

Climate Change 05/2003-05-27

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 61 218/11
UBA-FB 000454

Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von primär humanmedizinisch relevanten Krankheitserregern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigen Humanparasiten in Deutschland

von

Jörg Grunewald, Birgit Habedank, Kathrin Hartelt, Helge Kampen, Peter Kimmig, Walter A. Maier, Torsten Naucke, Rainer Oehme, Andreas Vollmer, Arne Schöler, Christine Schmitt

Institut für Medizinische Parasitologie der Universität Bonn

Zusammenfassung

Zahlreiche Parasiten (im engen Sinne: tierische Krankheitserreger), aber auch Viren und Bakterien werden von **ektoparasitischen Arthropoden** auf den Menschen oder auf Reservoirwirte übertragen. Diese Ektoparasiten sind also weniger in ihrer Funktion als Krankheitserreger selbst als vielmehr in ihrer Funktion als potentielle **Krankheitsüberträger** (Vektoren) für die Epidemiologie vieler wichtiger Krankheiten von größter Bedeutung. Auf Grund der Tatsache, dass diese wechselwarme Tiere sind, besteht in hohem Masse eine **Abhängigkeit von Umweltbedingungen**. Dabei spielen klimatische und mikroklimatische Bedingungen eine sehr große Rolle. Es ist daher zu erwarten, dass Klimaveränderungen gerade die Bionomie von Vektoren und den von ihnen übertragenen Pathogenen beeinflussen.

Inzwischen zeigt sich, dass **Umweltveränderungen oft Ursache für neu auftretende oder wiederkehrende Krankheiten** sind. Nur noch wenige Wissenschaftler haben Zweifel, dass es zu einer Erwärmung der Atmosphäre gekommen ist. Die Europäische Commission initiierte daher ein Programm zur Untersuchung der Folgen (ENRICH: European Network for Research In Global Change). Der zweite Workshop im Februar 2000 in Lissabon behandelte auch das Thema Vektor- assoziierte Krankheiten („vector- borne diseases“, VBD) unter dem Klima- Aspekt. Im Jahre 1999 hatte bereits die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in London ein Treffen unter dem Titel: „Early human health effects of climate change

and stratospheric ozone depletion in Europe“ veranstaltet. Darin wird festgehalten, dass das Weltklima sich in beispielloser Weise verändere. Veränderungen in der Verbreitung und im Verhalten von Insekten- und Vogel- Arten wiesen darauf hin, dass biologische Systeme bereits darauf reagierten. ***Es sei allgemein anerkannt, dass das Klima auf die zeitliche und räumliche Verteilung von Vektoren und Pathogenen einen wichtigen Einfluss habe.*** Theoretisch würde man erwarten, dass eine Klimaveränderung auch Veränderungen in der geographischen Verbreitung, dem saisonalen Auftreten und der Inzidenz der VAE zur Folge habe. Das Aufdecken und die daraus abzuleitende Zuordnung solcher Veränderungen zur Klimaveränderung sei von zunehmender Bedeutung für die Wissenschaft. ***Das Studium der Literatur zeige nämlich, dass ein klarer Beweis für den Einfluss des (bereits beobachteten?) Klimawechsels auf Vektor- assoziierte Krankheiten wie Malaria, Dengue, Leishmaniose und Frühsommer- Meningoenzephalitis noch fehle.*** Es müssen Versuche zur Registrierung der Phänomene durchgeführt werden, wie z. B. häufiges Sammeln von Vektoren über lange Zeiträume entlang einer Transekte, um die Verbreitung einer Vektorspezies in voller Breite und Höhe zu registrieren und um so überzeugende direkte Hinweise auf Einflüsse der Klimaveränderung zu erhalten.

Der Begriff Vektor wird verschieden definiert. Im engen Sinne ist ein **Krankheitsüberträger (Vektor)** ein parasitisches Gliedertier, ein Insekt, eine Zecke oder eine Milbe, das beim Blutsaugen Pathogene aufnimmt, die sich dann obligatorisch im Vektor vermehren oder zumindest weiterentwickeln. Zu Vektoren im Sinne von **Keimverschleppern** kann man Tiere rechnen, die den Menschen nicht zum Blutsaugen aufsuchen sondern dessen Umgebung und Nahrung mit Pathogenen kontaminieren und so zur Infektion führen. Behörden bevorzugen eine weite Auslegung des Vektor- Begriffes. Nach §2 des deutschen Infektionsschutzgesetzes ist ein **Gesundheitsschädling** „ein Tier , durch das Krankheitserreger auf Menschen übertragen werden können“. Nach dieser Definition könnte man auch von Vektoren im weitesten Sinne sprechen. Ausgangspunkt für viele vektorielle Krankheiten sind infizierte Tiere. Krankheiten, die bei Tieren ihr natürliches **Reservoir** haben und von dort auf den Menschen übertragen werden, können als **Zoonosen** bezeichnet werden.

In Deutschland sind nach Faulde und Hoffmann (2001) 24 von Arthropoden oder Nagetieren übertragene Infektionskrankheiten endemisch, von denen 13 durch Schildzecken, fünf durch Ratten und Mäuse, drei durch Stechmücken und eine durch Kleiderläuse übertragen werden. Das Auftreten weiterer neun Infektionskrankheiten könnte vermutet werden, von denen vier durch Schildzecken, vier durch Stechmücken und eine durch Flöhe übertragen werden können. Im vorliegenden Bericht konnten nicht alle Vektoren gleich intensiv behandelt werden, Schwerpunkte liegen bei den Stechmücken (**Culiciden**), Sandmücken (**Phlebotomen**) und **Zecken** (vor allem Ixodiden). Kriebelmücken (**Simuliiden**), Gniten (**Ceratopogoniden**), Flöhe (**Siphonaptera**) u.a. als potentielle Pestüberträger, Wanzen (**Heteroptera**), Läuse (**Phthiraptera**) u.a. Fleckfieberüberträger, **Fliegen**, **Milben** sowie **Ratten** und **Mäuse** konnten aus Kapazitätsgründen nur weniger intensiv behandelt werden. Solche überwiegend keimverschleppenden bzw. als Erregerreservoir fungierenden Glieder- und Wirbeltiere gewinnen zunehmend an Bedeutung auf den Gebieten der Lebensmittelhygiene, Zoonosen und der die Gesundheit des Menschen tangierenden Bereichen der Nutz- und Heimtierhygiene. Die Bekämpfung dieser tierischen

Vektoren fällt in die Zuständigkeit und fachliche Kompetenz veterinärmedizinischer Institutionen und sollte von diesen aufgegriffen und weiter erforscht werden.

Pathogene können heute mit dem Tierhandel oder über infizierte Menschen nach Deutschland kommen. Das **Einschleppungsrisiko** scheint besonders groß bei Viren, die an Zugvögel assoziiert sind und auf dem Zug an Vektoren geraten, die in Siedlungsgebieten heimisch sind (z.B. das Sindbis- und das Westnil Virus). Weder die Verbreitung der von Moskitos übertragenen Viren, noch der Vektoren ist also dauerhaft. Beide können sich ausbreiten und in neuen Gebieten etablieren, dort die gleichen oder auch andere Wirte befallen und tierische Reservoirs bilden. Wenn solche Pathogene Zoonosen verursachen und nach dem klinischen Bild allein schwer zu diagnostizieren sind, können sie lokal in einem stummen Zyklus zwischen Vögeln oder Säugern lange Zeit zirkulieren, ohne dass zunächst Erkrankungen beim Menschen auftreten bzw. sie durch gezielte Diagnostik ermittelt werden. **Für Deutschland fehlen zur Aufklärung solcher Zyklen die meisten wichtigen Daten**, z.B. zur Verbreitung wärmeliebender Zecken oder zur Verbreitung der vielen Stechmückenarten, die als Virusüberträger in Frage kommen. **Unter solchen Voraussetzungen kann man Ausbrüche von Erkrankungen, Endemien oder gar Epidemien nicht voraussagen.**

Zu den **Umweltveränderungen**, die Einfluss auf Vektoren und die von ihnen übertragenen Pathogene haben, zählen u.a. Änderungen im Siedlungsverhalten (Hineinsiedeln in natürliche Biotope), in der Freizeitgestaltung (vermehrter Kontakt mit der Natur), veränderte landwirtschaftliche Nutzung (Anlegen von Brachen, Feuchtbiotopen, Poldern) u.a., nicht zuletzt aber auch **Klimaveränderungen**.

Zuverlässige Zahlen hat man für die zurückliegenden Jahrzehnte zur Verfügung. Trends der Lufttemperatur in Deutschland zeigen nach oben. Der lineare Trend für die letzten 133 Jahre (1866-1998) beträgt ca. +1,0°C und ist damit deutlich größer als der Trend der globalen Mitteltemperatur (+0,6°C). Als Konsequenz kann man bereits Auswirkungen auf die Natur beobachten:

Blumen beginnen früher zu blühen, Bäume und Büsche treiben früher aus und verfärbten sich im Herbst später, Singvögel bleiben länger und damit verändert sich das Zugverhalten. Auch aus anderen europäischen Ländern wird über Ausbreitungstendenzen von Insekten und Vögeln nach Norden sowie über Änderungen im Entwicklungszyklus von Tieren berichtet. **Unter diesen Umständen ist zu erwarten, dass auch Vektoren von Krankheitserregern auf Klimaänderungen reagieren.**

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, möglichst detaillierte Angaben zum Vorkommen und der Verbreitung von Vektoren sowie von den mit ihnen assoziierten Pathogenen zu bekommen.

Stechmücken (Culiciden) als Vektoren: Die wichtigste Publikation, in der alle deutschen Culiciden aufgelistet sind (Mohrig, 1969) weist 44 Arten auf, die im Einzelnen besprochen werden. Es wird deutlich, dass die verschiedenen Culiciden sehr unterschiedliche Lebensweisen haben, die durch Umwelt- und Klimaveränderung unterschiedlich beeinflusst werden. Bei Arten, die im Larvalstadium überwintern, ist z.B. die -1°C- Januar- Isotherme entscheidend für die Verbreitung, weil die Larven Einfrieren nicht überleben. Noch **fehlen aber viele Daten zur Biologie und Ökologie der einzelnen Arten**. Jackson (1999) weist darauf hin, dass die wachsende Liste Mosquito- assoziierter Krankheiten, einige mit

zoonotischem Charakter, eine detaillierte Kenntnis der Verteilung jeder Spezies notwendig macht. Er rief daher im European Mosquito Bulletin von 1999 dazu auf, mit der Erstellung einer **Verteilungskarte aller europäischen Moskitos** zu beginnen. Für Deutschland verfertigte Schuberg 1927 die bisher einzige Karte über „Das gegenwärtige und frühere Vorkommen der Malaria und die Verbreitung der Anophelesmücken im Gebiete des Deutschen Reiches“. Seit Mohrig (1969) sind auch keine neueren umfassenden Darstellungen der Stechmücken- Situation mehr erschienen. Lediglich die Gattung *Anopheles* hat wegen der potentiellen Malaria-Vektorfunktion wieder Interesse hervorgerufen. Die aktuellste Darstellung der Verbreitung der Gattung *Anopheles* findet sich bei Ramsdale und Snow (2000). Hier werden für ganz Europa Fundorte der 18 jetzt registrierten Arten angegeben.

Voraussetzung für das epidemische oder endemische Auftreten einer Vektor-assoziierten Krankheit ist die Präsenz eines geeigneten, d.h. **kompetenten Vektors**. Ein große, manchmal sogar entscheidende Bedeutung, kommt jedoch auch der **Temperatur** zu. Denn in vielen Fällen ist eine Mindesttemperatur zur Entwicklung der Pathogene im Vektor notwendig. **Meist besteht eine positive Korrelation zwischen Entwicklungsgeschwindigkeit und ansteigender Temperatur, die aber ein Optimum nicht überschreiten darf**. Als dritte Komponente ist die Präsenz infizierter Wirte zu nennen, an denen sich der Vektor infizieren kann. Ein solches Reservoir können Menschen oder Wild- und Haustiere sein (**Reservoirwirte!**). Weder die korrekte Anzahl der Arten der deutschen Stechmücken noch ihre genaue Verbreitung sind bekannt oder registriert. Große Lücken bestehen in der Kenntnis der Biologie der Arten. Die bereits erfolgte **Einwanderung neuer, gefährlicher Überträger- Arten** nach Europa zeigt, wie wichtig eine entsprechende Kontrolle ist. **Die Verbreitung der Vektoren sollte bekannt sein bevor ein Pathogen eingeschleppt wird, um dann rasch gezielte Bekämpfungmaßnahmen durchführen zu können.**

Tabelle der in Deutschland* oder Europa ** nachgewiesenen Krankheitserreger, die von Culiciden übertragen werden können

Erreger	Krankheit	Potentielles Reservoir in Deutschland
<i>Plasmodium vivax</i>*	Malaria tertiana (Wechselfieber) Mensch	
<i>P. malariae</i>*	Malaria quartana (Wechselfieber) Mensch	
<i>P. falciparum</i>**	Malaria tropica (schwerste Form der Malaria)	Mensch
Dengue-Virus** (Flaviviridae)	Denguefieber	Mensch, Haus- und Wildtiere
Gelbfieber-Virus** (Flaviviridae)	Gelbfieber*	Mensch

Sindbis-Virus** (Alphaviridae)	Sindbis -Erkrankungen	Wildvögel
Semliki-Forest-Komplex-Virus** (Alphaviridae)	Neuropathologische Störungen	?
West Nil- Virus** (Flaviviridae)	Westliches Nil Virus-Erkrankungen	Wildvögel, Pferde
Batai (Colovo) - Virus* (Bunyaviridae)	Batai- Virus- Erkrankungen Wildvögel	
Tahyna- Virus* (Bunyaviridae)	Tahyna-Virus-Erkrankungen	Vögel, Lagomorpha, u.a. Säugetiere
Uukuniemi- Virus* (Bunyaviridae)	Enzephalitis, neuropathologische Störungen	Waldnager, Wasservögel
<i>Dirofilaria repens</i> ** <i>D. immitis</i> (Filaria)	Befall von Haut und Lunge	Hund

Malaria: Bis nach dem zweiten Weltkrieg war die Malaria in Deutschland verbreitet. Die Infektionen der deutschen Anophelen waren vermutlich überwiegend durch *P. vivax* verursacht, aber auch durch *P. malariae*. Shute und Maryon (1955) konnten zeigen, dass sich *An. atroparvus* mit diesen Parasiten infizieren lässt. Offenbar kamen aber auf noch ungeklärte Weise **autochthone *P. falciparum*- Infektionen** auch **in Deutschland** vor: In Berlin z.B. wurden 1922 insgesamt 20 Tropica- Fälle gemeldet, 1923 folgten weitere vier Fälle (Schuberg 1927). Nach Martini (1934, 1938a) kam es im Jahre 1826 zu einer Epidemie an der Nordsee mit vielen Todesfällen. Sie wurde offenbar verursacht durch *P. vivax* und *P. falciparum*, denn der Sommer war so heiß gewesen, dass eine Übertragung der Erreger der Malaria tropica möglich war. Es kam zu 10 000 Erkrankungen und vielen Todesfällen.

Betrachtet man die potentiellen Malariavektoren in ganz Europa, so ergibt sich ein anderes Bild: Neben *An. sacharovi*, *An labranchiae* und *An. atroparvus* aus dem *An. maculipennis*- Komplex galt *An. superpictus* als wichtiger Malariaüberträger. Alle vier Arten konnten die damals in Europa heimischen Malariaerreger *P. falciparum*, *P. vivax* und *P. malariae* übertragen (Jetten und Takken, 1994). Vor allem *An. sacharovi* ist ein weit effektiverer Vektor als *An. atroparvus*. Eine Ausweitung der Verbreitung dieser mediterranen Art nach Norden, bedingt durch eine Klimaveränderung, wäre sehr gefährlich. Einige andere Arten wie *An. claviger*, *An. algeriensis*, *An. hispaniola* und *An. sergenti*, waren nur regional oder bei besonders hohen Populationsdichten der Mücken für die Malariaepidemiologie von Bedeutung. Nach Jahrzehnte- langer Unterbrechung des Malariazyklus in Deutschland, kann sich die Empfänglichkeit der verschiedenen Anopheles- Arten jedoch verändert haben, wie das Beispiel *An. plumbeus* zeigt, einer Spezies, die früher nicht als Malariavektor verdächtigt wurde.

Die Geschichte zeigt, dass Deutschland ein ehemaliges Malariagebiet ist. Da durch **Transport und Verkehr Malariapatienten** leicht ins Land kommen können, **muss mit lokalen Ausbrüchen in Deutschland wie bereits in vielen anderen Ländern Europas gerechnet werden**. Es wäre daher wichtig zu wissen, welche Arten heute noch als Überträger in Frage kommen.

Virus- Infektionen: Welche Stechmücken- Arten als Virusüberträger in Europa in Frage kommen, ist durch die Arbeiten von Lundström (1994, 1999) und Aspöck (1996) zusammenfassend dargestellt worden. Berücksichtigten wir nur die gesicherten Virus- Nachweise in Deutschland, so blieben nur wenige Arten übrig. Da aber mit unbemerkten Infektionen in der Vergangenheit und mit neu auftretenden Infektionen in Zukunft gerechnet werden muss, sollen alle potentiellen Vektoren dargestellt werden: **Die Analyse der bekannten Daten zur Verbreitung der oben genannten Virusinfektionen und deren Vektoren in Deutschland und in unseren Nachbarländern macht deutlich, dass die Voraussetzung für Infektionen mit allen genannten Viren auch in Deutschland gegeben ist.** Vor dem Hintergrund ungeklärter Menigitiden und Enzephalitiden sollte die Situation dringend untersucht werden (vgl. Gubler 1996 und Dobler 1996).

Filariosen: In Europa werden immer häufiger Infektionen des Menschen mit den Hundefilarien *Dirofilaria repens* und *D. immitis* nachgewiesen. *Aedes albopictus* und *Culex pipiens* kommt besondere Bedeutung für die Übertragung dieser Filarien vom Tier auf den Menschen zu. Autochthone Erkrankungen sind in Deutschland noch nicht nachgewiesen, sind aber vor dem Hintergrund umfangreicher Hundeimporte aus Endemiegebieten früher oder später zu erwarten.

Gnitzen (Ceratopogoniden)

Mangels eingehender Untersuchungen ist das Übertragungspotential der Ceratopogoniden in Deutschland nicht bekannt und schwer abschätzbar: Offenbar wird das humanpathogene Tahyna- Virus auch von *Culicoides* übertragen. In den USA wurden Pferdeenzephalitis- Viren (EEE) und in China Viren der Japanischen Enzephalitis aus *Culicoides* resp. *Lasiohelea* isoliert. Ob die potentiell humanpathogenen Viren auch übertragen werden, ist unklar (Service 1980). Im Süden Europas muss mit der Übertragung des AHSV (African Horse Sickness Virus) gerechnet werden, aber auch **mit der Einschleppung des Rift- Tal Virus**, wobei im ersten Fall Gnitzen Vektoren sind, im zweiten Fall Gnitzen als Vektoren in Frage kommen können (Mellor und Leake 2000).

Sandmücken (Phlebotomen)

Häufig ist in der Literatur zu lesen, dass sich Sandmücken aufgrund klimatischer Bedingungen nördlich der Alpen nicht aufhalten könnten. Tatsächlich ist es die 10°C – Jahres-Isotherme, die Sandmücken im allgemeinen nicht überschreiten. In Deutschland liegt diese Isotherme derzeit etwa bei Köln. Da in Straßburg bereits früher Phlebotomen nachgewiesen worden waren, wurden im Sommer **1999** in Baden-Württemberg Lichtfallen zum Fang von Sandmücken plaziert. In Istein, Neuenburg und Bremgarten entlang des Rheingrabens konnten vier Sandmücken der Art ***Phlebotomus mascittii*** gefangen werden. Dies war der **Erstnachweis von Sandmücken für Deutschland** (Naucke & Pesson 2000).

Im Rahmen dieser Studie wurde 2001 in Baden-Württemberg ausgiebiger (in anderen Regionen sporadisch) nach Sandmücken gesucht. Es wurden weitere 117 Sandmücken in Deutschland an 15 verschiedenen Stellen gefangen. Fast alle Standorte, an denen *P. mascittii* in Deutschland gefangen wurde, lagen im innerstädtischen bzw. innerdörflichen Bereich. **An allen Standorten ist *P. mascittii* in Vergesellschaftung mit dem Menschen angetroffen worden.** *Phlebotomus mascittii* muss als Vektor viszeraler (humaner) infantiler Leishmaniosen angesehen werden, ein experimenteller Nachweis der Vektorfunktion ist dringend erforderlich.

Leishmania. Obwohl Leishmaniosen hauptsächlich in tropischen Ländern und Süd-Europa verbreitet sind, wurden auch verschiedene autochthone Fälle aus Deutschland bekannt. Der derzeit Deutschland nächstgelegene aktive Leishmaniose Focus ist Paris (Guilhon 1950; Guilhon et al. 1974). Die Sandmückenart, die in Paris nachgewiesen ist, ist *Phlebotomus mascittii* (Langeron & Nitzulescu 1931).

Aufgrund der globalen Erwärmung, besonders in Zentral-Europa, wird für die nächsten Jahre erwartet, dass sich eine andere Sandmückenart, *P. perfiliewi*, Überträger von *Leishmania infantum*, in Nord- Europa bis zum 49sten Breitengrad ausbreitet. Der 49ste Breitengrad schneidet in Deutschland Karlsruhe in Baden-Württemberg und Regensburg in Bayern. Weiterhin wird sich vermutlich die Sandmückenart ***P. perniciosus***, Vektor viszeraler Leishmaniose, in der Schweiz weiter ausbreiten. Längerfristig, ab etwa 2025, wird erwartet, dass in England die klimatischen Bedingungen dahingehend erreicht sind, dass sich dort sowohl Sandmücken, als auch *Leishmania*-Parasiten in Sandmücken entwickeln können (Kuhn, 1999).

Es ist derzeit nicht anzunehmen, dass es in Deutschland, in Oberbayern sowie in Baden-Württemberg, ggf. sogar entlang des Rheintales bis Köln (Aachen), um einen (oder mehrere) aktive Leishmaniose- Foci handelt. Vielmehr ist zu vermuten, dass der **Hundeimport** aus endemischen Leishmaniose- Gebieten (z.B. Spanien) die Ursache für das autochthone Auftreten dieser Erkrankung in Deutschland ist. Ob, und in wieweit bereits heimische Füchse oder Nagetiere mit Leishmanien infiziert sind, ist völlig unbekannt. **Der erste Schritt, um die Leishmaniosesituation einschätzen zu können, wäre die weitere Klärung der Verbreitung von Sandmückenarten in Deutschland.**

P. mascittii ist auch als Vektor für **Phlebovirus-Serotypen** zu überprüfen, denn *P. mascittii* besitzt (unter derzeit unbekannten Parametern) die Fähigkeit Eier auch ohne ein Blutmahl (autogen) zu produzieren (Ready & Ready 1981).

Lederzecken (Argasidae)

Die Zeckenstiche der Argasiden führen vor allem zu allergischen Reaktionen. Da es bisher nicht sicher zur Übertragung von Krankheitserregern gekommen ist, spielen sie bei uns eher eine untergeordnete Rolle.

Schildzecken (Ixodidae)

Schildzecken sind unter den blutsaugenden Arthropoden nach den Stechmücken die bedeutendsten **Überträger von Viren, Bakterien und Protozoen**. Ferner stellen sie Erreger von Toxikosen und Dermatitiden dar. Bemerkenswert ist, dass die Krankheitskeime von mehreren Schildzeckenarten oft auch aus verschiedenen Gattungen übertragen werden können. Dies dürfte mit der unspezifischen Wirtswahl

und der unterschiedlichen geographischen Verbreitung der Zecken zusammenhängen.

Tabelle der in Deutschland* oder Europa** nachgewiesenen Krankheitserreger, die von Ixodiden übertragen werden können

Erreger	Krankheit
FSME-Virus (<i>Flaviviridae</i>)*	Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)
Eyach-Virus (<i>Coltiviridae</i>)*	Eyach-Virus Fieber, Colorado-Zeckenfieber-ähnliche Erkrankung (CTF)
Erve-Virus (<i>Nairoviridae</i>)*	Erve-Virus Fieber
Tribec-Virus (<i>Reoviridae</i>)*	Neuropathologische Störungen, Meningoenzephalitis?
Lipovnik-Virus (<i>Reoviridae</i>)	Meningoenzephalitis?
Uukuniemi-Virus (<i>Bunyaviridae</i>)*	Enzephalitis, neuropathologische Störungen
Bhanja-Virus (<i>Bunyaviridae</i>)**	?
<i>Rickettsia slovaca</i> *	Zeckenfleckfieber
<i>Rickettsia conorii</i> **	Mittelmeerfleckfieber Altweltzeckenfieber, Fièvre boutonneuse
<i>Rickettsia helvetica</i> **	?
<i>Coxiella burnetii</i> *	Q-Fieber
<i>Ehrlichia equi</i>	Granulozytäre Pferde-Ehrlichiose, humane Infektionen belegt
Agens der Humanen granulozytären Ehrlichiose (HGE)*	Humane granulozytäre Ehrlichiose (HGE)
<i>Ehrlichia canis</i>	Monozytäre Hunde-Ehrlichiose, Humanpathogenität unklar
<i>Borrelia burgdorferi</i> sensu stricto*, <i>Borrelia garinii</i> *, <i>Borrelia afzelii</i> *, <i>Borrelia valaisiana</i> *	Lyme-Borreliose

Francisella tularensis**	Tularämie (Hasenpest)
Babesia divergens*, Babesia microti*, Babesia bovis, Babesia canis	Babesiose

Die Zeckenarten, die in Mitteleuropa sowohl Viren, Bakterien und Protozoen übertragen können, gehören zum einen Teil zur heimischen Zeckenfauna; zum anderen Teil handelt es sich um Arten, die **aus wärmeren Regionen Europas (Tiertransporte, Zugvögel, Mitnahme von Haustieren auf Reisen bzw. Mitbringen von Haustieren) zu uns gelangen können.**

Die Übertragung von Infektionskrankheiten hat in Deutschland in den letzten 10 Jahren aber bereits durch die heimischen Zeckenarten eine deutliche Verschärfung erfahren. Dies ist am besten am Anstieg der humanen **FSME**-Fälle in dieser Zeit belegt. Während noch bis Anfang der 90er Jahre in Baden-Württemberg nur 8-32 Fälle von FSME-Meningitis/Enzephalitis registriert wurden, kam es 1992 zu einem sprunghaften Anstieg auf 120 Fälle, der 1994 mit fast 250 Fällen seinen bisherigen Höhepunkt erreichte. Auch in der Folgezeit blieben die Zahlen hoch und liegen seither um ca. 100 Fälle pro Jahr. Parallel zu diesen erhöhten Fallzahlen ist auch eine deutliche Erhöhung der FSME-Zecken-Befallsraten festzustellen. Aufgrund von früheren -allerdings nur sporadischen Untersuchungen- ging man davon aus, dass in Endemiegebieten ca. jede 1000. Zecke Träger von FSME-Viren war. **Neue Untersuchungen des Landesgesundheitsamtes BW in Stuttgart und des BgVV in Berlin Mitte der 90er Jahren haben jedoch gezeigt, dass in den bekannten Endemiegebieten ca. jede 20.-50. Zecke ein potentieller FSME-Überträger ist.** Auch in den bisher als Nicht-Endemiegebieten angesehenen Regionen haben sich Zeckenbefallsraten (0,3- 0,8 %) gefunden, die sogar noch über den früher für Endemiegebiete angenommenen Werten liegt. **Aus diesen Daten ist zu folgern, dass die Infektionsgefahr für FSME in Deutschland nicht nur um das ca. 10-fache zugenommen hat, sondern dass die Viren auch wesentlich weiter verbreitet sind als früher angenommen.**

Von Frühling bis Herbst 2001 wurden von der Arbeitsgruppe des Instituts für Medizinische Parasitologie in Bonn in drei ausgewählten Arealen des Siebengebirges bei Bonn Zecken (Imagines und Nymphen von *Ixodes ricinus*) gefangen und mit Hilfe der PCR auf Infektionen mit **Borrelia burgdorferi s.l.** untersucht. In diesen Gebieten war Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre schon einmal das Zeckenvorkommen und die Durchseuchung der Zecken mit Borrelien bestimmt worden (Kurtenbach & Kampen 1991). Es handelte sich um Gebiete mit unterschiedlicher Zeckendichte, die mit der jeweils vorkommenden Pflanzengesellschaft als Anzeiger für Feuchtigkeit und Bodenazidität korreliert war. In der jetzigen Untersuchung wurden aus den drei Gebieten bisher jeweils ca. 50 Zecken aufgearbeitet (Kampen et al., unveröffentlicht). Die Durchseuchungsraten mit Borrelien liegen bei 14,6 % (Gebiet mit hoher Zeckendichte), 6 % (Gebiet mit niedriger Zeckendichte) und 18 % (Gebiet mit mittlerer Zeckendichte). **Die Daten liegen z. T. erheblich höher als die in der früheren Untersuchung gewonnenen:** damals waren es 6,2%, 2,4% und 15,6% (Kurtenbach und Kampen 1989).

Für die Lyme-Borreliose sind sichere Angaben jetzt für die **Transmissionsrate** von Borrelien verfügbar. Diese wurde nach bisherigen Daten mit ca 2- 5% als sehr niedrig

angenommen. Neuere Untersuchungen ergaben jedoch eine wesentlich höhere Transmissionsrate: Unter 3747 Zecken, die an Patienten gesaugt hatten, erwiesen sich 592 (15,8%) als Borrelien-positiv. Insgesamt 239 dieser Patienten konnten weiter verfolgt werden; dabei fand sich bei 22,6% dieser Patienten ein klinischer oder serologischer Anhalt für eine frische Borrelien-Infektion.

Legt man die Werte einer Zeckenbefallsrate von über 30% und eine Transmissionsrate von ca 25% zugrunde, ist davon auszugehen, daß **in Borrelien-Hochendemiegebieten ca. jeder 10. Zeckenstich zu einer Borrelien-Infektion führt.**

Beim **Q-Fieber** scheint dagegen auf den ersten Blick die Problematik zurückzugehen. So liegt der Höhepunkt der Q-Fieber-Fälle in den 40er - 60er Jahren; in dieser Zeit wurden in der Bundesrepublik fast 4000 Fälle von humanen Q-Fieber-Infektionen registriert. Seither ist die Zahl der Fälle scheinbar deutlich gesunken. Es spricht jedoch alles dafür, dass primär die Aufmerksamkeit bzgl. einer Q-Fieber-Diagnostik nachgelassen hat. Bei aktiver Suche konnten in Baden-Württemberg in den letzten 3 Jahren mehrere Epidemien mit 50-100 Erkrankten aufgeklärt werden. Auch **in Hessen hat die Q-Fieber-Problematik offenbar zugenommen**, wie anlässlich einer Expertenrunde im hessischen Sozialministerium deutlich wurde.

Die Gefahren, die durch **eingeschleppte Zeckenarten** bzw. durch die von ihnen übertragenen Infektionserreger drohen, lassen sich derzeit nur vermuten. Derzeit ist eine Zeckenart - **Rhipicephalus sanguineus** - aus dem Mittelmeerraum bereits in viele Teile Deutschlands eingeschleppt worden und hat eine stabile Population in Häusern gebildet. Autochthone Fälle des durch *Rhipicephalus* übertragenen **Mittelmeerfleckfiebers** (*Rickettsia conorii*) sind in Deutschland bisher noch nicht bekannt geworden, immerhin sind in angrenzenden Ländern Antikörper bei Patienten gegen diese Rickettsiose bestimmt worden. Es scheint nur eine Frage der Zeit, **bis *Rickettsia conorii* auch in Deutschland festgestellt wird**. Auch bei ***Rickettsia helvetica*** besteht im Prinzip die Gefahr einer Einschleppung; es ist indessen wahrscheinlicher, dass es sich auch hier um **bereits heimische Erreger** handelt, was in anstehenden Untersuchungen des Landesgesundheitsamtes Stuttgart geklärt werden soll.

Babesien: Die Daten belegen, dass humane Infektionen auf Grund des Vorhandenseins von verschiedenen Babesiose- Erregern sowie ihren Vektoren auch in Deutschland nicht auszuschließen sind. Dennoch ist die Bedeutung der Babesiose wegen mangelnder Untersuchungen zur Ver- und der Ausbreitung infizierter Vektorzecken unter sich ändernden Entwicklungsbedingungen im Zecknenhabitat noch nicht abzuschätzen.

Charakterisierung der Beeinflussung der Vektor- Verbreitung und -Kompetenz durch das Klima Die Temperatur ist für die Entwicklungsgeschwindigkeit der Pathogene und Vektoren von größter Bedeutung. Zu hohe Temperaturen können aber die Entwicklung beider Systemkomponenten hemmen. Wenn ansteigende Temperaturen mit sinkender Luftfeuchtigkeit verbunden sind, kann die Lebensdauer der Vektoren sogar so weit verkürzt werden, dass eine Übertragung nicht mehr möglich ist. **Eine Voraussage darüber, ob eine Temperaturerhöhung zur Ausbreitung einer vektorassoziierten Krankheit führen wird, ist nur möglich, wenn die Bionomie der Systemkomponenten bekannt ist.**

Immigration neuer Arten Falls es in Nord- oder Mitteleuropa zu ähnlichen klimatischen Bedingungen kommen sollte, wie sie heute im mediterranen Raum herrschen, müsste mit einer Ausweitung der Brutgebiete dieser Spezies gerechnet werden. Damit stünden z.B. für die Malariaerreger mit *An. sacharovi* und *An. labranchiae* sehr viel potentere Malariaektoren zur Verfügung.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit, eine vollständige Bestandsaufnahme der an Vektoren gebundenen Krankheiten in Deutschland vorzunehmen, konnte noch nicht vollständig erreicht werden. Die Gründe dafür sind vor allem darin zu sehen, dass in vielen Bereichen keine Daten zu finden waren oder dass nur Jahrzehnte alte Daten vorlagen. Dennoch, einige Vektoren oder Krankheiten scheinen eine **Ausbreitungstendenz** zu haben, eine wissenschaftliche Grundlage dafür ist jedoch nicht vorhanden. Man kann daher vorläufig nur von Trends sprechen.

Der Mangel an epidemiologischen Daten von hoher Qualität behindert das Verständnis der **Zusammenhänge zwischen Klima und Krankheit**. Diese Daten sind aber notwendig, um einerseits eine empirische Grundlage zur **Abschätzung des Klimaeinflusses** zu haben, um andererseits eine Basis zu etablieren, von der aus abnorme Abweichungen entdeckt werden können und schließlich, um Modelle zu entwickeln und evaluieren.

Hilfreich in diesem Zusammenhang könnte das Sammeln von **Daten mit Hilfe von Satelliten** durch passives oder aktives (Radar- unterstützt) „**Remote Sensing (RS)**“ sein (Thomson et al. 1996, 1997, Estrada- Pena 1999, Hay und Lennon 1999). Dabei werden Details von Pflanzenwuchs und -Dichte sowie des Bodens gewonnen. Vektordichten sind natürlich durch RS nicht zu messen, aber sie werden von ähnlichen Faktoren beeinflusst wie Temperatur, Niederschläge, Feuchtigkeit und Höhenlage. Solche Satellitendaten können in ein geographisches Informationssystem („**geographical information system**“, **GIS**) eingegeben und mit geographischen Daten wie Landtopographie und Bodentypen, präzisiert durch „**global positioning systems**“ (**GPS**) (Menne et al. 2000, Committee on Climate etc., 2001, Bergquist 2001) vereinigt werden. **Satelliten und andere Fernerkundungsdaten können also Informationen liefern über Habitate von Vektoren wie Zecken (Glass et al. 1994) oder Stechmücken (Hay et al. 1996), die dann in empirisch- statistischen Prozessmodellen oder integrativen Modellen genutzt werden** (Patz et al. 1998, Menne et al. 2000).

Welche Rolle dabei **Risiko- Karten** (Kitron 2000), die auf der Basis von Modellberechnungen erstellt werden, spielen können, muss noch geprüft werden. Auf die Probleme, die dadurch entstehen, dass die Berechnungsgrundlagen nicht oder schwer durchschaubar sind und die biologischen und epidemiologischen Daten nicht mit Bezirksgrenzen übereinstimmen, hat Kitron (2000) schon hingewiesen.

Im Workshop 3 des European Network for Research in Global Change (ENRICH) in Barcelona (Juni 2000) wurde das Thema („**Climate and Vector Borne Diseases**“) ebenfalls präzisiert und in den Workshop- Unterlagen wurden folgende **Empfehlungen** gegeben:

1. Der Umfang und die Verbreitung der vektorassoziierten Erkrankungen (VAE) muss auf europäischer Ebene registriert werden.
2. Viele der Zusammenhänge, die zwischen Klima und VAE hergestellt werden, sind postuliert aber nicht quantifiziert.
3. Es besteht ein Bedarf zur Integration der Daten aus einem weiten Bereich von Untersuchungen und ebenso eines Konzeptes deren Registrierung und Überwachung.
4. Da Prozesse im Mikrohabitat besonders wichtig für das Auftreten der VAE erscheinen, werden gezielte Feldstudien in dieser Richtung benötigt.
5. Im Bezug mit den oben genannten Punkten soll Kartierung der theoretischen und bekannten Determinanten der Vektorverteilung und

Intensität sowie verschiedener vektorspezifischer Variablen bei der Identifizierung von Brennpunkten („hot spots“) und damit von Schwerpunkten für Feldstudien helfen.

6. Satellitentechnologie sollte als Mittel zur Kartierung der Verbreitung und der Klimaabhängigkeit der VAE in europäischem Maßstab dienen.
7. Zusätzlich zu der Erforschung der Verteilung und der Biologie der VAE sollte die Forschung sich auf Präventions- und Warnsysteme, die finanzielle Belastung durch VAE und Voraussagen konzentrieren.

Es erscheint dringend notwendig, diese Untersuchungen in Deutschland unverzüglich zu beginnen,

1. um nicht plötzlich von Krankheitsausbrüchen oder gar Epidemien vektorassozierter Erkrankungen überrascht zu werden und
2. um die Informationslücken die zwischen der Bundesrepublik Deutschland und einigen Nachbarländern bezüglich der vektorassoziierten Krankheiten bereits bestehen, unverzüglich zu schließen!

Summary

Numerous parasites (in this context: animal pathogens), but also viruses and bacteria are being transmitted to humans and reservoir hosts by **ectoparasitic arthropods**. These ectoparasites are therefore less important in respect to being pathogens, but being potential **pathogen carriers** (vectors), they play a prominent role in the epidemiology of many important diseases. Due to the fact that these are cold-blooded animals, a considerable degree of dependence on **environmental factors** exists. Here climatic and microclimatic conditions play a major role. It is therefore to

be expected that climatic changes will especially influence the bionomics of vectors and the pathogens they transmit.

Recently it has been shown that **climatic changes are the cause for emerging or re-emerging diseases**. Only few scientists doubt that global warming has not taken place. Therefore, the European Commission has initiated a program to examine the consequences (ENRICH: European Network for Research In Global Change). The second workshop in February 2002 in Lisbon also incorporated the topic of vector-borne diseases, (VBD) in respect to the climatic aspect. In the year 1999 the World Health Association (WHO) had already initiated a meeting in London on: " Early human health effects of climate change and stratospheric ozone depletion in Europe".

There it was claimed that world climate changes in an unparalleled way. Changes in the spread and behaviour of insect and bird species demonstrated that biological systems already react to these climate changes. **It is generally recognised that that the climate has a great influence on the temporal and spatial distribution of vectors and pathogens**. Theoretically one would expect that climate changes would also cause modifications of the geographical distribution, the seasonal rise and incidence of VBD. The allocation of such change to the climatic change, which can be derived from it, uncovers that of increasing importance for science. **Literature studies have shown that a clear proof for the influence of (already observed?) climate change on vector-associated diseases such as malaria, dengue, leishmaniasis and tick-borne encephalitis is still missing**. Experiments on the registration of these phenomena have to be made, as for example frequent collection of vectors over a long period of time and to register the distribution of vectors in complete width and height along a transect in order to obtain convincing data about the influence of the climate change.

The meaning of **vector** is defined in various ways. In this context a disease carrier (vector) is a parasitic arthropode, an insect, a tick or mite, which during a bloodmeal takes up pathogens, and these pathogens obligatory multiply or at least undergo further development within the vector. Vectors which do not take bloodmeals from humans but contaminate human environment and food with pathogens and in this way cause infections can be put in a group of so-called **germ carriers**. The §2 of the German infection protection law states that an animal health hazard "is an animal which can transmit pathogens to humans". This definition includes vectors in the widest sense. The starting point for many vector diseases are infected animals.

Diseases, which have their natural **reservoir** in animals and can be transmitted to humans, can be called a **zoonosis**. According to Faulde and Hoffmann (2001) of 24 arthropod- or rodent-transmitted diseases are endemic in Germany, 13 are transmitted by hard ticks, five by rats and mice, three by mosquitoes and one by body lice. The occurrence of nine further infectious diseases should be taken into consideration, of which four could be transmitted by hard ticks, four by mosquitoes and one by flees. During the time period of this report not all vectors could be studied to the same extent. Mainly mosquitoes (**Culicine**), sandflies (**Phlebotomine**), and ticks (mainly **Ixodides**) were examined.

Blackflies (**Simulium**), biting midges (**Culicoides**), flees (**Siphonaptera**) among others as potential pest carriers; bugs (**Heteroptera**), lice (**Phthiraptera**) among others typhus fever carriers; **flies, mites**, as well as **rats** and **mice**, were examined

less intensively . These vectors or reservoir hosts (mainly for zoonoses) should also be studied as soon as possible.

Today pathogens reach Germany due to animal trading and infected people. The import risk seems to be especially great in respect to viruses, which are associated with migratory birds which during their travels come in contact with vectors that are domestic in settlement areas (e.g. the Sindbis- and West Nile Virus). Neither the distribution of viruses transmitted by mosquitoes nor the vectors are therefore permanent. Both can distribute themselves and become established in new areas where they infect the same or new hosts and are responsible for animal reservoirs. In the case that such pathogens cause a zoonosis and are difficult to diagnose in respect to the clinical symptoms, they can locally circulate unnoticed between birds and mammals for a long time without initially causing diseases in humans, or a diagnosis is impossible. **A lot of important data is still missing in order to be capable of explaining such cycles in Germany**, for example about the distribution of warmth-loving ticks or the distribution of many mosquito species, which may transmit viruses. **Due to these preconditions one cannot easily predict outbreaks, endemics and epidemics.**

Changes which influence vectors and the pathogens these transmit are among others, changes in settlement behaviour (settle in natural biotopes), the recreational behaviour (increasing contact with nature), modified agricultural uses, and last but not least **climate changes**. For the past few decades reliable data is available. The temperature in Germany is clearly increasing. The linear trend for the last 133 years (1866 – 1998) is an increase of +1°C and is therefore greater than the mean global temperature rise (+0.6 °C). As a consequence one can already observe the changes in nature: flowers bloom earlier, trees and bushes sprout earlier and change their colour later in the year, singing birds stay longer and hence their behaviour changes. The distribution tendency towards the north and changes in the life cycle of insects and birds has also been observed in other European countries. **Under these circumstances it is thought that also vectors and pathogens react upon climate changes. Mosquitoes (Culicine) as vectors:** The most important publication, in which all German Culicines are mentioned (Mohrig,1969), discusses 44 species in detail. It becomes apparent that the various Culicines have very different life styles, which are influenced differently by environment- and climate changes. For the species that hibernate at the larval stage, e.g. the -1°C- January Isotherm is decisive for their distribution since larvae that freeze do not survive. Still a **great deal of data about the biology and ecology of various species is missing**.

Jackson (1999) shows that a detailed knowledge about the distribution of the various species of many mosquito- associated diseases, some with a zoonotic character, is necessary. In the European Mosquito Bulletin 1999 Jackson therefore initiated to begin with the production of a **distribution map of all European mosquitoes**. In Germany, 1927, Schuberg produced until now the only map about "The present and past occurrence of malaria and the distribution of the *Anopheles* mosquitoes in the region of the German Reich". Since Mohrig (1969) there have not been any new detailed descriptions of the mosquito situation. Solely the genus *Anopheles* has gained new interest due to its potential malaria-vector function. The most recent description of the distribution of the genus *Anopheles* was made by Ramsdale and Snow (2000). In this publication all European discovery sites of the 18 now registered species are described.

Precondition for the epidemic and endemic occurrence of a vector-associated disease, is the presence of an ideal, a **competent vector**. A great and sometimes

even decisive role plays the **temperature**. In many cases a minimum temperature is necessary for the development of a pathogen in a vector. **Often there is a positive correlation between the development process and increasing temperature, which however, may not increase higher than the optimum.** The third component is the presence of an infected host, which can infect a vector. Such a reservoir could be humans, wild- or domestic animals (**reservoir hosts!**). Neither the correct number nor the exact distribution of German mosquitoes species are known. There are great gaps in the knowledge of the biology of these species. The already occurred immigration of new, dangerous vector species into Europe shows how important a defined control is. **The distribution of vectors should be known before a pathogen enters the country, in order to execute appropriate countermeasures.**

Table of in Germany* or Europe described pathogens which can be transmitted by Culicines**

Pathogen	Disease Potential	reservoirs in Germany
<i>Plasmodium vivax</i>*	benign tertian malaria (re-emerging fever)	Human
<i>P.malariae</i>*	quartan malaria (re-emerging fever)	Human
<i>P.falciparum</i>**	malignant tertian malaria the most serious form of malaria)	Human
<i>Dengue virus</i>** (Flaviviridae)	Dengue fever	Human, Domestic and Wild Animals
<i>Yellow fever virus</i>** (Flaviviridae)	Yellow fever	Human
<i>Sindbis virus</i>** (Alphaviridae)	Sindbis disease	Wild birds
Semlicki-Forest-Complex-Virus**	Neuropathological disturbances	?
Complex-Virus** (Alphaviridae)	disturbances	
<i>West-Nile-Virus</i> ** (Flaviviridae)	West Nile virus disease	Wild birds, Horses
<i>Batai (Colovo) Virus</i>* (Bunyaviridae)	Batai virus disease	Wild birds
<i>Tahyna Virus</i>* (Bunyaviridae)	Tahyna virus disease	Birds, Lagomorpha among other mammals
<i>Uukuniemi Virus</i>* (Bunyaviridae)	Encephalitis , neuropathological disorders	Forest rodents, Water birds
<i>Dirofilaria repens</i>** <i>D.immitis</i> (Filaria)	Invasion of skin and lungs	Dogs

Malaria: Until after the second world war malaria was found in Germany. Probably most infections of German *Anopheles* were due to *P.vivax*, but also due to *P.malariae*. Shute and Maryon (1955) were able to show that *An.atroparvus* is capable of being infected with these parasites. However, also autotochthonous *P.falciparum* infections occurred in Germany, their origin having not been detected: In Berlin e.g. 22 cases of malignant tertian malaria were reported in 1922, in 1923 there were four more cases (Schuberg 1927). According to Martini (1934,1938a) there was an epidemic at the North Sea with many casualties. **Apparently *P.vivax* and *P.falciparum* caused it. The transmission of malignant tertian malaria pathogens was possible due to the summer having been extremely hot. There were 10000 cases and many casualties.**

If one looks at the potential malaria vectors in the whole of Europe, a different picture is displayed: Next to ***An. sacharovi*, *An. Labrachiae* and *An. atroparvus* of the *An. maculipennis* complex, *An. superpictus* was the most important malaria vector.** All four species could at the time transmit the domestic European pathogens *P. falciparum*, *P. vivax* and *P. malariae* (Jetten and Takken, 1994). Especially ***An. sacharovi*** is a much more effective vector than *An. atroparvus*. **A further distribution of this Mediterranean species to the north would be very dangerous.** A few other species such as *An. claviger*, *An. algeriensis*, *An. Hispaniola* and *An. sergenti*, were only of epidemiological importance for malaria if they were regional or if the population density of the mosquitoes was very high. After decades of the malaria life cycle being broken it is possible that vector competence of various *Anopheles* species has changed, as the example of *An. plumbeus* exhibits, this species was not thought to be a malaria vector in the past.

History shows that Germany used to be a malaria region. Due to **transport and travelling malaria patients** again come into the country, therefore local **outbreaks have to be taken into consideration, as they have already occurred in other European countries.** Hence it would be of great importance to gain knowledge about species which may act as vectors.

Virus infections: A summary of all mosquito species which can be considered as virus carriers in Europe was made by Lundström (1994,1999) and Aspöck (1996). If one would only consider the viruses that definitely occur in Germany these would only add up to a few species. However, since one must think about unnoticed infections of the past and new arising infections of the future, all potential vectors should be summarised: The analysis of the distribution data of the named virus infections and their vectors in Germany and the neighbouring countries has made it clear that the preconditions for infections with all these viruses also exist in Germany. Inexplicable meningitis and encephalitis cases make an investigation of the situation necessary (cf. Gubler 1996 and Dobler 1996).

Filariasis: Human infections with the canine nematodes *Dirofilaria repens* and *D. immitis* in Europe have increasingly been reported. *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* are of special importance in the transmission of these parasites from animals to humans.

Autotochthonous diseases have not been proven to exist in Germany, however, due to the increasing import of dogs from epidemic areas they are expected to occur.

Biting midges (Ceratopogonidae): Since only few investigations on the transmission potential of Ceratopogonids in Germany have been made the mechanism is still unknown: Apparently the human pathogenic Tahyna virus is also transmitted by *Culicoides*. In the USA horse encephalitis virus (eastern equine

encephalitis, EEE) and in China viruses of Japanese encephalitis from *Culicoides* resp. *Lasiohelea* have been isolated. If the human pathogenic virus may also be transmitted is unclear (Service 1980). In the south of Europe one has to consider the possibility of the transmission of the AHSV (African Horse Sickness Virus), **but also with the import of the Rift valley virus**, the former being transmitted by biting midges and in the latter case biting midges are considered as vectors (Mellor and Leake 2000). **Sandflies (Phlebotomines)**: Often literature states that sandflies cannot survive north of the Alps due to climatic factors. Actually it is the 10°C isotherm, which sandflies usually do not cross. In Germany this isotherm lies near Cologne at the time. Since sandflies have been proven to exist in Strasbourg, in the summer of 1999 light traps were distributed in Baden-Württemberg to catch sandflies. In Istein, Neuenburg and Bremgarten along the Rhine valley four sandflies of the species *Phlebotomus mascittii* were caught. This was the **first proof of sandflies in Germany** (Naucke & Pesson 2000). Due to the study in 1999 a more extensive study in 2001 in Baden-Württemberg (in other regions only sporadically) was done to look for sandflies. 117 sandflies at 15 different places were caught. Almost all locations, at which *P. mascittii* were caught in Germany, were in city range and/or internal-village range. At all locations *P. mascittii* was found in socialisation with humans. *Phlebotomus mascittii* must be considered as a vector for visceral (human) leishmaniasis, therefore experimental proof of the vector function is very necessary.

Leishmania: Even though leishmaniasis is mainly found in tropical countries and the south of Europe, various autochthonous cases have been reported in Germany. At the time the nearest focus point of leishmaniasis is Paris (Guilhon 1950; Guilhon et al., 1974).

Phlebotomus mascittii is the sandfly species that was reported in Paris (Lageron & Nitzulescu, 1931).

Due to global warming, especially in central Europe, it is thought that the sandfly species *P. perfiliewi*, the vector of *Leishmania infantum* will distribute itself in northern Europe up to the 49 th degree of latitude. The 49 th degree of latitude goes through Karlsruhe in Baden-Württemberg and through Regensburg in Bavaria, Germany. Furthermore it is probable that the sandfly species *P. perniciosus*, the vector of visceral leishmaniasis, will spread further in Switzerland. In the long run, beginning approximately 2025 it is thought that the climate conditions in England will have reached a level at which sandflies as well *Leishmania* parasites may develop in sandflies (Kuhn, 1999).

At the time it is not thought that in Germany, in upper Bavaria, as well as in Baden-Württemberg, or even along the Rhine river valley up to Cologne (Aachen), there are one (or more) active leishmaniasis foci. Rather it is to be assumed that the canine import from endemic leishmaniasis areas (e.g. Spain) is the cause for the autochthonous appearance of this disease in Germany. If and to which extent domestic foxes and rodents are infected with leishmaniasis is unknown. **The initial step, in order to make a statement about the leishmaniasis situation would be to examine the distribution of sandfly species in Germany.** *P. mascittii* as a vector for phlebovirus serotypes must also be investigated, since *P. mascittii* possesses (at this point unknown parameters), the ability to produce eggs without having had a bloodmeal (autogenous) (Ready & Ready, 1981).

Soft ticks (Argasidae): Tick bites by argasid species mainly lead to an allergic reaction. Until now direct transmission of pathogens has not occurred, therefore they only play a smaller role in Germany.

Hard ticks (Ixodidae): Hard ticks are amongst the bloodsucking arthropods which following mosquitoes, play the most important role in **transmitting viruses, bacteria and protozoa**. To a lesser extent hard ticks are the cause of toxicosis and dermatitis. It is astounding that these pathogens may be transmitted by various hard ticks often even by different genera. This is probably due to them choosing their hosts unspecifically and their varying geographical distribution.

Table of in Germany* or Europe** discovered pathogens which are transmitted by Ixodidae

Pathogen	Disease
TBE virus (<i>Flaviviridae</i>)*	Tick-borne encephalitis
Eyach virus (<i>Coltiviridae</i>)*	Eyach virus fever, Colorado tick fever similar disease (CTF)
Erve virus (<i>Naioviridae</i>)*	Erve virus fever
Tribec virus	Neuropathological disturbances
Meningoencephalitis	?
Lipovnik virus (<i>Reoviridae</i>)*	Meningoencephalitis?
Uukuniemi virus (<i>Bunyaviridae</i>)*	Encephalitis, neuropathological disturbances
Bhanja virus (<i>Bunyaviridae</i>)**	?
<i>Rickettsia slovaca</i> *	Tick spotted fever
<i>Rickettsia conorii</i> **	Mediterranean spotted fever, Old world tick fever, Fievre boutonneuse
<i>Rickettsia helvetica</i> **	?
<i>Coxiella burnetii</i> *	Q-fever
<i>Ehrlichia equi</i>	Horse granulocytic ehrlichiosis, human infections have been reported
Agents of Human granulocytic ehrlichiosis (HGE)*	Human granulocytic ehrlichiosis (HGE)
<i>Ehrlichia canis</i>	Monocytic dog ehrlichiosis, human pathogenicity unclear
<i>Borrelia burgdorferi sensu strictu</i> *, <i>Borrelia garinii</i> *, <i>Borrelia afzelii</i> *, <i>Borrelia valaisiana</i> *	Lyme disease
<i>Francisella tularensis</i>	Tularaemia
<i>Babesia divergens</i> *, <i>Babesia microti</i> *, <i>Babesia bovis</i> , <i>Babesia canis</i>	Babesiosis

Partly the tick species that transmit viruses, bacteria and protozoa in central Europe belong to the endemic tick fauna. However, the other part reach us from warmer climates (animal transports, migratory birds, taking pets along when travelling or bringing new pets into the country). The transmission of infectious diseases has greatly increased in the past 10 years when considering only the endemic tick species. The increasing number of TBE cases shows this. While until the beginning of the nineties only 8 – 23 cases of TBE were registered in Baden-Württemberg, in 1992 there were already 120 cases and in 1994 a maximum of 250 cases was registered. Even after 1994 the number of cases remained high with a mean rate of approximately 100 cases.

Parallel an increasing number of TBE infected ticks was registered. Due to earlier sporadic investigations it was thought that one of 1000 ticks was a vector of the TBE virus. **However, new investigations done by the national public health authorities BW in Stuttgart and by the BgVV in Berlin during the mid-nineties have shown that in endemic areas every 20- 50 th tick is a potential vector of the TBE virus.** Furthermore, it was also exhibited that in areas that were thought to be non-endemic infected ticks were found (0.3 – 0.8%), and these rates were greater than those expected in endemic areas.

Consequently these results show that not only the infection rate of TBE has increased 10-fold but also that the infected ticks are much more widespread than originally thought. During the period of spring to fall 2001 ticks (adults and nymphs of *Ixodes ricinus*) in three different areas of the “Siebengebirge” were collected by a team of the Institute for Medical Parasitology in Bonn. These ticks were then examined by PCR upon an infection with *Borrelia burgdorferi* s.l. At the end of the eighties/beginning nineties an investigation had already taken place in the same area examining the distribution of ticks and their infection rate with *Borrelia* (Kurtenbach & Kampen, 1991). The areas had a different density of ticks and the various plants indicated the correlation between humidity and ground acidity. During the new investigations approximately 50 ticks were examined from each of the areas (Kampen et al., unpublished). The infection rate with *Borrelia* lies at 14.6% (areas with a high tick density), at 6% (areas with a low tick density) and 18% (areas with an average tick density). **This is much higher than shown by the data gained during earlier investigations:** at the time rates were 6.2%, 2.4% and 15.5% (Kurtenbach & Kampen, 1991).

The data for the transmission rate of Lyme disease is now at hand. It was thought that it ranges between 2- 5%. However, newer investigation have exhibited a much greater transmission rate: Out of 3747 ticks which had taken a blood meal from patients 592 (15.8%) were found to be *Borrelia*-positive. 239 patients were followed up and it was shown that 22.6% of these patients showed clinical or serological indications of a new *Borrelia* infection. If one considers the tick infection rate of 30% and the transmission rate of approximately 25%, one can expect that in **areas with high *Borrelia* endemicity every 10 th tick bite will lead to a *Borrelia* infection.**

The infection rate of **Q-fever** seems to decrease. During the forties and sixties the maximum of Q-fever cases was recorded; during those years almost 4000 cases were registered in Germany. Since then the number of cases has apparently greatly decreased. However, it is thought that primarily the attention towards Q-fever diagnostics has decreased. Over the last three years an active investigation revealed several epidemics with 50- 100 patients in Baden- Württemberg. Apparently also in

Hessen the Q-fever problem has increased. This was shown by a group of experts from the local Social Department. The dangers that arise with the import of tick species and the infectious diseases these may carry, can only be estimated at the moment. At present the tick species - *Rhipicephalus sanguineus* – originally brought to Germany from the Mediterranean region has established stable populations in houses. In Germany autochthonous cases of Mediterranean spotted fever (*Rickettsia conorii*) transmitted by *Rhipicephalus* have not yet been described. Still, antibody titres of patients have been recorded in neighbouring countries. It seems only to be a question of time until ***Rickettsia conorii* will be found in Germany.** ***Rickettsia helvetica*** could also be brought into Germany, however, it is much more likely that the pathogen can already be found, this is supposed to be dealt with by the national public health authority in Stuttgart.

Babesia: *Babesia* species and their vectors have been shown to exist in Germany, and the data exhibits that human infections cannot be excluded. Still, the realistic danger babesiosis represents cannot be judged upon since the investigations on the distribution of infected ticks in correlation with changing developmental conditions have only delivered few data.

Characterisation of the influence of vector distribution and vector competence in respect to the climate. The temperature plays the most important role in the developmental process of pathogens and vectors. However, temperatures which are too high may restrain the developmental process. In the case that the temperature rises while the humidity decreases it may occur that the life span of the vector is shortened in such a way that a transmission is made impossible. **A prediction about whether or not an increase in temperature may lead to the spread of a vector borne disease, can only be made once the bionomics of the system components are known.** **Immigration of new species:** In the case that central and northern Europe would develop a similar climate to the Mediterranean, a spread of breeding places of these species must be expected. This would result in e.g. malaria parasites having the possibility of encountering vectors with a greater transmission potential such as *An. sacharovi* and *An. labranchiae*. **The aim of this project was to give a detailed description of all vectors which may transmit pathogens in Germany, however, this could not be done completely. The principal reason was that data about certain areas could either not be found or was several decades old.**

Nevertheless a few pathogens and vectors seem to have a **spreading tendency**, this however, cannot yet be proven with scientific reliability. Presently one can only talk about trends. **The lack of epidemiological data of high quality** obstructs the understanding of the **correlation between climate and disease**. **Nevertheless this data is necessary both as the empirical basis for an estimate of climate influence and also to establish a basis from which abnormal deviations can be detected and to be able to create and evaluate models.** The collection of data **with the help of satellites** by passive or active “**Remote Sensing (RS)**” (Thomson et al., 1996, 1997, Estrada-Pena 1999, Hay and Lennon, 1999) could be helpful. This system allows the collection of data about the development of plants, their density and about the ground. Vector density cannot be measured by RS, but is influenced by similar factors, such as temperature, rain, humidity and altitude. Satellite data can be entered into a geographical information system (“**geographical information system**”, **GIS**) and combined with geographical data such as land topography and

soil types, specified through the “**global positioning system**” (**GPS**) (Menne et al., 2000, Committee on Climate etc., 2001, Bergquist 2001). Satellites sensors and spatial interpolation (**SI**) from meteorological stations can also deliver information about habitats of vectors such as ticks (Glass et al., 1994) or mosquitoes (Hay et al., 1996), which can then be used in empirical-statistical process models or integrated models (Patz et al., 1998, Menne et al., 2000). The role that **risk maps** (Kitron 2000) may play, which are provided on the basis of model computations, must be still examined. Problems which may result due to the available data being not or insufficiently transparent and if the biological and epidemiological data do not correlate with district-borders, has already been referred to by Kitron (2000).

During the third workshop of the European Network for Research in Global Change (ENRICH) the topic (“Climate and Vector Borne Diseases”) was discussed and the following recommendations were given in the workshop documentation:

1. the size and distribution of vector borne disease burden needs to be established at the European scale
2. many of the relationships extolled concerning climate and VBD remain postulated ones; quantification of these is required
3. there is a need for the integration of data from a wide range of studies and the design of systematic monitoring and surveillance programmes
4. as processes at the micro- environmental scale are likely to be important determinants of VBD incidence, VDB field studies that focus at this level are required
5. in relation to the above, mapping of the theoretical and known determinants of vector distribution and intensity and various vector specific variables may aid in the identification of vector hot spots and thus locations for intensive field studies
6. satellite technology should be seriously considered as a tool for mapping the climate and land cover determinants of VBD occurrence at the European scale
7. in addition to research on VBD distribution and biology, research should focus on prevention and warning systems, the financial burden of VBD and prediction.

It seems urgently necessary to begin with these investigations promptly in Germany: in order to prevent sudden occurrences of diseases or even epidemics of vector- associated diseases and in order to immediately close the information gaps about vector-associated diseases which already exist between Germany and several of its neighbouring countries!