Deutschland, ihre biologischen Merkmale sowie ihre wichtigsten potentiellen Übertragereigenschaften

Morphologie:	Name:	Biologie und Merkmale:	In D Vektor für:
	Schildzecken (Ixodidae)	drei Entwicklungsstadien: Larve, Nymphe, Imago, dorso-ventral abgeplattet, weisen einen dorsalen Schild auf, Mundwerkzeuge dorsal sichtbar	FSME-Virus; Eyach-Virus; Erve-Virus; Tribec-Virus; Lipovnik-virus; Uukuniemi- Virus; Rickettsia slovaca; Coxiella burnetii; Agens der Humanen Granulozytären Ehrlichiose; Ehrlichia canis; Borrelia burgdorferi s.l.; Francisella tularensis; Babesia divergens; B. bovis; „B. microti-ähnliche Organismen“
	Larven der Laufmilben- gattung Neotrombicula	besitzen 6 Beine (keine Insekten!), Größe ca. 0,5 mm, beißen je nach Spezies mit ihren Cheliceren auch den Menschen, warten auf der Vegetation, bis ein Wirt sie abstreift	unbekannt
	Vogelmilben (Dermanyssidae)	als Larve 6-beinig, im Adultstadium 8-beinig, vollgesogen mit dunkelbraunroter Färbung, Größe 0,6 bis 1 mm, Rote Vogelmilbe mit langen, fadenförmigen Cheliceren	unbekannt (Newcastle Disease?)
	Ratten, Echte Mäuse und Feldmäuse (Muridae, Microtidae)	Echte Mäuse (Muridae): Schwanz etwa körperläng oder länger, Schnauze spitz; Wühlmäuse (Arvicolidae): Schwanz kurz, Schnauze stumpf-hamsterartig	s. Tabelle 2

Die Prinzipien der passiven Keimverbreitung lassen sich differenzieren in die

- ▶ taktile Keimverbreitung durch Keime an der Körperoberfläche, z. B. an den Borsten und Fußgliedern nicht parasitärer Vektoren wie Stubenfliegen (*Musca domestica*), Ameisen (Gattungen: *Monomorium* und *Lasius*) oder Hausschaben (*Blattidae*),
- ▶ se- und exkretorische Keimverbreitung durch Urin, Speichel oder Kot von nicht parasitären Schädlingen. Insbesondere die Eigenschaft der Mikromiktion bei Ratten und Mäusen führt zur Erregerverbreitung, d. h. die Urinabgabe in kleinsten Tröpfchen zur Reviermarkierung, die sich für die konzentrierte Verbreitung von Erregern eignet [7, 8]. (vgl. auch Tabelle 2) sowie
- ▶ Keimverbreitung durch Fraß von Schädlingen an Nahrungsmitteln,

wobei Keime von den Mundwerkzeugen oder Zähnen sowie aus dem Speichel oder aus Erbrochenem der Schädlinge auf Nahrungsmittel gelangen. Sie selbst oder deren Toxine können zu Nahrungsmittelverderb und/oder zu Erkrankungen führen (s. u. a. bestimmte Übertragungen durch Schaben, die Große Stubenfliege sowie Gold- und Schmeißfliegen) [10, 11].

- ▶ Übertragung von Keimen über Ektoparasiten (Gliedertiere) des Menschen oder ggf. auch der von Wild- und Nutz- oder Heimtieren. Das Reservoir sowie das Transportvehikel für Ektoparasiten bilden häufig kommensale Nagetiere. Von Ratten ausgehend werden z. B. im Falle der urbanen Pest durch deren Flöhe die Erreger direkt auf den Menschen über- oder in dessen Lebensumfeld eingetragen. Bei der „Urbanisie-

rungstendenz“ sylvatischer vektorassoziierter Erkrankungen, wie auch bei der Leptospirose und Mäusen im ländlichen Siedlungsbereich oder aktuell bei der Lyme-Borreliose und Mäusen feststellbar, spielen die ökologischen Beziehungen und Bionomien des Reservoir-Vektor-Erreger-Komplexes sowie die Verhaltens- und Expositionsweisen des Menschen eine entscheidende Rolle [8]. Zu beachten ist, dass in benachbarten Ländern Viruserkrankungen auftreten, deren Erreger u. a. auch in Deutschland auf Menschen direkt oder über adäquate Vektorarthropoden gelangen können. Dazu zählt u. a. das sindbisähnliche Ockelbovirus, das über aus Skandinavien importierte Culexarten Deutschland erreichen kann [12, 13].

- ▶ Übertragung von Krankheitskeimen auf den Menschen sowie auf Heim-

Tabelle 2

Ratten und Mäuse als Vektoren, Reservoir oder Zwischenwirte human- und veterinärmedizinisch bedeutsamer Krankheitserreger im urbanen Bereich (Europa) ^{a)b)c)d)}

Vektoren

A. Ratten

B. Mäuse

I. Bakterien

<ul style="list-style-type: none"> + 1. Div. Salmonella Spezies (3) 2. Yersinia pseudotuberculosis (3) 3. Yersinia enterocolitica (3) + 4. Yersinia pestis (3) 5. Francisella tularensis (3) 6. Pseudomonas pseudomallei (3) + 7. Listeria monocytogenes (3) + 8. Clostridium botulinum (+) 9. Leptospira-Serotypen (3): <ul style="list-style-type: none"> a) interrogans b) icterohaemorrhagiae ** c) grippotyphosa d) pomona e) canicola 10. Spirillum minus (3) 11. Steptobacillus moniliformis (3) 12. Rickettsia typhi (3) 13. Rickettsia akari (3) 14. Rickettsia sibirica (3) (+) 15. Rickettsia conorii (3) 16. Rickettsia slovaca (2) 17. Coxiella burnetii (3) 18. Borrelia burgdorferi s.l. (1) 19. Erysipelothrix rhusiopathiae (2) 	<ul style="list-style-type: none"> + 1. Div. Salmonella Spezies (3) 2. Yersinia pestis (3) 3. Francisella tularensis (3) 4. Listeria monocytogenes (3) 5. Erysipelothrix rhusiopathiae (3) + 6. Clostridium botulinum (3) (+) 7. Leptospira-Serotypen (3): <ul style="list-style-type: none"> a) interrogans b) icterohaemorrhagiae ** c) grippotyphosa d) pomona e) canicola f) hebtomadis 8. Rickettsia akari (3) 9. Rickettsia sibirica (3) 10. Rickettsia conorii (3) (+) 11. Coxiella burnetii (3) 12. Rickettsia slovaca (2)
II. Viren	
<ul style="list-style-type: none"> 1. Maul- und Klauenseuche-Virus (1) 2. Aujeszky – Virus (3) 3. Tollwutvirus (2) * 4. Hantaviren (3) 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Maul- und Klauenseuche-Virus (1) 2. Tollwutvirus (2) * 3. Lymphocytäre Choriomeningitis-Virus (3) 4. Reservoir für Zeckenencephalitis- bzw. -meningoencephalitis-Viren (3) 5. Reservoir für Zeckenfieber-Viren (Erkrankung mit neuropathologischen Symptomen), z. B. Eyach- und Erve-Viren (2)
III. Pilze	
<ul style="list-style-type: none"> 1. Trychophyton quinckeanum (3) 	<ul style="list-style-type: none"> 6. Hantaviren (6)
IV. Protozoen	
<ul style="list-style-type: none"> 1. Toxoplasma gondii-Zysten (2) 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Toxoplasma gondii-Zysten (2) 2. Babesia microti (3)
V. Würmer	
<ul style="list-style-type: none"> (+) 1. Trichinella spiralis (3) 2. Hymenolepis nana (3) 3. Hymenolepis diminuta (3) 	<ul style="list-style-type: none"> (+) 1. Trichinella spiralis (3) 2. Hymenolepis nana (3) 3. Hymenolepis diminuta (3) 4. Echinococcus multilocularis (3)

Erläuterungen zu Tabelle 2:

a) Unter welchen Voraussetzungen die genannten Erreger übertragen werden, hängt in jedem Einzelfall von einer unterschiedlichen Anzahl von Faktoren ab, b) zu weiteren Vektorfunktionen der genannten und anderer Schädlingsgruppen und -arten s. Text, c) ein Vektor ist ein Tier, das infektiöse, toxinbildende sowie Lebens- und Futtermittel verderbende Erreger überträgt, d) einschließlich der Erreger von Zoonosen (Zoonosen = Infektionen von Menschen, Nutz- und anderen Tieren, deren Erreger unter natürlichen Bedingungen zwischen diesen Wirtsgruppen in einer Richtung oder in beide Richtungen wechseln und ggf. eine Krankheit beim Zielwirt auslösen können), + als Krankheitserreger über verzehrte Nahrungsmittel aufgenommen und von human- oder/und veterinärmedizinischer sowie lebensmittelhygienischer Bedeutung, (+) als Krankheitserreger über verzehrte Nahrungsmittel aufgenommen, aber nur unter bestimmten (Ausnahme-) Voraussetzungen von klinischer oder lebensmittelhygienischer Bedeutung, * überwiegend Nagervarianten ohne praktische Bedeutung, ** insbesondere in Zeiten starken Regenfalls verbreitet, (1) nicht ausreichende Erregernachweise an oder in Vektoren; Übertragung des Erregers u. U. möglich (zum Verdacht der Erregerübertragung in Deutschland s. Tabelle 3), (2) ausreichende international akzeptierte Erregernachweise an und in Vektoren im Labor oder im Freiland; Übertragung unter bestimmten Voraussetzungen wahrscheinlich (außer *), (3) Übertragung des Erregers durch international anerkannte, reproduzierte Labor- und Felduntersuchungen detailliert belegt. Der Nachweis zu (3) bedeutet seuchenhygienisch, dass Stämme des Vektors bestimmte Stämme des Krankheitserregers nach Art, Verbreitung, Verhalten und sonstiger Lebensweise übertragen können. Ob eine solche vektorielle Situation im Einzelfall tatsächlich oder verdachtsweise vorliegt, muss anhand der entsprechenden, vor Ort ermittelten epidemiologischen und diagnostischen Indizien entschieden werden.

und Nutztiere über Wirbeltiere *via siedlungsnaher Vögel und Nager sowie Freilandnager*. Dieser Übertragungsweg (Zoonosenproblem (vgl. Tabelle 2)) bringt sylvatische oder rurale Erreger direkt in das Umfeld des Menschen. Naturgemäß ist der Kontakt zu Nutz- und Heimtieren besonders eng. Ein solcher Kontakt ist z. B. bei der Übertragung der Erreger von Tularämie, Q-Fieber, Tollwut sowie auch bei der von Heimnagern ausgehenden Lymphozytären Choriomeningitis bedeutungsvoll. Die Nähe zu Wildnagern (*Clethrionomys glareolus*) und deren Ausscheidungen begünstigt in Nord- und Ostasien die Übertragung der Nephropathia epidemica (NE) durch das Puumalavirus auf den Menschen. In einer Reihe von Fällen ist dieser Transmissionsmodus auch bei diversen nicht zoonotischen Tierseuchen, wie der klassischen Schweinepest, anzutreffen.

Endemische vektor- und nagetierassoziierte Infektionserkrankungen beim Menschen in Deutschland

Auch Deutschland ist nicht frei von Vektoren, von ihnen übertragenen Erregern sowie durch diese verursachte Infektionserkrankungen. Das Wissen über die hiesige Vektorenpräsenz und die Epidemiologie solcher Erkrankungen ist z. Z. nur minimal, da die kontinuierliche Bearbeitung endemischer Vektor-Erreger-Reservoir-Komplexe, wie sie in anderen Staaten betrieben wird, mangels entsprechend kompetenter, institutionalisierter medizinischer und veterinärmedizinischer Referenzforschung nur sehr sporadisch und auf manchen Gebieten gar nicht erfolgt. Bekannt und beachtet sind in Deutschland auf humanmedizinischem Sektor besonders die von Schildzecken übertragenen Erkrankungen, u. a. die Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), die Lyme-Borreliose und einige von Nagetieren übertragene Erkrankungen (s. Tabelle 1 u. 2). Die durch Kleiderläuse übertragenen, bei uns nur noch aus historischer Sicht relevanten Seuchen, wie das klassische Läusefleckenfieber sowie das Läuserückfallfieber, werden nicht mehr berücksichtigt, sind jedoch in einigen Krisenregionen der Erde noch immer bzw. wieder endemisch.

„Das Wissen über Vektorenpräsenz und die Epidemiologie einheimischer vektorübertragener Erkrankungen ist in Deutschland mangelhaft.“

Alle bislang beschriebenen, in Deutschland endemischen, von Vektoren übertragenen Infektionserkrankungen des Menschen sind unter Angabe des verantwortlichen Vektors in Tabelle 3 genannt. Es fällt auf, dass sich durch die aus dem mediterranen Bereich in den letzten Jahrzehnten eingewanderten Ektoparasiten, etwa die Braune Hundezecke (*Rhipicephalus sanguineus*), in den deutschen und benachbarten Befallsgebieten bislang keine endemisch auftretenden, menschlichen Erkrankungen etabliert haben, bzw. solche nicht erkannt wurden. In der Veterinärmedizin gibt es dagegen Hinweise auf die Übertragung von Babesiosen und Rickettsiosen auf Menschen und Hunde in Mitteleuropa. „Exotische“ Erkrankungen besitzen im Hinblick auf die Differenzialdiagnostik sowie auch auf die kausal ausgerichtete Therapie Relevanz [117]. Die bekannten Erkrankungshäufigkeiten endemischer vektorassoziiierter Erkrankungen in Deutschland sind aus Tabelle 3 zu entnehmen. Die Lyme-Borreliose ist mit vermuteten 20.000 bis 60.000 Neuerkrankungen pro Jahr die weitaus häufigste Erkrankung [17, 70]. Darauf folgt die FSME mit 150 bis 300 Neuerkrankungen pro Jahr [14, 15]. Völlig unklar ist auf humanmedizinischem Gebiet die Inzidenz z. B. bei Arboviren, Rickettsiosen (incl. Ehrlichiosen) und Babesiosen. Auf dem Tierseuchensektor haben sich anscheinend die einschlägigen Vorschriften zu Ein- und Durchfuhr, zu Grenzuntersuchungen und zur Quarantänierung als wirksam erwiesen. Das gilt auch für den Bereich der Anthropozoonosen. In Tabelle 4 werden vektorabhängige Infektionen beim Menschen aufgelistet, deren endemisches Auftreten bei diesem selbst oder bei Reservoirtieren in Deutschland zumindest in Teilregionen als sehr wahrscheinlich eingeschätzt wird. Kriterium für diese Listung war a) das Vorkommen eines empfänglichen Vektors in Deutschland und b) der Nachweis des Vorkommens der Erkrankung in einem Deutschland benachbarten Staat. Wie schnell vektorassoziierte Erkrankungen

ganze Kontinente überwinden können und zu epidemischem Auftreten führen können, belegt der jüngst publik gewordene Fall der Einschleppung des West-Nil-Virus in die USA [118]. Aufgrund der gemeldeten Krankheitsverläufe mit Enzephalitiden ist zu vermuten, dass es sich um einen besonders pathogenen Virusstamm handelt. Zur eingehenden Charakterisierung müssen jedoch noch abklärende molekular- und mikrobiologische Analysen durchgeführt werden.

Bei den meisten der gelisteten Erkrankungen ist die epidemiologische Lage sowohl hinsichtlich des regionalen Vorkommens („Mapping“) als auch in Bezug auf die Erkrankungshäufigkeit völlig unklar. Letzteres ist insbesondere dadurch bedingt, dass bis auf einige Ausnahmen (z. B. Pest, Rückfall-, Gelb- und Fleckfieber, Virus-Meningoenzephalitis, Leptospirose, Malaria) Ausbrüche, der Verdacht oder Tod durch eine essentiell oder auch nur fakultativ vektorassoziierte Erkrankung nach BSeuchG nicht meldepflichtig sind. Daher werden in Deutschland nie oder nur selten Gefährdungskataster angelegt. Außerdem fehlt eine entsprechend gezielt recherchierende deutsche Referenzstelle, die u. a. medizinisch-entomologisch gezielt tätig ist und somit ggf. neben einem nichtvektoriellen Erregerweitergabemodus auch den über tierische Überträger erfasst, z. B. über mechanische, hoch potente Vektoren, wie bestimmte Schaben-, Fliegen- und Ameisenarten. Das Gleiche gilt für die vektoruellen Siedlungsnager (Krankheitsbeispiele dazu: *Salmonellen*, *Q-Fieber*, *Tularämie*, *Milzbrand*, *Cholera*, *Enteritis infectiosa* durch verschiedene Erreger).

„Weltweit betrachtet werden die meisten vektorassoziierten Erreger von Stechmücken übertragen, während die größte Gefahr in Deutschland von Schildzecken ausgeht.“

Tabelle 4 spiegelt in nicht starrer Weise die epidemiologische Situation wider. Sie basiert also nicht auf einer humanmedizinisch unzutreffenden Auslegung der Erkenntnisse. Diese Liste bezieht sich auf die tatsächlich stattfindende Ausbreitung einiger neozootischer Vektoren in Deutschland sowie die potenti-

Tabelle 3

Nachgewiesene vektorübertragene Infektionserkrankungen in Deutschland

Erreger:	Krankheit:	Vektor(en)/Reservoir:	Häufigkeit:	Literatur:
FSME-Virus, westliche Virusstämme z. B. Tettang-Virus (Flaviviridae)	Frühsommer-Meningoenzephalitis, FSME	Schildzecke <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock) Reservoir: Nagetiere, Insektivoren, andere Verbraten, die als Larven- und Nymphenwirte dienen	150–300 Fälle/Jahr	[14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]
Tahyna Virus (Bunyaviridae)	Tahyna-Virus Fieber	Stechmücken <i>Aedes vexans</i> , <i>Ae. cantans</i> , <i>Ae. sticticus</i> , <i>Ae. caspius</i> , <i>Culex pipiens</i> -Komplex, <i>Culiseta annulata</i> Reservoir: Lagomorpha, andere Säugetiere sowie Vögel	unbekannt	[22, 23, 24, 25, 26]
Batai (=Colovo)-Virus (Bunyaviridae)	Batai-Virus Fieber	Stechmücken <i>Anopheles maculipennis</i> s.l., <i>An. claviger</i> , <i>Coquillettidia richardii</i> , <i>Aedes communis</i> Reservoir: Wildvögel	unbekannt	[16, 25]
Eyach-Virus (Coltivoridae)	Eyach-Virus Fieber, neuropathologische Störungen, Colorado-Zeckenfieber-ähnliche Erkrankung (CTF)	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Ix. ventraloi</i> (Kaninchenzecke) Reservoir: unbekannt, möglicherweise Kleinnager und Lagomorpha	unbekannt	[27, 28, 29]
Erve-Virus (Nairoviridae)	Erve Virus-Fieber, neuropathologische Störungen	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Ix. ventraloi</i> (Kaninchenzecke), <i>Ix. hexagonus</i> (Igelzecke), <i>Dermacentor marginatus</i> (Schafzecke) Reservoir: <i>Apodemus sylvaticus</i> (Waldmaus), <i>Crocidura russula</i> (Hausspitzmaus), <i>Talpa europaea</i> (Taube), Wildwiderkäuer	unbekannt	[29]
Tribec Virus (Reoviridae)	Neuropathologische Störungen, Meningoenzephalitis?	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Haemaphysalis punctata</i> (Rote Schafzecke) Reservoir: <i>Clethrionomys glareolus</i> (Rötelmaus), <i>Pitymys subterraneus</i> (Kleinwühlmaus), andere Säuger	unbekannt	[29, 30]
Lipovnik Virus (Reoviridae)	Meningoenzephalitis?	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Haemaphysalis punctata</i> (Rote Schafzecke), <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Braune Hundezecke) Reservoir: unbekannt	unbekannt	[31]
Uukuniemi Virus (Bunyaviridae)	Enzephalitis, neuropathologische Störungen	Schildzecke <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), Stechmücken <i>Culex modestus</i> , <i>Aedes vexans</i> , <i>A. punctator</i> , <i>A. communis</i> , <i>A. cataphylla</i> Reservoir: Waldnager, Wasservögel	unbekannt	[30, 32]
Lymphozytäre Choriomeningitis-Virus (=LMCV), (Arenaviridae)	Lymphozytäre Choriomeningitis	Reservoir & Vektor: <i>Mus musculus</i> (Hausmäuse), <i>Mesocricetus auratus</i> (Goldhamster)	unbekannt, sporadische Fälle	[33, 34]
Hantaviren der Serotypen – Dobrava – Puumala (Bunyaviridae)	Hantaviren mit je nach Serotyp variieren der klinischer Erscheinung; Serotyp Dobrava: Hämorrhagisches Fieber mit renalem Syndrom (HFRS), Serotyp Puumala: Nephropathia epidemica (NE)	Reservoir & Vektor je nach Serotyp verschiedene Nagerspezies: – Serotyp Dobrava: <i>Apodemus agrarius</i> (Brandmaus), <i>A. flavicollis</i> (Gelbhalsmaus); – Serotyp Puumala: <i>Clethrionomys glareolus</i> (Rötelmaus); – Übertragung durch Larven von Spezies der Milbenfamilie Trombiculidae vermutet	unbekannt, diskutiert werden zwischen 50 und 400 Fälle/Jahr	[35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42]
Newcastle Disease Virus (Paramyxoviridae)	Newcastle Disease (Konjunktivitis)	Fliegen <i>Musca domestica</i> (Stubenfliege), <i>Fannia</i> spp. (Kleine Stubenfliege), möglicherweise <i>Dermanyssus galinae</i> (Hühnermilbe) Reservoir: Wildvögel	unbekannt	[43, 44, 45, 46, 47]
Rickettsia slovaca	Zeckenfleckfieber	Schildzecken <i>Dermacentor marginatus</i> (Schafzecke), <i>D. reticulatus</i> (Kuhzecke), <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Haemaphysalis inermis</i> (Winterzecke) Reservoir: Nagetiere, möglicherweise Hunde	unbekannt	[9, 48, 49, 50]

Tabelle 3 Fortsetzung

Erreger:	Krankheit:	Vektor(en)/Reservoir:	Häufigkeit:	Literatur:
<i>Coxiella burnetii</i>	Q-Fieber	Aerogene Übertragung durch kontaminierten Staub von Ausscheidungen (Plazentagewebe, Haut, Milch, Exkrete) sowie Fäzes infizierter Säugetiere, Schildzecken <i>Dermacentor marginatus</i> (Schafzecke), <i>D. reticulatus</i> (Kuhzecke), <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Braune Hundezecke), vermutet: <i>Haemaphysalis punctata</i> (Rote Schafzecke) Lederzecke <i>Argas reflexus</i> (Taubenzecke) Reservoir: Widerkäufer, Nagetiere	150–300 Fälle/Jahr	[46, 50, 51, 52, 53, 54]
<i>Ehrlichia equi</i>	Granulozytäre Pferde-Ehrlichiose, humane Infektionen belegt	Vektor unbekannt, Reservoir: Pferde	unbekannt	[55, 56, 57, 58, 59]
Agens der Humanen Granulozytären Ehrlichiose, überwiegend <i>Ehrlichia</i> spp. (<i>Cytoecetes</i>)	Humane Granulozytäre Ehrlichiose (HGE)	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Holzbock), möglicherweise <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Braune Hundezecke) Reservoir: unbekannt	unbekannt	[9, 21, 58, 60, 61, 62, 63]
<i>Ehrlichia canis</i>	Monozytäre Hunde-Ehrlichiose, Humanpathogenität unklar	Schildzecken <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Hundezecke), <i>Dermacentor marginatus</i> (Schafzecke) Reservoir: Hunde	unbekannt	[9, 21, 55, 58]
<i>Bartonella (Rochalimea) quintana</i>	Wolhynisches Fieber, 5-Tage-Fieber	Laus <i>Pediculus humanus</i> (Kleiderlaus) Reservoir: Mensch	unbekannt	[20, 64]
<i>Borrelia burgdorferi</i> , <i>B. garinii</i> , <i>B. afzelii</i> , <i>B. valaisiana</i> , weitere <i>Borrelia</i> spp.?	Zecken-Borreliose, Lyme-Borreliose	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Ix. uriae</i> (Seevogel-Zecke), <i>Ix. trianguliceps</i> (Wühlmauszecke), <i>Ix. hexagonus</i> (Igelzecke), <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Braune Hundezecke), <i>Haemaphysalis concinna</i> (Reliktzecke), <i>H. punctata</i> (Rote Schafzecke), <i>Dermacentor reticulatus</i> (Kuhzecke); Lederzecke <i>Argas vespertilionis</i> (Fledermauszecke), Stechmücke <i>Aedes vexans</i> (<i>B. afzelii</i>)?	20.000–60.000 Neufälle/Jahr; Inzidenz bis >100/100.000/Jahr; Anzahl chronischer Fälle unbekannt	[17, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78]
<i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Salmonella</i> spp.	Salmonellose	Reservoir & Vektor: Mäuse (Hausmäuse), Ratten (<i>Rattus</i> spp.), sekundärer Transmissionsweg: kommensale Schaben (<i>Blattella germanica</i> , <i>Blatta orientalis</i>), kommensale Fliegen (<i>Musca domestica</i> u. a.), Flöhe (<i>Nosopsyllus</i> spp.)	90.000–110.000 Fälle/Jahr	[10, 11, 79, 80, 81, 82]
<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i> , <i>L. grippityphosa</i> , <i>L. pomona</i> , weitere <i>L. spp.</i>	Leptospirose	Reservoir und Vektor: <i>Rattus norvegicus</i> (Wander ratte), <i>Rattus rattus</i> (Hausratte), <i>Apodemus agrarius</i> (Brandmaus), <i>Cricetus cricetus</i> (Feldhamster), andere Säuger	20–30 Fälle/Jahr	[46, 79, 83, 84]
<i>Francisella tularensis</i>	Tularämie	grundsätzlich durch hämophage Arthropoden übertragbar, insbesondere Schildzecken <i>Dermacentor reticulatus</i> (Kuhzecke), <i>D. marginatus</i> (Schafzecke), <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), zusätzlich Stechfliegen, Bremsen, Flöhe, Läuse Reservoir: Lagomorpha und Wildnager (z. B. <i>Microtus arvalis</i>)	<10 Fälle/Jahr	[46, 77, 82, 85, 86]
<i>Streptobacillus moniliformis</i>	Rattenbiss-Fieber	Reservoir & Vektor: Ratten	unbekannt	[46, 87, 88, 89, 90, 91]
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	Schweinerotlauf, Erysipeloid	Experimentell übertragbar durch Stechfliegen (<i>Stomoxys calcitrans</i> (Wadenstecher)) (sekundärer Transmissionsweg) Reservoir: kontaminierte(s) Erde, Wasser, Sekrete, Ratten	unbekannt	[10, 46, 81, 82]
<i>Babesia</i> – <i>divergens</i> – <i>bovis</i> – microti-like organisms	Babesiose	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Haemaphysalis punctata</i> (Rote Schafzecke) Reservoir: Rinder, Kleinnager	unbekannt	[9, 50, 59, 92, 93, 94, 95, 96, 97]

Tabelle 4

In Deutschland noch nicht nachgewiesene, aber vermutete von Vektoren übertragene Infektionserkrankungen in Deutschland

Erreger:	Krankheit:	Vektor:	Vorkommen:	Literatur:
West Nil Virus (Flaviviridae)	West Nil-Fieber	Stechmücken <i>Culex modestus</i> , <i>Anopheles maculipennis</i> , <i>Aedes cantans</i> Reservoir: Wildvögel, Pferde	Tschechien, Frankreich, Portugal, Slowakei, Ungarn, Rumänien	[16, 24, 98, 99, 100, 101, 102]
Sindbis Virus (Togaviridae)	Sindbis-Fieber	Stechmücken <i>Culex univittatus</i> , <i>C. pipiens</i> , <i>C. torrentium</i> , <i>C. modestus</i> , <i>Aedes communis</i> , <i>A. cinereus</i> Reservoir: Wildvögel	Tschechien, Polen, Österreich, ehemalige UdSSR	[16, 24, 102]
„Semliki Forest-Komplex-Virus“ (Togaviridae)	Neuropathologische Störungen?	Stechmücken <i>Aedes</i> spp., <i>Culex</i> spp. Reservoir: unbekannt	Österreich, Portugal, Spanien, Italien, Albanien	[102]
Bhanja Virus (Unklassifiziert)	Bhanja Virus-Fieber, Meningoenzephalitis	Schildzecken <i>Dermacentor marginatus</i> (Schafzecke), <i>Haemaphysalis punctata</i> (Rote Schafzecke), <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock) Reservoir: domestizierte Wildkäuher (Schafe, Ziegen, Rinder), andere Säugetiere und Vögel	ehemalige Tschechoslowakei, Italien	[9, 31, 32, 103, 104]
Lednice Virus (Bunyaviidae)	Humanpathogenität ungeklärt	Stechmücke <i>Culex modestus</i> Reservoir: Wasservögel	Tschechien	[16, 24, 102]
Sedlec Virus (Bunyaviidae)	Humanpathogenität ungeklärt	Vektor und Reservoir unbekannt	Tschechien	[16]
Ehrlichia (Cytocetes) phagocytohila	Humanpathogenität ungeklärt	Schildzecken <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock), <i>Ix. trianguliceps</i> (Wühlmauszecke) Reservoir: Schafe, Rinder, möglicherweise Nagetiere, Rehe, Hunde	Schweiz, Niederlande, Irland, Großbritannien, Schweden, Finnland, Norwegen, Spanien	[9, 105, 106]
Rickettsia conorii	Boutonneuse-Fieber, Mittelmeer-Fleckfieber	Schildzecke <i>Rhipicephalus sanguineus</i> (Braune Hundezecke) Reservoir: Hunde	Belgien, Frankreich, Schweiz	[107, 108, 109]
Rickettsia helvetica	Humanpathogenität ungeklärt	Schildzecke <i>Ixodes ricinus</i> (Gemeiner Holzbock) Reservoir: unbekannt	Schweiz, Frankreich, Tschechien	[108, 109]
Rickettsia typhi (=mooseri)	Murines Fleckfieber, Endemisches Fleckfieber	Flöhe <i>Ctenocephalides felis</i> (Katzenfloh), verschiedene Nagerflöhe Reservoir: Ratten (<i>R. norvegicus</i> , <i>R. rattus</i>)	Österreich, Slovenien	[9, 109, 110]
Moraxella lacunata	Konjunktivitis	Kommensale Fliegen <i>Musca domestica</i> (Stubenfliege), <i>M. autumnalis</i> (Stallfliege), Stechfliege <i>Stomoxys calcitrans</i> (Wadenstecher)	Meiste europäische Länder	[53]
Leishmania spp.?	Leishmaniasis	Sandmücke <i>Phlebotomus mascittii</i>	Frankreich, Schweiz	[111, 112, 113, 114]
Plasmodium vivax, grundsätzlich möglich bei ausreichender Reservoireinschleppung	Malaria tertiana	Stechmücken <i>Anopheles atroparvus</i> , <i>An. messeae</i> , möglicherweise einige andere Spezies, die für <i>P. vivax</i> suszeptibel sind	Derzeit endemischer „Anophelismus“ malaria-suszeptibler Vektoren ohne endemische Malaria	[9, 115, 116]

elle Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch die Einschleppung nichtendemischer Infektionserreger bei vorhandenen suszeptiblen Vektorpopulationen (z. B. derer für die *West-Nil-Virus*- oder die *Plasmodium vivax*-Infektion). Besondere Beachtung und Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der z. Z. kontrovers diskutierten Flugzeugdesinsektion zu [117, 119, 120]. Das gilt insbesondere in Verbindung mit

Arbo-Viren, die überwiegend im außer-europäischen Ausland vorkommen. Sie sind aber auch in bestimmten Gebieten Europas mit z. T. epidemischer Tendenz aufgetreten. Hierzu gehören u. a. die Erreger der Sindbiserkrankung, des Sandmücken- und des hämorrhagischen Krim-Kongo-Fiebers sowie der Kalifornien-Enzephalitis [12].

Weltweit betrachtet werden die meisten qualitativ und quantitativ rele-

vantesten vektorassoziierten Erreger von Stechmücken übertragen. In der Regel sind dazu nur bestimmte Spezies der Gattungen *Anopheles*, *Aedes*, *Culex* und *Mansonia* in der Lage. Anders jedoch stellt sich die Situation in Deutschland dar. Ordnet man die Häufigkeit und Anzahl endemischer Erkrankungen den dafür verantwortlichen Vektorenordnungen zu (Abb. 1, 2), so wird deutlich, dass die weitaus höchste Relevanz hin-

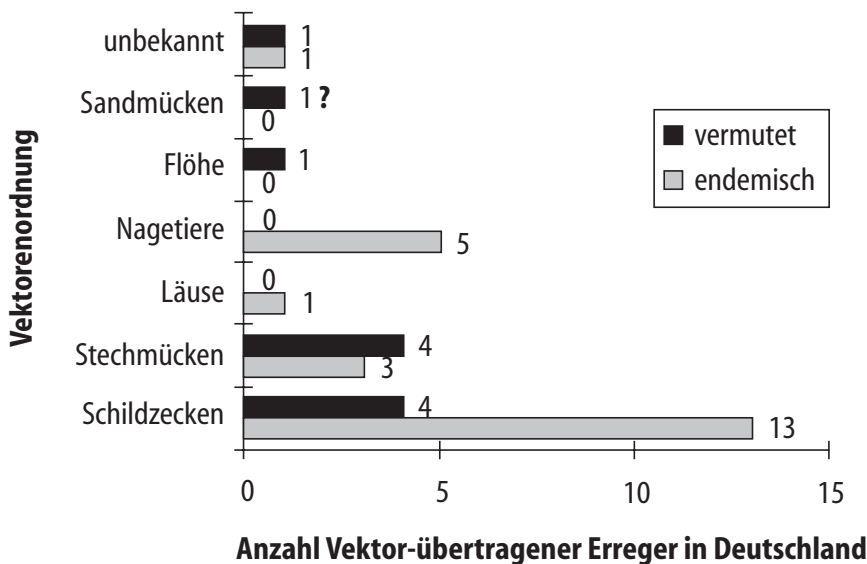


Abb. 1 ▲ Anzahl vektorübertragener Infektionserreger in Deutschland in Bezug zur Vektorenordnung

sichtlich übertragbarer Erregeranzahl und Erkrankungshäufigkeit im Vergleich zu anderen Schädlingsgruppen von Schildzecken ausgeht. Weit danach folgen erst die an Nagetiere und Stechmücken gebundenen Erkrankungen. Zum Schutz vor solchen Erkrankungen ist die Notwendigkeit der Zurverfügungstellung von Abwehrmitteln und -verfahren unabweisbar. Sowohl dadurch (mittels Repellentien) als auch durch multifaktorielle vorbeugende Vektorbekämpfungsmaßnahmen kann solchen Situationen wirksam begegnet werden. Ob gegen bestimmte Schildzecken im Freien ein „Integriertes Schädlingsmanagement“ (IPM) erfolgreich sein kann, ist noch unklar.

Kontaktmechanisch, regurgativ oder/und über den Darmweg Erreger verbreitende, nicht parasitäre *Schädlinge* wie Schaben, Pharaoameisen und Große Stubenfliegen sind nur in bestimmten *Zielobjekten* eine vektorielle, allergologische, allgemein- oder lebensmittelhygienische Gefahr. Zu diesen Zielbereichen gehören z. B. Krankenhäuser, Schlachthöfe, Lebensmittelbetriebe, Restaurants, Schulen, Heime und Kindergärten. Solche der Gemeinschaft dienenden Einrichtungen sind wegen des starken Publikumverkehrs befalls- und befallsfolgegefährdeter als andere Ausbreitungsorte. Diese Erkenntnis wird auf humanmedizinischem Sektor im Infektionsschutzgesetz (IfSG) und bei Massentierhaltungen, auf Schlacht- und Viehhöfen sowie bei Tiertransport-

unternehmungen im Tierseuchengesetz (TSeuchG) und seinen Folgeverordnungen sowie im Tierkörperbeseitigungsrecht berücksichtigt. Unter letzteres fallen auch größere Mengen Speiseabfalls mit tierischen Anteilen.

Maßnahmen zur Infektkettenunterbrechung vektorassoziierter Infektionserkrankungen

Persönliche Protektionsmaßnahmen

Durch Arthropoden übertragene Krankheiten können durch eine Reihe verschiedenster Techniken verhindert bzw. zumindest durch Reduktion z. B. der Stichfrequenz der Gliedertiere auf ein vertretbares Minimum reduziert werden. Dazu zählen individuelle und überall einsetzbare persönliche Protektionsmaßnahmen. Sie schützen in der Regel den Einzelnen durch mechanische und/oder chemische Verhinderung vor Stichen, Bissen, Befall oder sonstigen Schäden durch Arthropoden. Voraussetzung dafür ist jedoch bezüglich der Vektoren ein ausreichendes Wissen über deren Vorkommen, Häufigkeit und Lebensweise sowie den Transmissionsmodus der jeweils auftretenden Krankheitserreger. Der Maßnahmenkatalog umfasst eine entsprechende allgemeine Aufklärung der Bevölkerung, d. h. die Gesundheitserziehung und die Zurverfügungstellung von Kartenmaterial zu Vektorenhabitaten nach Spezies, ggf. auch Stamm und Übertragungsorten.

Dieses Material muss referenzwissenschaftlich durch fundiertes, kontinuierlich durchgeführtes Monitoring und Mapping abgesichert sein. Beispiel hierfür sind die bisher publizierten Endemiekarten für die Lyme-Borreliose und FSME in Baden-Württemberg [14, 59]. Die streng regional und saisonal zu führende Analyse des Infektionsdruckes unter Berücksichtigung der Nutzen-Risiko-Kosten-Relation ermöglicht die Implementierung weiterer wirksamer Maßnahmen und deren Koordination.

„Persönliche Protektionsmaßnahmen schützen den Einzelnen durch Verhinderung vor Stichen, Bissen, Befall oder sonstigen Schäden durch Arthropoden.“

Zu den an Personen anwendbaren Schutzmaßnahmen zählen im Einzelnen [121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129]:

- die Expositionsprophylaxe, d. h. das Meiden von bekannten Vektorenhabitaten, z. B. der von Schildzecken und Stechmücken,
- die Reduktion der exponierten Hautflächengröße durch Tragen von Hüften mit Netz, langen Ärmeln und Hosenbeine, ggf. Gamaschen und langschäftigen Stiefeln zur Verhinderung des Eindringens von Zecken, Milben oder Kriebelmücken unter die Kleidung oder ins Kopfhaar,
- der Körpercheck, der bei Schildzecken regelmäßig spätestens knapp zwei Stunden nach dem Begehen einer Vektorbefallsfläche stattfinden muss und zu einem schnellen Entfernen führt [19, 59, 130]. (Dieses Vorgehen kann auch mit Tesafilm, Klebefolie oder „Fusselroller“ erfolgen.) Die möglichst rasche, sachgerechte Entfernung, d. h. ohne Quetschen, Reißen an oder Abdrehen von Schildzecken in den ersten 24 bis 36 Stunden nach deren Ansaugen (z. B. mit spezifischer Pinzette) reduziert nachweislich nachhaltig die Übertragungswahrscheinlichkeit z. B. von Erregern der Lyme-Borreliose [14, 59, 130] (bei vorliegendem FSME-(CEE/TBE) und Babesioserisiko sollte die Zeckenentfernung deutlich früher, d. h. max. alle zwei Stunden,

besser ca. alle 30 Minuten vorgenommen werden.),

- die Impfung gegen den Erreger, soweit ein Impfstoff kommerziell verfügbar ist, z. B. gegen das FSME-Virus,
- die Chemoprophylaxe soweit möglich, z. B. gegen die Malaria bei Aufenthalt in Endemiegebieten,
- die Verwendung von mechanischen Barrieren gegen fliegende Schädlinge, z. B. Moskitonetze, Streifenvorhänge, Fliegen- und Mückengitter vor Gebäudeöffnungen oder Mückenschleier bzw. Luftschleusen oder Lichtfallen an Ein- und Ausgängen,
- die Anwendung von chemischen, arthropodenabweisenden Hautschutz- und Bekleidungs- sowie Moskitonetzimprägnierungsmitteln (Repellentien) auf der Basis von *Diethyltoluamid*, *Dimethylphthalat*, *Ethylhexandiol*, *KBR 3023 (Bayrepel)* oder *Pyrethroiden* (auf der Kleidung überstehen Repellentien bis zu vier bis fünf Waschprozesse, ehe sie die Wirkung z. B. gegen Stechmücken verlieren),
- Kombinationsverfahren, d. h. zwei oder mehr der vorgestellten Verfahren werden, soweit sie unter den entsprechenden Bedingungen vor Ort praktikierbar sind, simultan eingesetzt und ermöglichen dadurch einen Stichschutz bzw. Infektionsschutz von >90% [123, 131, 132, 133],
- die Anwendung von Räuchermitteln mit repellenten Insektiziden (z. B. Räucherspiralen mit Pyrethrum oder Kurzzeitpyrethroiden) auf Terrassen, Balkons und an anderen Zielplätzen im Freien,
- das Abdecken von Wasserbehältnissen, z. B. Regenwassertonnen, Beseitigung von Wasseransammlungen und Ablassen des Swimmingpoolwassers im Herbst bis zur Badesaison (gegen Hausmücken (*Culex*)) sowie
- die Beseitigung von Brutmedien bzw. deren Behandlung mit spezifischen Mitteln oder Verfahren, etwa der Gülle und der Dunghaufen durch speziesspezifische Fliegenlarvizide oder Beseitigung von Schlamm als Brutstätte von Stallfliegen oder Gnitzen.

Mechanische Barrieren

Das Tragen geeigneter Kleidung ist zwar die einfachste Möglichkeit, Arthropoden abzuweisen bzw. die den Vektoren exponierte Hautfläche so klein wie möglich zu halten, eine vollständige und sichere Abdeckung aller freien Hautpartien lässt sich jedoch besonders bei schwülwarmem Klima nicht immer realisieren. In solchen Fällen muss auf zusätzlichen Schutz, etwa durch repellierende Mückenschleier, zurückgegriffen werden, um bei starkem Auftreten von fliegenden Vektoren die mechanische Barriere zu vervollständigen. Genauso wichtig kann die Benutzung eines in den Tropen und Subtropen möglichst imprägnierten, ausreichend körperfernen, das Bett umgebenden oder den Zeltinnenraum abschirmenden Moskitonetzes beim Ruhen sein (s. u. nachstehendes Kapitel). Das Tragen des o. g. Auflaufschutzes an den Beinen verhindert bzw. reduziert die Häufigkeit des Eindringens von Schildzecken oder Laufmilbenlarven unter die Bekleidung (s. o.). Baupräventiv wirksam ist die Installation von Fliegen- bzw. Mückengittern mit geeigneter Maschenweite (z. B. bei Gnitzen <1 mm bei Moskitos 1,5 mm) – das Vermeiden durch anlockende Farben oder Licht nicht zu vergessen – ferner die Vermeidung der Ventilationsbehinderung, die auch Folge der Installation eines solch engmaschigen Fliegen- bzw. Mückengitters sein kann.

Chemische Repellentien

Unter dem Begriff „*Repellentien*“ werden grundsätzlich chemische Substanzen bezeichnet, die die Eigenschaft aufweisen, blutsaugende und anderweitig schädliche Arthropoden wie Insekten und Spinnentiere vom Stich oder Biss bzw. der Invasion (Myiasislarven) am Menschen oder am Nutztier abzuschrecken. Sie werden hauptsächlich dermal appliziert, in bestimmten Fällen als Alternative oder zusätzlich auf textile Gewebe wie Kleidung, Moskitonetze oder Zelte aufgebracht. Repellentien verhindern den Schädigungsakt als solchen. Einige echte Insektizide, wie Permethrin oder Cypermethrin, töten Insekten in der repellierenden Dosis nur, wenn diese auf der imprägnierten Fläche eine bestimmte Zeit verweilen (Beispiele: Stechmücken auf pyrethroidim-

prägnierten Netzen oder Viehfliegen auf Nutztieren mit Ohrclips).

„Repellentien werden hauptsächlich dermal appliziert und in bestimmten Fällen auf Textilien wie Kleidung, Moskitonetze oder Zelte aufgebracht.“

Bis 1986 sind Mittel zur Vektorenabwehr vom Bundesgesundheitsamt (BGA) auf Wirksamkeit und Anwendung geprüft, anerkannt und gelistet worden. Wichtigstes entomologisches Kriterium für die Anerkennung war eine Repellentaktivität der Mittel gegen Stechmücken über eine Dauer von mindestens sechs Stunden. Die geprüften Mittel wurden damals als kosmetische Mittel gemäß § 4 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandesgesetzes (LMBG) eingestuft und ab 1986 nach einer Übereinkunft von Bund und Länder als zulassungspflichtige Arzneimittel gemäß § 2 Abs. 1, 4 Arzneimittelgesetz (AMG). Die erfolgreich geprüften Mittel wurden in jeweils aktualisierter Fassung im Bundesgesundheitsblatt zusammen mit der Entwesungsmittelliste publiziert. Die letztmalige Listenausgabe mit Stand vom 9.4.1986 wurde im Bundesgesundhbl 29; 7: 224 veröffentlicht. Als den Wirksamkeits- und den gesundheitlichen Anforderungskriterien genügende Mittel wurden dort Präparate mit den Wirkstoffen N,N-Diethyl-3-methylbenzamid (= Diethyltoluamid = DEET) sowie Phthalsäuredimethylester (= Dimethylphthalat = DMP) gelistet. Die Einstufung als zulassungspflichtiges Arzneimittel geschah seinerzeit im Sinne der Definition dieser Präparate als „Mittel zur Abwehr von Parasiten am Menschen“. Inzwischen ist es häufig Praxis, solche repellenten Mittel nicht mehr als Arzneimittel zu definieren, da ihre Inhaltsstoffe überwiegend der Pflege der Haut dienen sollen.

Etherische Öle scheinen lediglich gegen die in Deutschland bis auf eine Ausnahme wahrscheinlich nicht heimischen Sandmücken eine hinreichend starke und lange Wirkung zu entfalten [134]. Diese ist immerhin besser als die auf der Basis von Citronellöl konzipierten synthetischen Wirkstoffe. Im Rahmen der Indikationsstellung „Vektorabwehr“ empfiehlt deshalb die WHO ge-

gen eine breite Zieltierpalette den Einsatz DEET-haltiger Präparate sowie die Verwendung permethrinbehandelter Moskitonetze und Bekleidung während der Aufenthalte in Endemiegebieten von vektorassoziierten Infektionserkrankungen. Das gilt insbesondere in Zeiten eines Seuchenausbruches [135].

Repellente Imprägnierungsmittel für Textilien und Bekleidung sind in Deutschland z. Z. in Spezialgeschäften für den Tropenreise- und „Survivalbedarf“ sowie in Apotheken nach § 73 Abs. 3 Arzneimittelgesetz erhältlich. Im Verlaufe arthropodenassoziiertes epidemischer Erkrankungen (Seuchen) kann es zum Schutz von Schädlingsbekämpfern und medizinischem Personal bei amtlich angeordneten Entwesungen mit Mitteln und Verfahren nach § 18 Infektionsschutzgesetz (IfSG) notwendig sein, Protektionsmaßnahmen über imprägnierte Textilien sowie nach Bedarf anzuwendende Haut- und Kleidungsrepellentien anzuordnen.

In den Wirkstoffmonographien, herausgegeben durch das Bundesgesundheitsamt (BGA) bzw. durch die zuständige Nachfolgeinstitution, das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM), sind 1992 die Repellentstoffe Alkylphthalate, darunter das o. g. DMP negativ, das DEET 1994 jedoch positiv beurteilt worden [125]. Da hinsichtlich der Indikationsstellung „Abwehr vektorassoziiertes Infektionserkrankungen“ die simultan angewendete Kombination von DEET-Präparaten als Hautrepellent und Permethrinpräparaten als Textilrepellent (z. B. für Netze, Uniformen und Zelte) nach derzeitigem Kenntnisstand weltweit den breitesten und oft zugleich den effektivsten Schutz gegen das Gesamtspektrum vektorkompetenter Arthropoden in praxi >90%, im Labor fast 100% Stichabwehrsicherheit gewährleistet [121, 122, 123, 124, 126, 131, 132, 133, 136], werden nachstehend nur diese beiden Wirkstoffe in ihren Eigenschaften betrachtet. Außer diesen beiden Substanzen werden zur Haut- und/oder Textilimprägnierung noch eine Vielzahl anderer ausschließlich repellenter Stoffe verwendet, ferner im Textilbereich noch einige insektizide Pyrethroide und Organophosphate, die bei meist niedriger Dosierung einen guten Repellenteffekt zeigen. Manche Stoffe entwickeln in leicht höherer Dosierung neben der Repellent-

eine durchaus erwünschte insektizide/akarizide Wirkung (etwa Permethrin). Dieser Effekt wird insbesondere in Gebieten mit starker Belästigung mit fliegenden Parasiten, bei der Textilimprägnierung im Humanbereich sowie bei der Tierumhängenetz-, Tierbeinschlaufen- und Tierohrclipentwicklung angestrebt. Das Wirkungsspektrum der klassischen repellenten Insektizide, z. B. vieler Langzeitpyrethroide, auf die Zieltierarten ist unterschiedlich breit. Es ist aber insgesamt enger als das der ausschließlich repellent wirkenden Substanzen DEET und DMP. Jedes Repellent steht außerdem immer in Konkurrenz zu der individuell sehr unterschiedlich starken Attraktivität des Wirtes (Mensch oder Tier) und den wirkstoffantagonistischen Faktoren der Haut und/oder textiler Auftragsflächen (wie etwa der Sorptionsfähigkeit und/oder der Auswaschung durch Regen und Schweiß).

„Jedes Repellent steht immer in Konkurrenz zu der sehr unterschiedlich starken Attraktivität des Wirtes und den wirkstoffantagonistischen Faktoren der Haut und textiler Auftragsflächen.“

Auch gegen Repellentien entwickelt sich gelegentlich Toleranz. In niedrigen Dosierungen oder nach Verdünnung des Repellents durch Regen oder Schweiß kann die Abschreckung sogar in eine Attraktionswirkung umschlagen (Beispiel: DEET und Stechmücken) [134]. Deshalb ist das rechtzeitige Erneuern des Mittelfilmes auf der Haut erst nach deren vorheriger Reinigung anzuraten. Auf den Textilien kann ein längerfristiger, breiter Schutz durch Nachimprägnierung erzielt werden, sofern die Stoffe nicht stark verschmutzt und trocken angeliefert werden.

DEET-haltige Hautrepellentien

Kommerziell sind DEET-haltige Hautrepellentien in folgender Formulierung erhältlich:

- ▶ als Lösungen, milchige Flüssigkeit und Cremes zum Auftragen,
- ▶ als Lösungen zum Aufsprühen,
- ▶ als Stifte.

Seit Jahrzehnten gilt DEET weltweit als Standardrepellent. Es wird von jährlich mindestens 50 bis 100 Millionen Menschen angewendet [121, 124, 131]. In Mitteleuropa, wo z. Z. die Stichprävention vorwiegend einen Allergie- und Belästigungsschutz darstellt, steht das, wenn auch geringe, Toxizitätsrisiko im Vordergrund. Aus dieser Situation heraus werden in Anlehnung u. a. an die Wirkstoffmonographie für DEET sowie abhängig von Infektionsdruck und dem Aufenthaltsort folgende Anwendungsempfehlungen unterbreitet [124, 125, 134]:

- a) bei Erwachsenen: Anwendung von DEET-haltigen Präparaten in Anwendungskonzentrationen bis 30%,
- b) bei Kindern: Vermeidung von DEET-haltigen Präparaten mit über 7,5% Wirkstoffanteil bzw. <5,0% (Gefahr der Attraktion ab 4 bis 5% bei manchen Stechmückenarten!), in tropischen Gebieten oder im Seuchenfall über 15%; zumindest aber Anwendung von Hautrepellentien auf der Basis von Citronellöl,
- c) Vermeidung großflächiger Applikationen mit mehr als 20% der Körperoberfläche (s. Expositionsprophylaxe) sowie Unterlassung der Anwendung auf verstärkt resorbierenden Hautarealen (offene Wunden, geschädigte Haut, Haut-/Schleimhautgrenze) sowie
- d) Unterlassung der Anwendung bei Schwangeren und Stillenden, da für diese Fälle die toxikologischen Erkenntnisse als nicht ausreichend eingeschätzt werden.

Pyrethroidhaltige Textilrepellentien

Textilrepellentien können ausschließlich repellent oder repellent und zugleich insektizid/akarizid sein. Auf eine Reihe von Ektoparasiten üben die Langzeitpyrethroide i. d. R. mit einer gewissen Verzögerung, d. h. nach deren Abfliegen im Anschluss an einen nur kurzen Kontakt, einen zusätzlichen Knock-down-(KO-) Effekt aus. Erwünscht ist insbesondere bei Nutztieren wegen vektorieller Probleme und vor allem wirtschaftlicher Einbußen der nicht unterbrochene Übergang des K. O.- in den Tötungs-(Kill-)Effekt, da es anderenfalls zur Wiedererholung der Ektoparasiten kommt. Textilien, wie Moskitonetze, Oberbekleidung und Zelte werden durch Aufsprü-

Tabelle 5

Pyrethroid-haltige Imprägnierungsmittel zur Vektorenabwehr für Moskitonetze, Mückenvorhängen und Bekleidung mit europäischer Zulassung bzw. Prüfung (Beispiele)

Mittelname:	Hersteller:	Indikation:	Wirkstoff:	Prüfamt:	Verfügbarkeit:
NOBITE®	Lundwall & Adami GmbH, Bräunerstr. 11, A-1010 Wien	Imprägnierung von Bekleidung, für Erwachsene und Kinder ab 3 Jahren	Permethrin 2% (Pumpspray), fertig formuliert	Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung, A-Wien	in Apotheken gemäß § 73 Abs. 3 AMG
Peripel 10®	AgrEvo Environmental Health Ltd., Berkhamsted, UK-Herts	Imprägnierung von Bekleidung und Moskitonetzen, Applikationsmenge: 500 mg a. i./m ²	Permethrin 12,07% (w/w) (cis:trans=25:75), 1 l Flasche, Konzentratlösung	Health and Safety Executive, UK-Merseyside	für Sachkundige gemäß TRGS 523
Peripel 55®	Roussel Uclaf Environmental Health Ltd., Berkhamsted, UK-Herts	Imprägnierung von Bekleidung, Moskitonetzen, Mückenvorhängen und Zelten, Applikationsmenge: 500 mg a. i./m ²	Permethrin 55% (w/v) (cis:trans=25:75), 15 ml Sacht, Konzentratlösung	Health and Safety Executive, UK-Merseyside	im Spezialhandel für Fernreisebedarf
Nomad Residex P®	Nomad Pharmacy, 3-4 Turnpike Lane, UK-London	Imprägnierung von Moskitonetzen	Permethrin 11,02% (w/w), 35 ml Kunststoffflasche, Konzentratlösung	Health and Safety Executive, UK-Merseyside	in Apotheken gemäß § 73 Abs. 3 AMG
Solfac® EW 050	Bayer AG D-51368 Leverkusen	Imprägnierung von Moskitonetzen und Mückenvorhängen, Applikationsmenge: 50 mg a. i./m ²	Cyfluthrin 5%, 100 ml Kunststoffflasche, Konzentratlösung	WHO Empfehlung; WHO Publikation: WHO/CTD/WHOPES/98.10	in Apotheken gemäß § 73 Abs. 3 AMG; im Spezialhandel für Fernreisebedarf

hen fertigformulierter Lösungen oder im Tauchverfahren imprägniert bzw. aus imprägnierten und danach verdrillten Fasern hergestellt. Weltweit und in großem Umfang angewendet und seitens der WHO empfohlen wird die Imprägnierung von sog. Moskitonetzen zum Schutz gegen fliegende und kriechende Vektoren. Eingesetzt werden Langzeitpyrethroide ohne und mit α -Cyano-Gruppe wie Permethrin, Deltamethrin oder Cyfluthrin. Das Permethrin ist ein Pyrethroid mit der für eine effiziente Stichprävention bei stechenden Mücken und Fliegen notwendigen Kombination aus Repellenteffekt, einem schwächeren, oft verzögerten KO-Effekt („knock-down-effect“) und einem bei längerem Kontakt meist etwas verzögert auftretenden Tötungseffekt („kill-effect“). Permethrin selbst hat auch relativ gute Repellenteigenschaften gegenüber vielen Spinnentieren, wie bestimmten Schild- und Lederzecken sowie hämophagen Milben. Es wird als Textilimprägnierungswirkstoff mit Erfolg im Rahmen der Indikationsstellung „Prävention von arthropodenübertragenen Infektionskrankungen“ in vielen Ländern und bei

supranational tätigen Armeen eingesetzt [131, 134, 136].

Gegen Zecken ist allerdings die Wirkung von mit Permethrin imprägnierter Bekleidung erheblich größer als bei alleiniger Anwendung DEET-haltiger Haut- und Kleidungsrepellents [134, 136, 137].

Einige in Apotheken bzw. im Tropenreise- und Survivalbedarf kommerziell erhältliche Präparate sind in Tabelle 5 aufgeführt. Neben den dort genannten repellenten Imprägnierungsmitteln auf der Basis von Permethrin und Cyfluthrin kommen im internationalen Rahmen u. a. die *Pyrethroide Alphacypermethrin, Bifenthrin, Etofenprox, Lambda-Cyhalothrin* und *Deltamethrin* zum Einsatz. In der Veterinärmedizin sollen durch repellent imprägnierte Umhängenetze, Ohrclips und Beinschlaufen oder die Fellimprägnierung durch Auftragen oder Tauchen (Dippen) mit i. d. R. repellenten Insektiziden mit denselben Wirkstoffen eine entsprechende Abwehr und eine Senkung der wirtschaftlichen Verluste durch Belästigung, Blutverlust, Allergie und Gewebeerstörung erzielt werden. Außerdem sinkt durch diese Be-

kämpfung in der unmittelbaren Umgebung die Befallsrate beim Menschen durch sensible zooanthrophile fliegende und/oder kriechende Gliedertiere. Auf Moskitonetzen werden nach WHO-Empfehlungen [136, 138] Permethrinpräparate (z. B. *Peripel 10®*, *Peripel 55®*, *Permanone®*, *NoBite®*) in Konzentrationen bis zu 500 mg „active ingredient“ (a. i.)/m² eingesetzt. Die bevorzugte Applikationsmenge auf der Oberbekleidung, z. B. Uniformen beträgt zwischen 650 und 1250 mg a. i./m² [131, 139, 140]. Unterbekleidung sowie freie Hautflächen sollten mit solchen Präparaten keinesfalls behandelt werden. Die Wirkungsdauer ist stark formulierungs- und waschfrequenzabhängig und schwankt zwischen sechs Wochen bis zu sechs Monaten [131, 134, 136, 139, 140]. Zur Abwehr zooanthrophiler Arten auf Nutz- und Heimtieren sind gegen denselben Ektoparasitenstamm oft andere Repellentkonzentrationen auf den eingesetzten Überwurfnetzen und auf den übrigen Wirkstoffträgern (Clips, Schlaufen etc.) erforderlich, als beim Menschen auf der Haut, oder der Körperbekleidung. Der Grund: Die Attraktionswir-

kung ist bei Nutztieren oft wesentlich stärker. Außerdem setzen die bei Haustieren verwendeten – im Gegensatz zu den beim Menschen benutzten – unterschiedlichen Trägermaterialien die Wirksubstanz zumeist in abweichender Stärke an ihrer Oberfläche frei.

Die inzidenzreduzierende Wirkung mit Pyrethroid behandelten Textilien zur Verhütung vektorassoziierter Erkrankungen sollte gerade in tropischen Regionen und in Endemiegebieten nicht unterschätzt werden, da dieses Abwehrsystem wenig spezifisch ist, d. h. außer gegen die augenblickliche Zieltierart auch gegen viele andere Arten von Überträgerarthropoden und nicht vektorielle Ektoparasiten repellent oder/und tödend wirkt. So wurde 1995 mittels einer Doppelblindstudie, die in Kolumbien stattfand, festgestellt, dass die Malariainzidenz bei einer Imprägnierung der Oberbekleidung von Soldaten mit Permethrin bei einer Applikationsmenge von 650 mg a. i./m² um 75% und die Leishmaniaseseinzidenz um 78% abnahm [126]. Bei diesem Versuchsdesign wurde bewusst auf die Anwendung von Moskitonetzen verzichtet, da sowohl die Anopheles-Stechmücken als auch die Leishmanien übertragenden Sandmücken ihre Erreger hauptsächlich in der Dämmerung und nachts übertragen.

„Die Anwendung der Textilimprägnierung bei der Abwehr von Schildzecken kann zurzeit noch nicht bewertet werden.“

Wie die Anwendung der Textilimprägnierung, z. B. der Bekleidung von Soldaten, Deichwarten, Binnenfischern, Grenzschützern und Waldarbeitern hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Risikoverhältnisses, z. B. bei der Abwehr von Schildzecken in Deutschland zur Verhinderung u. a. der Borreliose- und FSME-Übertragung zu bewerten ist, kann mangels entsprechender Untersuchungen derzeit noch nicht beantwortet werden. Ihr Wert ist regional sicher unterschiedlich groß. Zur Ermittlung dieses Wertes gilt es zunächst, den theoretischen Infektionsdruck Exponierter pro Zeiteinheit exakt zu bestimmen. Die Notwendigkeit der Kenntnis des Infektionsdruckes belegen Daten aus den USA. Sie zeigen, dass dort in bestimmten, mit dem Global Positioning System

(GPS) markierten Endemiegebieten mittels der Abflaggmethode durchschnittlich bis zu 39 Nymphen von *Ixodes scapularis* pro Stunde abgestreift werden konnten. Die durchschnittliche Durchseuchung der Schildzecken-Nymphen betrug dabei 17% (entspricht einer Abstreifrate von 6,6 infizierten Zecken pro Stunde [141]). Das Potential des Infektionsdrucks sollte daher in Verbindung mit den geeigneten Befallsvermeidungsmaßnahmen unbedingt auch für bekannte oder vermutete Endemiegebiete in Deutschland ermittelt werden (Referenzstellenaufgabe).

Des Weiteren muss von der Referenzstelle geklärt werden, ob die im Ausland als Vektoren für pathogene Protozoen, Bakterien und Viren identifizierten Gliedertierspezies, falls sie auch in Deutschland auftreten oder ansiedelbar sind, aufgrund der eigenen Abwehrmechanismen wie der Peptidschranke in der Haemolymphe, der Alkalitätbarriere im Darm sowie der Lysozymaktivität grundsätzlich bzw. regional als Überträger fungieren können. Neben der „Erregerübertragungsfähigkeit“ der regional auftretenden Gliedertierstämme, die hierbei eine Rolle spielt, steuern das Angebot an empfänglichen Wirten und Reserviertieren, der Grad ihrer Reaktion auf vektorgebundene und andere immunsuppressive Einflüsse und die Einwirkung von Umweltfaktoren auf die Entwicklung der Überträger und der von ihnen beherbergten Krankheitserreger deren Etablierung und fortwährende Weitergabe.

In der Veterinärmedizin gibt es für Deutschland analoge Fragestellungen. Sie bestehen vor allem hinsichtlich der Abwehr von Babesien-, bakteriellen Augen- und Euterinfektionen sowie der Ehrlichiose bei Wiederkäuern. Zu ihrer Beantwortung ist die Eignung der o. g. akariziden Ohrmarken (Clips), von Überhängenetzen, Bein- und Schwanzschlaufen aus Plastik unter den regionalen Bedingungen festzustellen. In der Regel verhindern geeignete Maßnahmen dieser Art eine zu hohe Zecken-, Mücken- und/oder Fliegenlast je Wirtstier. Sie vermindern aber nicht hinreichend das Infektions-, das Allergie-, – und bei bestimmten Spezies, wie Dassel-fliegenlarven – das Gewebeerstörungsrisiko in funktionell wichtigen Körperorganen. Dies gilt vor allem für an schwach behaarten Stellen sitzende,

langfristig bzw. längerfristiger parasitierende (ein- bis zweiwirtige) Zecken. Sie verhindern auch nicht das Infektionsrisiko durch die nur kurz am Wirt verbleibenden (i. d. R. dreiwirtigen) Schild- sowie Lederzecken und durch die mehrfache Stechversuche machenden, u. U. infektiöses Blut oder Saugpoolflüssigkeit schnell regurgitierenden (erbrechen) Insekten wie den Wadenstecher oder Bremsen. Für die Infektionsgefahr über Mücken (Stechmücken, Gnizen oder Kriebelmücken) gilt nach Anwendung von imprägnierten Plastikbändern und -netzen für alle Wirtsarten das Gleiche wie für Zecken. Als Nebeneffekt solcher Bekämpfungsmaßnahmen (einschließlich Dip- und Sprayapplikationen) wird zumeist gleichzeitig die Befallsrate des auf dem Wirtschaftshof tätigen Personals und/oder der auf dem Hof gehaltenen Nutztiere durch fliegende zooanthrophophile Stecharthropoden herabgesetzt. Bei stärker anthropophilen Spezies kann unter bestimmten Voraussetzungen die Befallshäufigkeit und/oder -stärke beim Personal durch Abwehrmaßnahmen an den Nutztieren aber auch erhöht werden.

„Bei allen Bekämpfungsverfahren gegen Vektoren ist zusätzlich zu der Toxizität der Insektizide die akute und chronische Toxizität der ggf. eingesetzten Chemoprophylaktika mit in die Kosten-Nutzen-Risiko-Analyse einzubeziehen.“

Ein Vergleich zwischen der toxikologischen Belastung und der damit assoziierten Inzidenzreduktion hinsichtlich der verschiedenen Anwendungsverfahren ist am Beispiel der Malaria in Tabelle 6 dargestellt. Es wird deutlich, dass z. B. in einer Reihe von Malariagebieten die unspezifische Verwendung von permethrinhaltigen Präparaten als Repellents zu einer nachhaltigen Inzidenzreduktion gegenüber Fällen von Nichtverwendung eines imprägnierten Moskitonetzes geführt hat. Dies liegt auch daran, dass ein Teil der anfliegenden Mückenpopulation nach Berührung des Netzes getötet wird. Gegenüber Fliegen ist diese Wirkung, wenn sie überhaupt vorhanden ist, i. d. R. deutlich schwächer. Bei allen Bekämpfungs- bzw. Abwehr-

Tabelle 6

Vergleich der toxikologischen Belastung sowie der Wirksamkeit einiger persönlicher Präventivmassnahmen zur Malariaabwehr

Maßnahme:	Chemoprophylaxe:	Bekleidungs- imprägnierung:	Moskitonetz, imprägniert:	Mückenvorhang, imprägniert:	Zelt, imprägniert:
Mittel:	Chloroquin	Permethrin (1250 mg a. i./m ²)	Permethrin (550 mg a. i./m ²)	Permethrin (500 mg a. i./m ²)	Permethrin (936 mg a. i./m ² bzw. 1250 mg a. i./m ²)
Toxizität (LD ₅₀ /oral Ratte):	330 mg/kg [142]	3800 mg/kg [143]	3800 mg/kg [143]	3800 mg/kg [143]	3800 mg/kg [143]
Inzidenzreduktion:	ca 50%* (wegen Resistenzen)	75% [126]	98% [144]	65% [127, 138]	56,6% [127] bzw. 66,8% [129]
Spezifität:	spezifisch gegen Plasmodium spec.	unspezifisch gegen Arthropoden	unspezifisch, insbe- sondere gegen nach- aktive, in Gebäuden stechende Arthropoden	unspezifisch, insbe- sondere gegen fliegende Arthropoden	unspezifisch, insbesondere gegen kriechende Arthropoden

* Dr. Kim Chetwyn, 1996, Royal Defense Medical College, London, persönliche Mitteilung

verfahren gegen Vektoren ist zusätzlich zu der Toxizität der Insektizide/Akarizide oder des Repellents die akute und chronische Toxizität von ggf. gegen die Infektionserreger eingesetzten Chemoprophylaktika (z. B. Malariachemoprophylaxe) bzw. therapeutischer Antiparasitika mit in die Kosten-Nutzen-Risiko-Analyse einzubeziehen. Die perkutane Resorption von Permethrin aus der behandelten Oberbekleidung ist minimal. Am Menschen wurde bei imprägnierter Bekleidung (1250 mg i. a./m²) eine dermale Permethrinabsorption von 0,0006 mg Permethrin/kg/Tag berechnet. Der „Acceptable Daily Intake (=ADI)“-Wert der WHO und der „duldbare tägliche Aufnahme (DTA)“-Wert des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) ist auf 0,05 mg/kg/Tag festgelegt. Die experimentell festgestellte Aufnahmemenge pro Tag ist damit ca. 100-fach geringer als die gegenwärtigen ADI-/DTA-Werte [121, 139].

Vektoren-/ Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen

Methoden der Schädlingsbekämpfung

Schädlingsbekämpfung ist insbesondere zur Infektkettenunterbrechung im Seuchen- und Seuchenverdachtsfälle sowie aus anderen Gründen der Gesundheitsgefährdung unvermeidbar, z. B. aus Vor-

sorgeerwägungen gemäß den Länder-Verordnungen nach §13 Infektionsschutzgesetz (IfSG), der Lebensmittelhygieneverordnung sowie nach tierseuchen- und tierkörperbeseitigungsrechtlichen Vorschriften. Sie ist unter seuchen- bzw. tierseuchenrechtlichen Voraussetzungen auch dann vertretbar, wenn damit u. U. Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch sowie Nutz- und Heimtieren verbunden sind und andere, weniger belastende Maßnahmen nicht greifen, bzw. bisher nicht entwickelt wurden oder nicht anwendbar sind.

„Schädlingsbekämpfung ist auch dann vertretbar, wenn damit Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch sowie Nutz- und Heimtieren verbunden sind.“

Das heißt, die Inkaufnahme vertretbarer Auswirkungen auf die Gesundheit oder die Umwelt ist in bestimmten Seuchen-, Tierseuchen- und Lebensmittelhygiene-schutz-Situationen wie den vorgenannten als akzeptabel zu betrachten, wenn gleich oder besser wirksame Schädlingsbekämpfungspräparate und -verfahren mit gleichem oder geringerem gesundheitlichen und/oder die Umwelt belastendem Risiko nicht zur Verfügung stehen.

Bei der Mittelanwendung ist durch den Bekämpfer immer dem Prinzip

„Mittelmengenminimierung“ zu folgen. Das bedeutet, dass möglichst gerade soviel Wirkstoffmenge an möglichst risikoarmen Stellen ausgebracht wird, dass bei effektiver, aber für Mensch, Nichtzieltiere und Umwelt vertretbar geringer toxischer Belastung, die Tilgung des Befalles mit den Vektoren (Mortalitätsrate in der Praxis i.d.R. >99%) und nach anschließender Desinfektion die Unterbrechung der Infektkette erreicht wird. Im Rahmen sachkundiger Mittelanwendung und ggf. unter Einbeziehung aller die Tilgung stützender, flankierender, nicht chemischer Bekämpfungsverfahren ist dieses Ziel erreichbar. Die Devise „viel hilft viel und überall“ muss aus human- und ökotoxikologischen Gesichtspunkten sowie entomologischen Gründen (Resistenzforcierung, Overkill und Verhaltensänderungen der Schädlinge) strikt abgelehnt werden.

Die sogenannten flankierenden, nicht chemischen Methoden sind in der Praxis nach dem IPM (= Integrated Pest Management) ein essentieller Teil der Gesamtbekämpfungsmaßnahme. Ohne genaues Wissen über Art, Orte, Umfang und medizinische, ggf. auch veterinärmedizinische Bedeutung des Befalles sowie den aktuellen Transmissionsmodus von Keimen, Parasiten bzw. von anderen Schädlingen ist ein solcher Maßnahmenkomplex durch die Schädlingsbekämpfer nicht realisierbar und durch die zuständigen Behörden nicht hinreichend kontrollierbar. Mit

der chemischen Schädlingsbekämpfung kommen sowohl flankierend als auch mittelmengenreduzierend je nach Zielschädlingsart und Zielort zur Anwendung:

a) Physikalische Verfahren

- ▶ Absaugen, Ausblasen u. a. bei *Staub-* und *Vorratsmilben*, bestimmten *Ameisen* und *Schaben*, *Flöhen*, *Wanzen* und *Kleiderläusen*,
- ▶ Verwendung mechanischer Lebend- oder Tötungsfallen, etwa bei *Schaben*, *Wespen* in Innenräumen und *Fliegen*,
- ▶ akustische Fangmethoden oder Vergrämung,
- ▶ UV- und andere Lichtfallen, z. B. gegen bestimmte Fliegenalterungsgruppen bei *Musca* bzw. gegen *Schmeiß-*, *Gold-* und *Glanzfliegen*,
- ▶ Wind- und Schlagstreifenschleusen gegen fliegende Schädlinge diverser Arten, z. B. *Große Stuben-*, *Gold-* und *Schmeißfliegen*,

b) physikalisch-chemische Verfahren

- ▶ Fang z. B. von *Fliegen*, *Stechmücken* und *Schaben* mit speziellen Klebefallen, zusätzlich bestückt mit anlockender Nahrung, Pheromonen, Phenolen, CO₂, Farben und/oder Lichtstrahlen,
- ▶ Lipidfilm-Methode der *Mückenlarven* bzw. -*puppen* bekämpfung in Gewässern und Wasseransammlungen,

c) biologische Verfahren

- ▶ Sterile-Männchen-Methode (Bestrahlung, Chemosterilisation) z. B. bei *Myiasisfliegen* (Myiasis = Befall des menschlichen oder tierischen Körpers mit Fliegenlarven),
- ▶ Einführung natürlicher Feinde, wie Prädatoren oder Parasitoide in Gebiete, in denen diese nicht heimisch sind, wie bestimmte Fische, Protozoen- und Helminthenarten gegen *Stechmücken* oder von *Schlupfwespen*, und räuberische *Fliegenlarven* im Güllebereich von Stallungen (s. *Deponiefliege Ophyra aenescens*),
- ▶ Züchtung und Freisetzung endemischer Prädatoren und Parasitoide, z. B. gegen *Große Stubenfliegen* und den *Wadenstecher* sowie *Stechmücken*,

- ▶ Züchtung schädlingsresistenter Wirtstierassen bzw. -bastarde, insbesondere in der Rinder- und Schafhaltung (Probleme: *Weidefliegen* und bestimmte vektorielle *Schildzeckenarten*),

d) biologisch-chemische Verfahren

- ▶ Ausbringen von Bakterientoxinen, u. a. gegen *Stechmücken*,
- ▶ Ausbringen von Juvenilhormon-Analoga und Häutungshemmern, u. a. bei *Fliegen*, *Schaben* und *Ameisen*,
- ▶ Ausbringen von verhaltenssteuernden Substanzen (Repellentien, Pheromone) bei diversen Schädlingsgruppen,
- ▶ Fraßköder u. a. gegen *Schaben*, *Ameisen*, *Stubenfliegen* und *Silberfische*,

e) ökologische Methoden

- ▶ Biotopveränderungen, z. B. über Veränderung der Feuchtigkeit, Bewuchsart und Bewuchsdichte sowie Gewässerströmungsregulierung, etwa bei *Kriebelmücken*, *Stechmücken* und -*fliegen* sowie *Herbstmilbenbefall*,
- ▶ ökologische Stabilisierung von Populationsdynamiken auch durch gezielte Land-, Fischerei- und Forstwirtschaft, z. B. über die Art des Fischbesatzes, bestimmte Anpflanzungen und Bewirtschaftung,

f) baupräventive Methoden

- ▶ Verputzen rissiger Mauerwände zur Verlegung von Schlupfwinkeln und gegen die Schädlingsinvasion,
- ▶ Abdichten von Nagerlöchern, Leitungskanälen und anderer Wand-, Decken- und Bodenöffnungen als Ein- und Rückwanderungsstellen,
- ▶ Anbringen von Fliegen- und Nagergittern sowie Schlagvorhängen oder Luftschleusen gegen fliegende Schädlinge,
- ▶ Verzicht auf Insekten anlockende Farben, Düfte und/oder anlockendes Licht zur Vermeidung von *Stechmücken-*, *Fliegen-*, *Wespen-* oder *Mottenbefall*,
- ▶ Austrocknung feuchter, insbesondere schimmelnder, Flächen im und am Haus u. a. gegen die Entwicklung von bestimmten *Milben* (z. B. *Modermilbenarten*), *Silberfischchen* und *Staubläusen*,

g) hygienische Methoden Optimierung

- ▶ der Individualhygiene,
- ▶ der Abfallhygiene einschließlich der Speiserestbeseitigung und Tierkörper- bzw. Tierkörperbeseitigungshygiene, Wasser- und Abwasserhygiene, Müllhaldenhygiene sowie Gülle- und Dunghygiene zur Vermeidung der Seuchengefährdung sowie unakzeptablen Schädlingsbefalls.

Nach Infektionsschutzgesetz gegen tierische Vektoren geprüfte und gelistete Mittel und Verfahren

Die Wirksamkeits- und Anwendungsprüfungen nach § 10c BSeuchG C § 18 IfSG erfolgen nach dem Infektkettenunterbrechungsprinzip, d. h. durch spezifische Vektorenbekämpfung nach dem Tilgungsprinzip. Sie setzen damit den schwierigsten Fall der Schädlingsbekämpfung im Gesundheitsbereich voraus, nämlich den Seuchenfall. Im Seuchenfall ist das Bekämpfungsziel die unverzügliche Eliminierung lebender tierischer Vektoren am gleichen Ort zur gleichen Zeit auch unter Massenebefallsbedingungen. Die dabei auftretenden Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die der Haustiere sowie auf die Umwelt müssen im Rahmen des Vertretbaren sein. Der einzelne Betroffene wäre mit der Durchführung einer solchen behördlichen, hochprofessionell auszuführenden Anordnung zur Entwesung oder zur Nagerbekämpfung mit dem Ziel der Verhinderung der Keimverbreitung völlig überfordert. Durch das gewählte Verfahren muss u. a. sichergestellt sein, dass Entwesung und Desinfektion sich nicht gegenseitig blockieren und dass die Krankheitserregerverschleppung aus dem Befallsherd unbedingt durch Vorsichts-, z. B. Desinfektionsmaßnahmen, vermieden wird. Auch deshalb sollte die Abschlussdesinfektion erst nach der Schädlingsbekämpfung stattfinden.

„Der Einsatz von Mitteln und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung entsprechend § 18 IfSG BSeuchG stellt hohe Anforderungen an die Ausbildung und vor allem die Fortbildung der Schädlingsbekämpfer.“

Der Einsatz der § 18 IfSG- Mittel und -Verfahren stellt also hohe medizinisch-entomologische, technische und rechtliche Anforderungen an die einschlägige Ausbildung und vor allem die Fortbildung der gewerblichen und der behördlichen Schädlingsbekämpfer bzw. Kontrolleure. Dies wird deutlich durch die Vielzahl der in Human- und Veterinär-entomologie, einschließlich der Hygiene, verwendeten Wirkstoffe (theoretisch >180 aus mehr als 40 Effektgruppen), Synergisten (vier bis sechs), Hilfsstoffen (mehr als 260), Geräte und Ausbringungsverfahren, die auf dem Sektor Gliedertierbekämpfung, -Diagnostik und -abwehr weltweit verfügbar sind [145, 146]. Die Verwendung von Mitteln und Verfahren nach § 18 IfSG wird nach Verordnungen und Verwaltungsvorschriften des Medizinal- und des Veterinärbereiches reglementiert. Die Anordnung trifft die nach Landesrecht zuständige Behörde, i.d.R. das Gesundheitsamt für den Seuchen-, Wasser- und Hygienebereich und das Veterinär- und Lebensmittelaufsichtsamt für die Sektoren Tierseuchen-, Tier-, Lebensmittel-, Fleisch-, Fisch- und Milch- sowie Tierkörperbeseitigungshygiene. Zu letzterer gehört die schadlose Beseitigung der Speiseabfälle tierischen Ursprungs bzw. der Abfälle mit Anteilen tierischer Herkunft in bestimmter Quantität. Je nach übertragbarem Erreger können Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen gegen tierische Vektoren in Human- und Veterinärmedizin bereits bei Ausscheidung, Ansteckungsverdacht, bei Verdacht auf Vorliegen einer Krankheit oder bei Ausbruch einer Krankheit bzw. Seuche von der jeweils zuständigen Behörde angeordnet werden.

Außer den Behörden machen auch viele in Gemeinschaftseinrichtungen sowie in den Bereichen Lebensmittel- und Tierhygiene wirkende Verbände in ihrem Zuständigkeitsbereich die vom Umweltbundesamt (UBA) und dem BgVV über Mittel- und Verfahrensprüfungen nach § 18 IfSG erarbeiteten und von letzterem herausgegebenen Listen zur Gliedertier- und zur Nagetierbekämpfung (Ratten und Hausmäuse) verbindlich (s. jeweils neueste Ausgabe mit Kommentar, z. Z. gilt die 16., in Kürze die 17. Ausgabe).

Die Anordnung einer Maßnahme gegen die Verbreitung von Krankheitserregern über tierische Vektoren kann je

nach Zuständigkeitsbereich, z. B. aufgrund einer nach § 17 IfSG ergangenen Länder-Verordnung oder nach anderen lebensmittelhygiene- und tierseuchenrechtlichen Vorschriften, getroffen werden. Der Infektionsabwehr und der Bekämpfung von vektorenvermittelten Infektionen und von gefährlichen Parasiten wie Myiasisfliegen dienen auch die gesundheitlichen und veterinärrechtlichen Regelungen im internationalen Reise-, Tier- und Güterverkehr. Zur Lebensmittelhygiene während solcher Reisen in Deutschland zugelassenen Verkehrsmitteln gelten die Vorschriften der deutschen Lebensmittelhygieneverordnung, die auf einer EU-Richtlinie basieren.

Entwesungen und Nagerbekämpfungen, z. B. solche im Freiland gegen vektorkompetente Nagetiere, Stech- oder Kriebelmücken, für die keine Mittel nach § 10 c BSeuchG (s. Bundesgesundhbl Nr. 1 (1998), 29–46) gelistet worden sind, sollten mit Verfahren durchgeführt werden, die in Abstimmung zwischen den zuständigen Landesbehörden und den Mittelprüfinstitutionen (UBA und BgVV) einvernehmlich für wirksam sowie in Bezug auf die Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt für vertretbar gehalten werden. Dazu zählen auch Mittel und Verfahren gegen die Überträger von Hanta- und von Ockelboviren sowie die Erreger der Leptospirose (d. h. solche gegen die entsprechenden vektoriiellen Nagetiere). Bei diesen Infektionen ist die großflächige Verbreitung der Erreger in einem Areal das besondere Problem. Dadurch wird eine sukzessive Schädlingsbekämpfung und Entseuchung im Raum- und im Hofbereich unumgänglich [6]. Letztere erfolgt im Rahmen humanmedizinischer Anordnungen durch Einsatz von Desinfektionsmitteln und -verfahren nach § 18 IfSG, die vom Robert Koch-Institut (RKI) geprüft und gelistet werden (Bundesgesundhbl. 39, 118–119). Mit (erregerhaltigem) Nagerurin kontaminierte Oberflächen können mittels kleiner, tragbarer, batteriebetriebener UV-Lichtlampen erkennbar gemacht werden. Derartige Lampen werden für den mikrobiologischen Bedarf vertrieben. Im positiven Falle zeigen die urinhaltigen Oberflächen bei UV-Licht-Bestrahlung eine gelbe Eigenfluoreszenz an.

Im Falle von Bekämpfungs- und vektoriiellen Problemen können u. a. das

Umweltbundesamt (UBA), welches eine breite Übersicht besitzt über die Wirksamkeit und Anwendung sowie die Auswirkungen auf die Umwelt einer großen Palette von Gesundheitsschädlingsbekämpfungsmitteln und -verfahren,

- im Hinblick auf gesundheitliche Auswirkungen der Bekämpfungen das zuständige BgVV sowie zu den Möglichkeiten einer wirksamen Desinfektion gegen die übertragenen Erreger das RKI konsultiert werden.
- Bei Problemen mit Zoonosen im Tierhaltungs- und im Lebensmittelhygienebereich ist das BgVV die wissenschaftliche Ansprechbehörde.

Im übrigen sind in der BgVV-Liste zur Glieder- und Nagetierbekämpfung nach § 18 IfSG auch die vom UBA und dem Institut für Arzneimittel- und Medizinprodukte (BfArM) geprüften und für die Massenapplication auf behördliche Anordnung in Schulen und Gemeinschaftseinrichtungen für schnellst wirksam befundenen Mittel gegen Ektoparasiten nach § 34 ff IfSG (Mittel zur Läuse- und Krätzebekämpfung) aufgeführt. Der Einsatz dieser Mittel ermöglicht bei sachgerechter, qualifizierter kontrollierter Therapie wieder den Besuch der vorerwähnten Einrichtungen in kürzester Frist, i.d.R. bereits einen Tag nach der 1. Mittelapplication, weil eine Wieder- und Weiterverbreitung des Läusebefalls bzw. der Krätze unter sachgerechter Anwendung solcher Mittel gegen nicht tolerante Stämme i.d.R. nicht zu befürchten ist (vgl. hierzu die Merkblätter des Robert Koch-Instituts (RKI) für Ärzte, die unter der Beteiligung von UBA, BgVV und BfArM erarbeitet werden).

Die Bedeutung von Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen im Pflanzenschutz, veterinärmedizinisch begründeten Maßnahmen sowie von faunistischen Veränderungen für die Krankheitsverhütung

Bei Betrachtung der ökologischen Beziehungen von Vektor-Erreger-Reservoir-Komplexen der in Deutschland endemischen Erkrankungen fällt auf, dass dem Forst- und Pflanzenschutz bezüglich der Stabilisierung des ökologischen Gleichgewichtes, der Verhinderung von Gradationen und bei der Bekämpfung von Reservoiren und Vektoren bei Massenver-

mehrungen eine zumindest lokal nicht zu unterschätzende Bedeutung zufällt. Dies gilt selbst dann, wenn diese Maßnahmen nur dem Schadschwellen- und nicht dem Vektortilgungsprinzip folgen. Dasselbe gilt für vergleichbare Vorbeuge- und Bekämpfungsmaßnahmen in den Bereichen von Lebensmittel- (einschl. Fleisch-, Milch- und Fisch-), Stall-, Dung-, Heimtier- und Tierkörperbeseitigungshygiene. Es gibt Vektoren, welche die zum Überleben und damit Übertragen von human- oder/und tiergesundheitslich bedeutsamen Keimen notwendigen engen ökologischen Nischen im Freiland (etwa Stechmücken und Schildzecken) oder in Einzelfällen auch Lagern mit Vorräten pflanzlicher Herkunft (u. a. Schaben und Ameisen) besetzen. Andere Vektoren sind hingegen äußerst anpassungsfähig und dementsprechend als Kosmopoliten weltweit verbreitet (so Ratten, Hausmäuse, Deutsche Schaben, Große Stubenfliege, Wadenstecher). Sie finden zudem teils in Häusern und teils außerhalb dieser Verbreitung. Zudem adaptiert sich eine große Anzahl der Vektoren schnell an den Siedlungsraum des Menschen. Die Vektoren treten z. T. stationär-temporär bzw. -permanent oder nur saisonal auf. Ihr Auftreten kann lokal begrenzt oder weiträumig sein. „Urbanisierungszyklen“ begünstigen bei einer Reihe von Vektoren deren und einen stärkeren Eintrag von Human- und Nutztier-Krankheitserregern in das direkte Siedlungsumfeld. Das gilt auch für die sylvatisch oder rural auftretenden Überträger und Keime. Ein Beispiel aus Deutschland ist die Lyme-Borreliose. Die Verschleppung der Erreger und die von vektorkompetenten Schildzecken findet über fakultativ oder saisonal synanthrophe Nagetiere, Haustiere und vor allem durch das Verhalten des Menschen selbst und seine Landschaftspflege und -nutzung statt. Eine vergleichbare Situation gibt es bei der Hantavirose. Ihr Ausbruch wird durch das saisonale Eindringen von Feld- und Waldmäusen in Wohngebäude gefördert, insbesondere nach Gradationen während des Spätherbstes und Frühwinters. Je nach Mäuseart können so die lokal jeweils assoziierten Serotypen von Hantaviren aus der Natur in das Lebensumfeld des Menschen eindringen und ihn infizieren. Der diesbezügliche Infektionsdruck verstärkt sich mit Zunahme der Abundanz der Reservoirs und/oder

Vektoren sowie mit der Zunahme der Durchseuchung mit dem kausalen Krankheitserreger. Das Hineinsiedeln in bisher nicht von solchen synanthropen vektorischen und Reservoirtieren bewohnte Areale und/oder die Erregerübernahme durch dort siedelnde, zuweilen auch neue Vektor- und Reservoirtierarten, sind weitere Beiträge zu diesem Geschehen. In gleicher Weise ist das zumeist nur sporadische Nutzen von in die freie Natur hineingebauten Sommerhäusern zu bewerten, in denen sich z. B. verstaubender, infizierter Nagerkot ausbreiten kann.

„In Bürgerkriegsgebieten zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Massenvermehrung von Schadnagern und dem epidemischen Auftreten schwerwiegender Infektionskrankheiten.“

Erfahrungen aus dem Bürgerkriegsgebiet von Exjugoslawien zeigen für das Jahr 1995 deutlich den Zusammenhang zwischen Massenvermehrung von Schadnagern – in diesem Fall allein bürgerkriegsbedingt – und dem epidemischen Auftreten assoziierter schwerwiegender Infektionserkrankungen wie hämorrhagischem Fieber mit renalem Syndrom (HFRS), von Leptospirose und Tularämie. In Bosnien stieg z. B. die Anzahl der gemeldeten HFRS-Fälle von 0 im Jahr 1994 auf über 350, bei gleichzeitig mehr als 500 Fällen von Leptospirose, und 150 Fällen von Tularämie in den ersten zehn Monaten des Jahres 1995 [147].

In Deutschland scheint sich z. B. eine Urbanisierungstendenz des Transmissionsmodus der Lyme-Borreliose durch synanthrophe Nagetiere bei simultaner Erhöhung der Erkrankungshäufigkeit innerhalb der Bevölkerung herauszukristallisieren [65, 77]. Zudem führt das geänderte Freizeitverhalten des Menschen dazu, dass die Lyme-Borreliose von einer Erkrankung beruflich Exponierter zu einer überwiegenden „Freizeiterkrankung“ wurde [15]. Auch in den Nordstaaten der USA nimmt in stark urbanisierten Gebieten ihre Inzidenz erheblich zu [148]. Die Zunahme ist zudem oft mit einer Urbanisierung des Transmissionsweges verknüpft. Sie hat multifaktorielle ökologische Ursachen

[149]. Die gesundheitlichen und ökonomischen Folgen dieser Abläufe sind für den Menschen nachhaltig negativ. Einer der Hauptvektoren von *Borrelia burgdorferi* in den USA ist die Schildzecke *Ixodes scapularis*. Diese Zecke hat sich aufgrund einer massenhaften Populationsvergrößerung des Weißwedelhirsches (*Odocoileus virginianus*) sowie verschiedener Mäusespezies infolge umfassender Wiederaufforstungsmaßnahmen extrem stark vermehrt. Außerdem blieben die vermehrungshemmenden, parallel notwendigen Bereinigungs- und Rodungsmaßnahmen aus. Synchron dazu stieg in gleichem Maße die Durchseuchung mit *Borrelia burgdorferi* in den Vektor- (Zecken-) und Säugetierreservoirs. Dazu trug bei, dass sich, im Gegensatz zu früheren Zeiten, Weißwedelhirsche und sylvatische Mäuse mittlerweile in Vorgärten ruraler und urbaner Gebiete aufhalten. Sie transportieren von dort aus den infizierten Vektor weiter in das engere Umfeld des Menschen hinein [148, 150]. Nur durch konsequente Gegenmaßnahmen mit dem Ziel des Erhalts des ökologischen und infektiologischen Gleichgewichtszustandes ist in diesen und anderen Fällen ein tolerabler Status wieder herstellbar. Das Gleiche gilt z. B. auch für Gebiete mit renaturierten Niedermooren, in die durch Besetzung der neugeschaffenen ökologischen Nischen potentielle *Malaria*- und *Tahynavirus*-Vektorenstämme (Stechmücken) eindringen, dort relativ schnell eine ausreichend dichte Population bilden und auf den jeweiligen Erreger in für sie zyklussichernder, infektiöser Quantität treffen können.

Erste epidemiologische Untersuchungen zur Ausbreitung von Hantaviren in Deutschland lassen darauf schließen, dass in Gradationsjahren der Reservoirmäuse ein Anstieg der Fälle mit verschiedenen Serotypen der Hantavirose zu verzeichnen ist [37, 42, 151]. Eine solche Mäusegradation, insbesondere von *Microtus arvensis*, aber auch anderen Trägerspezies, fand z. B. 1998 in einigen Teilen Thüringens statt. Aufgrund der Gefahreinschätzung der agrarischen Schadsituation einschließlich der zum Hantavirusauftreten wurde seitens des Landespflanzenchutzamtes Thüringen eine zweimalige Feldmausbekämpfung (*Microtus spec.*) durchgeführt mit dem Erfolg, dass in nahezu allen Befallsregionen die Mäusepopulationen auf einen Wert unterhalb der

festgelegten Schadschwelle (fünf bis acht wieder geöffnete Löcher pro 250 m² Fläche) sank. Eine im Dezember 1998 im Umfeld des Befalls vorgenommene Befragung in den Krankenhäusern ergab keine Hinweise auf klinische apparente Hantavirusinfektionen. Auch wenn der Nachweis zur Einschätzung „Feldmausbekämpfung unterhalb der Schadschwelle bei simultaner Reduktion der Hantavirusinzidenz in den Gradationsregionen“ letztendlich aufgrund

- ▮ fehlender Meldepflicht von Hantavirus-erkrankungen nach BSeuchG in Deutschland (mangelnder Surveillance) und wegen
- ▮ der fehlenden virologischen Untersuchungen an Mäusepopulationen in den Gradationsregionen auf Durchseuchung mit Hantaviren für 1998 nicht geführt werden konnte, so ist das Fehlen von Hantaviren während Nagergradationszeiten aber nur teilweise durch die durchgeführten Flächenbekämpfungsmaßnahmen erklärbar. Es gibt also diesbezüglich noch erheblichen Forschungsbedarf.

Fazit für die Praxis

Mangels entsprechend entomologisch-parasitologisch und vor allem tierisch-vektoriell arbeitender Referenzstellen sind die Erkenntnisse zu vektorassoziierten Human- und tierischen Infektionskrankheiten, einschließlich Zoonosen, in Deutschland relativ gering. Das betrifft die aktuelle Situation auf den Feldern der Epidemiologie, der Vektorkompetenz und -kapazität, des Erreger- und des vektoriel- len Ektoparasiten- und Wirtstierreservoirs, die qualitative und quantitative Beurteilung des Infektionsdruckes, die Geographie der Vektor- und Reservoirausbreitung, die Adaption von tierischen Überträgern aus dem Freiland wärmerer Regionen an Innenraumverhältnisse, die Wiederbesiedlung sanierter Areale durch Vektoren und Parasiten, den Einfluss von Bekämpfungsmaßnahmen aller Art auf das Vektorverhalten, die Vermehrungsrate von tierischen Vektoren unter veränderter Umwelt sowie die Nutzen-Kosten-Risiko-Analyse für die vertretbare Zurverfügungstellung bzw. Anwendung von persönlichen Schutzmaßnahmen und die Vektorenbekämpfungsmaßnahmen insbesondere im Seuchefalle. Politik und Wissenschaft haben

hierbei aus gesetzlichen und ethischen Gründen ihren Tribut zur Verhinderung oder zumindest Minimierung vektorübertragener Seuchengeschehen zu leisten, in dem sie zumindest präventiv-medizinisch tragbare bzw. notwendige Handlungsmöglichkeiten vorhalten. Die Bewältigung dieses Spektrums an essentiellen Aufgaben kann nur einer Referenzinstitution mit entsprechend räumlich-materiell sowie personell-qualifiziertem, d. h. mit nachweislich praxiserfahrenem Personal gelingen. Überdies wird diese Institution nur dann erfolgreich sein, wenn Erfahrungswerte die o. g. Komplexe untermauern und diese durch neu gesammelte epidemiologische bzw. epizootologische Daten über gezielte Experimente in Labor und Praxis abgesichert werden können. Dies gelingt aber nur, wenn der Institution die dazu notwendigen, über viele Jahre genetisch und im Verhalten relativ konstanten sowie gegenüber Standardwirkstoffen selektionierten Vektor- und Ektoparasitenstämme zur Verfügung stehen. Die Stämme sollten die wichtigsten Vektor- und Ektoparasitenspezies repräsentieren. Sie müssen aus einer in der Referenzstelle gehaltenen Massenzucht jederzeit abrufbereit sein. In diesem Zusammen-

hang sei zudem erwähnt, dass eine den Gesamtkomplex der „Medizinischen Entomologie“ durch Forschung und Lehre abdeckende universitäre Einrichtung sowie eine „*venia legendi*“ für Medizinische Entomologie/Zoologie in Deutschland nicht existiert. Ein unhaltbarer Zustand, will man auf das international anerkannte und global betrachtet gesundheitspolitisch immer relevanter werdende Fachgebiet künftig zurückgreifen.

Das Hand-in-Hand-Arbeiten von entomologisch-parasitologisch und mikrobiologisch tätigen Vektorspezialisten mit Epidemiologen/Epizootologen sowie dem chemisch-analytisch arbeitenden Personal, das die unter der Gebrauchsdosis für die Zieltierart bzw. den -stamm verfügbaren und die Residualmengen auf den Zielflächen ermittelt, ist dafür eine essentielle Voraussetzung. Sie ergibt die notwendige Rückkoppelung mit den die Vertretbarkeit der Auswirkungen der Mittelanwendung auf die menschliche Gesundheit bzw. auf die Umwelt beurteilenden Toxikologen. Das bedeutet, dass die Prüfarbeiten mit Mitteln und Verfahren gegen Vektoren, entsprechend internationaler Praxis, örtlich nicht von denen der Referenzstelle getrennt werden sollten.

Literatur

Die Literatur zu diesem Beitrag finden Sie im Internet unter:

<http://link.springer.de/link/service/journals/00103/refs/1044002/r10440116.pdf>