



Die asiatische Tigermücke (*Stegomyia albopicta*) breitet sich immer mehr in Europa aus.

INSEKTENSCHUTZ

Wie man das Stichrisiko senkt

Produkte zur Insektenabwehr sind keine Arzneimittel, aber dennoch zulassungsbedürftig. Wirksamkeit und Verträglichkeit müssen nachgewiesen sein.

Mit dem Sommer häufen sich die Fragen von Patienten, die sich auf eine Reise in den Süden vorbereiten wollen. Sie erwarten Ratschläge zu Impfungen und medikamentöser Prophylaxe, fragen aber auch nach Repellents, deren Wirksamkeit und Anwendungsmöglichkeiten.

Ebenso wie Arzneien und Medizinprodukte bedürfen Abwehrmittel gegen Insekten und Zecken, die auf die Haut aufgetragen werden, einer Zulassung. Für die zu den Bioziden zählenden Repellents ist die Bundesanstalt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz zuständig. Diese prüft, ob die Zulassungsvoraussetzungen unter anderem bezüglich der Human- und Umweltverträglichkeit sowie eine hinreichende Wirksamkeit gegeben sind, bevor ein Repellent vermarktet werden kann. Ist eine nationale Zulassung bewilligt, kann für das Produkt eine gegenseitige Anerkennung europaweit beantragt werden.

Mit Inkrafttreten der Verordnung über Biozidprodukte (BPR, EU Nr. 528/2012) ist ab September 2013

auch eine europaweite Unionszulassung möglich, die bei der European Chemicals Agency in Helsinki beantragt wird. Zurzeit werden die folgenden Wirkstoffe in topischen Abwehrmitteln eingesetzt: DEET, Icaridin, EPAAB und PMD, sowie die Fettsäuren Caprin- und Laurinsäure. Richtig angewendet können Repellents das Stichrisiko um mehr als 75 Prozent senken.

Repellents wirken wie ein unsichtbarer Duftmantel

Als Repellent kann eine Substanz nur wirken, deren Dampfdruck beziehungsweise Siedepunkt zwischen 100–300 Grad Celsius liegt, denn erst die Verdunstung von der Haut ermöglicht, dass die Wirksubstanz bei Mücken „ankommt“. So wirken Repellents als ein unsichtbarer Duftmantel, der Insekten abwehrt oder verhindert, dass diese den Geruch eines potenziellen Wirtes wahrnehmen. Wird die Konzentration des Wirkstoffs in der Dufthülle nach einiger Zeit schwächer, wird der Mensch für Mücken wieder wahrnehmbar und damit attrak-

tiv (CO₂, Milchsäure) – es kommt erneut zu Stichversuchen.

Diese „mittlere Schutzdauer“ eines Produkts wird in Standardtests bestimmt und ist oft auf der Packung angegeben. Viele Repellents sind so formuliert, dass sie Mücken während einer mittleren Schutzdauer von bis zu vier, sechs oder acht Stunden abwehren, bei Zecken ist diese Zeit oft erheblich kürzer (bis etwa vier Stunden). Allerdings kann die Schutzdauer individuell variieren und hängt von weiteren Faktoren ab – wie Temperatur, Luftfeuchte, Wind, Schweiß. Die Wirksamkeit europäischer Produkte wird zumeist gegen zwei Mücken getestet: die in Europa verbreitete Stechmücke (Hausmücke) *Culex pipiens* sowie gegen eine tropische Art, meist die Gelbfiebermücke *Stegomyia (Aedes) aegypti*, eine recht aggressive und tagaktive Mückenart.

Die Geruchsorgane der Insekten liegen auf den Antennen. Es sind Sinneshaare, die aus winzigen Ausstülpungen bestehen mit geruchsempfindlichen Zellen (Sensillen), auf denen Rezeptoren liegen, die

Dendriten der olfaktorischen Rezeptorneuronen (odorant receptor neurones, ORN). Bei der Fruchtfliege befinden sich beispielsweise etwa 1 200 solcher ORNs auf jeder Antenne, bei Mücken erheblich mehr. Bisher wurden fünf verschiedene Chemorezeptoren auf den Sensillen identifiziert; dies entspricht fünf potenziellen Wirkmechanismen, die weitestgehend ähnlich bei verschiedenen Insektenarten funktionieren, was ähnliche Reaktionen bei den unterschiedlichen Arten bedingt. Auch Zecken verfügen mit dem sogenannten Haller'schen Organ in den vorderen Tarsen (distales Segment der Beine) über ein entsprechendes Organ.

Eine höhere Konzentration ist nicht unbedingt wirksamer

DEET: Das 1946 von der US-Armee patentierte N,N-Diethyl-m-toluamid gilt als das wirksamste Repellent und wehrt Mücken, Bremsen, Kriebelmücken, Fliegen und auch Zecken ab. Es gilt daher als Goldstandard. Gegen Läuse, Flöhe, Bienen und Wespen ist DEET hingegen nicht oder weit weniger wirksam. In Europa werden Mittel mit Konzentrationen zwischen zehn und 30 Prozent DEET angeboten; in den USA sind auch erheblich höher konzentrierte Produkte erhältlich.

DEET ist das Mittel der Wahl für den Einsatz in den Tropen. Schon länger als 50 Jahre auf dem Markt (und milliardenfach eingesetzt), wurden schwere Nebenwirkungen bei weniger als 50 Personen beschrieben, wobei viele hiervon auf unsachgerechte Anwendung zurückzuführen waren. DEET ist schleimhautreizend, wird dermal resorbiert und kann unerwünschte Wirkungen auf das Nervensystem entfalten (zum Beispiel Parästhesien); in wenigen Fällen wurden Krampfanfälle beschrieben.

Bei entsprechender Disposition sollte von großflächigem Auftragen (> 20 Prozent der Körperoberfläche) abgeraten werden, besonders bei Personen, die Hautpflegemittel verwenden, welche die dermale Aufnahme begünstigen (zum Beispiel harnstoff- oder salizylathaltige Mittel). DEET kann die Haut reizen

und löst Kunstfasern an, wie sie in Brillenbügeln oder Uhrenarmbändern enthalten sind. In Schwangerschaft und Stillzeit wird von der Anwendung abgeraten, ebenso bei Kindern unter drei Jahren.

Icaridin: Icaridin (auch Picaridin; 1-(1-Methylpropyl Carbonyl)-2-(2-hydroxyethyl)piperidine wird meist in Produkten mit zehn Prozent bis 20 Prozent Wirkstoff angeboten und verfügt über ein ähnliches Wirkspektrum und -dauer wie DEET, zählt also zu den „tropentauglichen“ Wirkstoffen. Icaridin wird dermal in geringerem Ausmaß resorbiert als DEET und ist hautverträglicher als dieses; auch greift es keine Kunststoffe an. An Kleinkindern unter zwei Jahren sollten icaridinhaltige Produkte nicht angewendet werden; Einschränkungen für Schwangere und Stillende bestehen hingegen nicht.

EBAAP: Die Wirkdauer von Ethylbutylacetylaminopropionat (EBAAP, IR 3535) ist zwar um einiges kürzer als bei DEET und Icaridin, es ist aber auch gegen Wespen, Bienen und Sandmücken wirksam. Seine dermale und orale Toxizität ist geringer als bei DEET und Icaridin. Aufgrund der guten Verträglichkeit (bisher sind in 20 Jahren des Gebrauchs keinerlei Nebenwirkungen bekanntgeworden) wird es besonders in den gemäßigten Breiten eingesetzt. Es wird in Konzentrationen zwischen zehn bis 20 Prozent angeboten, und sollte bei Kindern erst nach dem ersten Lebensjahr angewendet werden.

PMD: Es gibt kaum pflanzliche Wirkstoffe, deren Wirksamkeit an die der konventionellen Mittel herankommt. Citridiol (p-menthane-3,8-diol [PMD]) aus dem ätherischen Öl einer in China beheimateten Eukalyptusart (*Eucalyptus maculate citriodon*) ist ein solches. Die Produkte enthalten allerdings synthetisches PMD, für das eine Zulassung als biozider Wirkstoff beantragt ist. Es ist in seiner Wirkung und guten Verträglichkeit dem Icaridin vergleichbar. PMD wird häufig mit anderen Wirkstoffen kombiniert. Leider gibt es bisher nur wenige toxikologische Studien, und PMD sollte deshalb nicht

bei Kindern unter drei Jahren angewendet werden. In Kanada wird PMD als Alternative für Personen empfohlen, die gegen die konventionellen Wirksubstanzen allergisch sind.

Fettsäuren: Von einigen gesättigten Fettsäuren sind gute insekten- und zeckenabwehrende Wirkungen bekannt: zum Beispiel von Kokosfett-, Caprin- und Laurinsäure. Zwar ist die Wirkdauer kürzer als bei Produkten mit konventionellen Wirkstoffen, sie sind aber aufgrund ihrer guten Hautverträglichkeit auch für die Anwendung bei Kindern und Babys geeignet. Manche Fettsäuren, zum Beispiel Laurinsäure, verfügen ebenfalls über eine Wirkung gegen Zecken. Letztere ist als Abwehrmittel gegen Zecken marktfähig.

Auch erhältlich im Handel sind Produkte, die durch Verdampfung von Wirkstoffen Insekten für mehrere Stunden fernhalten. Für solche Elektro-Verdampfer werden Kurzzeit-Pyrethroide eingesetzt, die als Kontaktgifte insektizid wirken und Insekten aufgrund ihrer toxischen Wirkungen fernhalten. Meist kommen hier mit Wirkstoff getränkte Plättchen zum Einsatz, die in ein Heizelement eingelegt werden, welches in eine Steckdose gesteckt wird. Die Wirkstoffe verdampfen so in die Raumluft und bieten bei einer Wirkungsdauer von acht bis zwölf Stunden für eine Nacht Schutz.

Allerdings sind die Wirkstoffe schleimhautreizend und nicht unproblematisch für sensible Personen, so dass sie nur in Endemiegebieten oder während einer Mückenplage eingesetzt werden sollten. In manchen tropischen Ländern sind Räucherspiralen gebräuchlich, die ebenfalls (zumeist) ein Pyrethroid enthalten und ähnlich wie Elektroverdampfer wirken.

Imprägnierte Bettnetze verursachen „heiße Füße“

Imprägnierte Bettnetze: Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt in den Tropen Bettnetze mit Insektiziden zu imprägnieren, und zwar mit einem schwerflüchtigen Langzeit-Pyrethroid (Deltamethrin, α -Cypermethrin, λ -Cyhalothrin; Etofenprox,

Permethrin). Solche Long-lasting Insecticidal Mosquito Nets (LLINs) werden seit langem in Afrika zur Malariaphylaxe eingesetzt. Sie schützen auch vor anderen Insekten und sollten, je nach Größe der im Einsatzgebiet vorkommenden Arten, eine Maschenweite von ein bis 1,2 Millimetern haben; zum Schutz gegen Sandmücken sollte die Maschenweite 0,6 mm betragen.

Mücken, die hier zur Landung ansetzen wollen, bekommen dabei buchstäblich „heiße Füße“. Dieser sogenannte hot feet effect hält sie davon ab, auf behandelten Oberflächen zu landen. Auch derart präparierte Kleidung ist für den Outdoorbereich erhältlich. Vor allem als Schutz gegen Zecken wird Permethrin immer wieder erwähnt.

Alternativmethoden: Arm- und Halsbänder sowie elektrische Ultraschallgeräte, die Mücken akustisch vertreiben sollen, gelten als wirkungslos. Sogenannte Lichtfallen (UV-Fallen) elektrotötieren Mücken, locken aber auch Nützlinge an, die dann ebenso getötet werden. Andere Gerüche, wie ein durch Vitamin B1 oder Knoblauch veränderter Körpergeruch, sollen bei einigen Insekten Wirkungen zeigen; Studien konnten aber bisher keine ausreichende Wirkung nachweisen.

Verhaltensregeln: Grundsätzlich muss man zwischen einer Anwendung in gemäßigten Breiten und in Risikogebieten unterscheiden: Während hierzulande Mückenstiche (zumeist) nur unangenehm sind, stellen sie in (sub)tropischen Ländern eine ernst zunehmende Gefahrenquelle dar. Auch unterscheiden sich verschiedene Mückenarten durchaus in ihrem Verhalten, ihrer Aktivität als auch der Sensitivität gegenüber Repellents. Für beide Regionen gilt jedoch die Expositionsprophylaxe als das „erste Mittel der Wahl“. Schon das Beachten einiger einfacher Verhaltensregeln ist hilfreich: insbesondere die Wahl geeigneter Kleidung schützt.

Wenn Repellents verwendet werden, sollten sie gleichmäßig auf alle

ungeschützten Hautareale aufgetragen werden. Dieses sollte nach Ablauf der auf der Packung angegebenen Wirkdauer wiederholt werden.

Wer Sport treibt, sollte beachten, dass Mücken von Schweißgeruch angezogen werden; die Schutzdauer



Foto: Stephen Doggett

kann dann also kürzer sein. Aus demselben Grund vermindert abendliches Duschen die Gefahr von Insektenstichen. Bei gleichzeitiger Verwendung von Sonnencreme sollte das Repellent erst circa 20 Minuten später aufgetragen werden.

Die Expositionsprophylaxe hat bei Kindern hohen Wert

Von besonderer Bedeutung sind Abwehrmaßnahmen für spezielle Risikogruppen wie kleine Kinder. Für „den Freizeitgebrauch“ in gemäßigten Breiten Europas sollten zuallererst passive Schutzmöglichkeiten ausgeschöpft und Verhaltensregeln beachtet werden. Bei zwei Wirkstoffen (DEET, PMD) wird die Anwendung bei Kindern hier erst ab drei Jahren empfohlen (eTabelle 2).

Während eines Aufenthaltes in einem Risikogebiet für Malaria oder Dengue kommt der Expositionsprophylaxe große Bedeutung zu. Neben der Verwendung von Moskitonetzen kann dort nicht auf chemische Repellents verzichtet werden. Entsprechend müssen die auf Risiko-Nutzen-Bewertungen begründeten Empfehlungen der Tropenmediziner anders ausfallen als die Empfehlungen der Hersteller für den

Zwei Mückenlarven (Culex) mit endständigem Atemrohr hängen durch die Adhäsionskraft des Wassers an Oberflächen stehender Gewässer. Ihre natürlichen Feinde sind Stichlinge, Goldfische und Karpfen.

Gebrauch in Europa. So empfiehlt die US-amerikanische Academy of Pediatrics bei einem Aufenthalt in Risikogebieten die Verwendung von Repellents (wie DEET, Icaridin, Öle) ab einem Alter von zwei Monaten, die kanadische Gesundheitsbehörde sowie die britischen und französischen Tropenmediziner ab sechs Monaten. Die Häufigkeit der Anwendung als auch die maximale Wirkstoffkonzentration, insbesondere von DEET, werden hierbei unterschiedlich diskutiert (eTabelle 1).

Ausblick: Die Ausbreitung vektorgebundener Infektionen in nördlichen Regionen erscheint inzwischen wahrscheinlich („emerging infectious diseases“). Die Zunahme des Auftretens einiger Arboviren-übertragender Mücken, zum Beispiel der asiatischen Tigermücke Stegomyia (Aedes) albopictus, (nicht nur) in südlichen Teilen Europas könnte sogar bedeuten, dass mit der Etablierung autochthoner Vorkommen zu rechnen ist. Dies gilt für Dengue, welches in Madeira, Südfrankreich und Kroatien zu Ausbrüchen geführt hat, als auch für Chikungunya (Italien, 2007). Das Vordringen der tagaktiven Tigermücke ins südliche Deutschland ist bereits dokumentiert und wird im Rahmen eines Monitoring-Programms überwacht.

Derzeit ist unser Wissen zur Wirksamkeit von Repellents auf einige vektorkompetente Arthropoden noch lückenhaft. Dies trifft zum Beispiel auf die vermehrt in Europa vorkommenden Sandfliegen zu, die unter anderem Leishmaniose und das Phlebotomus-Fieber (Toskanavirus) übertragen können. Auch die Wirksamkeit von Repellents auf die verschiedenen Zeckenarten muss noch genauer erforscht werden. ■

Dr. med. Sibylle Rahlhenbeck, Berlin

Dr. med. Irmela Müller-Stöver, Universitätsklinikum Düsseldorf, Tropenmedizinische Ambulanz

Dr. Stephen Doggett, Dept. of Medical Entomology, Westmead Hospital, Sydney, Australien

 Literatur: www.aerzteblatt.de/lit2913
eTabellen: www.aerzteblatt.de/131432

LITERATURVERZEICHNIS HEFT 29–30/2013, ZU:

INSEKTENSCHUTZ

Wie man das Stichrisiko senkt

Produkte zur Insektenabwehr sind keine Arzneimittel, jedoch zulassungsbedürftig. Wirksamkeit und Verträglichkeit müssen nachgewiesen sein.

Sibylle Rahlenbeck, Irmela Müller-Stöver, Stephen Dogget

LITERATUR

- Ali A, Cantrell CL, Bernier UR, Duke SO, Schneider JC, Agramonte NM, Khan I: *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) biting deterrence: structure-activity relationship of saturated and unsaturated fatty acids. *J Emd Entomol* 2012; 49: 1370–8.
- American Academy of Pediatricians (AAP). Safety and Prevention: Insect Repellents: www.healthychildren.org/english/safety-prevention/at-play/pages/Insect-Repellents.aspx
- Anonymus. Insect repellents. *Med Lett Drug* 2012; 54: 75–6.
- Antwi F, Shama LM, Peterson R: Risk assessments for the insect repellents DEET and picaridin. *Reg Toxicol Pharmacol* 2008; 51: 31–6.
- Barnard DR, Bernier UR, Posey KH, Xue R: Repellency of IR3535, KBR3023, para-menthane-3,8-diol, and DEET to Black Salt Marsh Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Everglades National Park. *J Med Entomol* 2002; 39: 895–9.
- Barnard DR, Xue RD: Laboratory evaluation of mosquito repellents against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus*, and *Ochlerotatus triseriatus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 2004; 41: 726–30.
- Becker N, Geier M, Balczun C, et al.: Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany: July to October 2012. *Parasitol Res* 2013; DOI 10.1007/s00436-012-3230-1
- Birkett MA, Hassanali A, Hoglund S, Petersson J, Pickett JA: Repellent activity of catmint, *Nepeta cataria*, and iridoid nepetalactone isomers against Afro-tropical mosquitoes, ixodid ticks and red poultry mites. *Phytochem* 2011; 72: 109–14.
- Bohbot JD, Fu L, LE TC, Chauhan KR, Cantrell CL, Dickens JC: Multiple activities of insect repellents on odorant receptors in mosquitoes. *Med Vet Entomol*. 2011; 25: 436–44. doi: 10.1111/j.1365-2915
- Bohbot JD, Dickens J: Insect repellents: Modulators of mosquito odorant repellent activity. *PLoS One* 2010; 5: e12138.
- Burt F, Rolph M, Rulli N, et al.: Chikungunya: a re-emerging virus. *The Lancet* 2012; 379: 662–71.
- Carroll JF, Benante JP, Kramer M, Lohmeyer KH, Lawrence K: Formulations of deet, picaridin, and IR3535 applied to skin repel nymphs of the lone star tick (Acari: Ixodidae) for 12 hours. *J Med Entomol* 2010; 47: 699–704.
- Centers for Disease Control. Protection against Mosquitoes, Ticks, & Other Insects & Arthropods, 2013: wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2012/chapter-2-the-pre-travel-consultation/protection-against-mosquitoes-ticks-and-other-insects-and-arthropods.htm
- Chen T, Burczynski F, Miller D, Gu X: Percutaneous permeation comparison of repellents picaridin and DEET in concurrent use with sunscreen oxybenzone from commercially available preparations. *Pharmazie* 2010; 65: 835–9.
- Chiodini P, Hill D, Lalloo D, Lea G, Walker E, Whitty C, Bannister B: Guidelines for malaria prevention in travellers from the United Kingdom 2007. Abgerufen 29. 01. 2013 von: www.hpa.org.uk/HPAwebHome/
- Committee to Advise on Tropical Medicine and Travel of Canada: Statement on personal Protective Measures used to Prevent Arthropod Bites. *Canada Communicable Disease Report*, Vol 38; Nov., 2012.
- Corbel V, Stankiewicz M, Pennetier C, Fournier D, Stojan J, Girard E, Dimitrov M, Molgo J, Hougard JM, Lapied B: Evidence for inhibition of cholinesterase in insect and mammalian systems by the insect repellent deet. *BMC Biology* 2009; 7: 47.
- Danis K, Papa A, Papanikolaou E, et al.: Ongoing outbreak of West Nile virus infection in humans in Greece, July–August 2011. *Euro Surveill* 2011; 16, 34, abgerufen 31. 01. 2013 von: www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19951
- Deutsche Tropenmedizinische Gesellschaft. Expositionsprophylaxe Zugriff am 22. 01. 2013 auf: www.dtg.org/238.html
- Ditzen M, Pellegrino M, Vosshall LB: Insect odorant receptors are molecular targets of the insect repellent DEET. *Science* 2008; 319: 1838–4.
- Djogbenou L, Pasteur N, Akogbéto M, Weill M, Chandre F: Insecticide resistance in the *Anopheles gambiae* complex in Benin: a nationwide survey. *Med Vet Entomol* 2011; 25: 256–67.
- Epstein HE: Repelling insects with safe and effective alternatives to DEET. *Skin* 2012; 10: 36–9.
- European Union. Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of Feb 16, 1998 concerning the placing of biocidal products on the market. Off J EU, L 123/1–63, abgerufen am 3. 3. 2013 von: eur-lex.europa.eu/.../LexUri-Serv.do?uri=OJ:L.
- European Union. Regulation (EU) No 528/2012 of the European Parliament and of the Council of 22 May 2012 concerning the making available on the market and use of biocidal products. Off J EU, Vol 55, L 167, 1–123, abgerufen 1. 2. 2013 von: eur-lex.europa.eu/JOHtmL.do?uri=OJ:L:2012:167:SOM:EN:HTML
- Fradin MS, Day JF: Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. *NEJM* 2002; 347: 13–8.
- Fradin M: Insect Protection. In: *Keystone J, Kozarsky P, Freedman D, Nothdurft H, O'Connor B (eds): Travel Medicine, 2nd ed., Elsevier 2006.*
- Gjenero-Margan I, Aleraj B, Krajcar D, Lesnikar V, Martic R, Pem-Novosel I, et al.: Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2011. *Euro Surveill* 16.
- Goodyer LI, Asley MC, Frances SP, et al.: Expert review of the evidence base for arthropod bite avoidance. *J Tav Med* 2010; 17: 182–92.
- Grant AJ, Dickens JC: Functional characterization of the octenol receptor neuron on the maxillary palps of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti*. *PLoS One* 2011; 6: e21785.
- Halle EA, Dahanukar A, Carlson JR: Insect odors and taste receptors. *Ann Rev Entomol* 2005; 51: 113–35.
- Hayes EB: Looking the other way. *Trav Med & Inf Dis* 2010; 8: 277–84.
- Hexsel CL, Bangert SD, Hebert AA, Lim HW: Current sunscreen issues: 2007 Food and Drug Administration sunscreen labeling recommendations and combination sunscreen/insect repellent products. *J Am Acad Dermatol* 2008; 59: 316–23.

33. Hill N, Lenglet A, Arnéz AM, Carneiro I: Plant based insect repellent and insecticide treated bed nets to protect against malaria in areas of early evening biting vectors: double blind randomised placebo controlled clinical trial in the Bolivian Amazon. *BMJ* 2007; 335: 1023.
34. Hoop Stocker RS, Walser K: Repellents. *Paediatrica* 2005; 16: 45–6, abgerufen am 03. 03. 2013 von: www.swiss-paediatrics.org/de/paediatrica/vol16/n3
35. INCHEM International Programme on Chemical Safety: DEET, abgerufen von: www.inchem.org/documents/pims/chemical/deet.htm
36. Katz TM, Miller JH, Hebert AA: Insect repellents: historical perspectives and new developments. *J Am Acad Dermatol* 2008; 58: 865–71.
37. Kongkaew C, Sakunrag I, Chaiyakunapruk N, Tawatsin A: Effectiveness of citronella preparations in preventing mosquito bites: systematic review of controlled laboratory experimental studies. *TM &H* 2011; 16: 802–10.
38. Koren G, Matsui D, Bailey B: DEET-based insect repellents: safety implications for children and pregnant and lactating women. *CMAJ* 2003; 169: 209–12. Abgerufen am 03. 01. 2013 von: www.cmaj.ca/content/169/3/209.full
39. La Roche, G Souares Y, Armengaud A, Peloux, Peiot F, Delaunay P, Després P, et al.: First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. *Euro Surveill*; 2010; 15(39): pii=19676; <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19676>
40. Licciardi S, Herve JP, Darriet F, Hougard JM, Corbel V: Lethal and behavioural effects of three synthetic repellents (DEET, IR3535 and KBR 3023) on *Aedes aegypti* mosquitoes in laboratory assays. *Med Vet Entomol* 2006; 20: 288–93.
41. Loebermann M, Gurtler L, Eichler-Loebermann B, Reisinger E: Neue Viren als bedrohliche Krankheitserreger in Europa. *Dtsch Med Wochenschr* 2012; 137: 900–5.
42. Logan JG, Stanczyk NM, Hassanali A, Kemei J, Santana AE, Ribeiro KA, Pickett JA, Mordue Luntz JA: Arm-in-cage testing of natural human-derived mosquito repellents. *Malar J* 2010; 9: 239.
43. Maguranyi SK, Webb CE, Mansfield S, Russell RC: Are commercially available essential oils from Australian native plants repellent to mosquitoes? *Am J Mosq Control Assoc* 2009; 25: 292–300.
44. Maia MF, Moore SJ: Plant-based insect repellents—a review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal* 2011; 10: S11.
45. McMahon C, Kröber T, Guerin PM: In vitro assays for repellents and deterrents for ticks: differing effects of products when tested with attractant or arrestment stimuli. *Med Vet Entomol* 2003; 17: 370–8.
46. Moore S, Mordue A, Logan J: Insect Bite prevention. *Infect Dis Clin North Am* 2012; 26: 655–73.
47. Müller GC, Junnila A, Kravchenko VD, Revay EE, Butler J, Orlova OB, Weiss RW, Schlein Y: Ability of essential oil candles to repel biting insects in high and low biting pressure environments. *J Am Mosq Contr Ass* 2008; 24: 154–60.
48. Müller GC, Junnila A, Butler J, Kravchenko VD, Revay EE, Weiss RW, Schlein Y: Efficacy of the botanical repellents geraniol, linalool, and citronella against mosquitoes *J Vector Ecol* 2009; 34: 2–8, *Control Assoc* 2008; 24: 154–60.
49. Naucke TJ, et al.: Field evaluation of the efficacy of proprietary repellent formulations with IR3535 and picaridin against *Aedes aegypti*. *Parasitol Res* 2007; 101: 169–7.
50. Nerio LS, Olivero-Verbel J, Stashenko E: Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresour Technol* 2010; 101: 372–8.
51. Osimitz TG, Murphy JV, Fell LA, Page B: Adverse events associated with the use of insect repellents containing N,N-diethyl-m-toluamide (DEET). *Regul Toxicol Pharmacol* 2010; 56: 93–9.
52. Pellegrino M, Steinbach N, Stensmyr MC, Hansson BS, Vosshall LB: A natural polymorphism alters odour and DEET sensitivity in an insect odorant receptor. *Nature* 2012; 478: 511–14.
53. Personal Protection against Vectors Working Groups (Frankreich). Personal protection against biting insects and ticks. *Parasite* 2011; 18: 93–111.
54. Pohlit AM, Lopes NP, Gama RA, Tadei WP, Neto VF: Patent literature on mosquito repellent inventions which contain plant essential oils – a review. *Planta Med* 2011; 77: 598–617.
55. Public Health Agency of Canada. CATMAT Statement on Personal; Protective Measures to Prevent Arthropod Bites. *Can Comm Dis Rep* 2012; 38, abgerufen 03. 03. 2013 von: www.phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr/rmrc/12vol38/acs-dcc-3/index-eng.php
56. Ross E, Savage K, Utlely L, Tebbett I: Insect repellent (correction of repellent) interactions: sunscreens enhance DEET (N,N-diethyl-m-toluamide) absorption. *Drug Metabol Dispos* 2004; 32: 783–5.
57. Qualls WA, Day JF, Xue RD, Bowers DF: Altered behavioral responses of *Sindbis* virus-infected *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to DEET and non-DEET based insect repellents. *Acta Trop* 2012; 122: 284–90.
58. Regnault-Roger C, Vincent C, Arnason JT: Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Ann Rev Entomol* 2012; 57: 405–24.
59. Reutemann P, Ehrlich A: Neem oil: an herbal therapy for alopecia causes dermatitis. *Dermatitis* 2008; 19: E12–5.
60. Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli A, Panning M, et al.: Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region *The Lancet* 2007; 370: 1840–6.
61. Robert Koch Institut: RKI Ratgeber für Ärzte: Malaria, 2013: www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Malaria.html
62. Schempp CM, Schöpf E, Simon JC: Durch Pflanzen ausgelöste toxische und allergische Dermatitis (Phyto-dermatitis). *Hautarzt* 2002; 53: 93–7.
63. Schmidt-Chanasit J, Schmiedel S, Fleischer B, Burchard GD: Importierte Virusinfektionen: was muss ein niedergelassener Arzt wissen? *Dtsch Arztebl Int* 2012; 109(41): 681–92.
64. Sirak-Wizeman M, Faiman R, Al-Jawabreh A, Warburg A: Control of phlebotomine sandflies in confined spaces using diffusible repellents and insecticides. *Med Vet Entomol* 2008; 22: 405–12.
65. Société de Médecine des Voyages et la Société Française de Parasitologie. Protection personnelle antivectorielle. Recommandations. Abgerufen am 4. 1. 2013 von: www.medecine-voyages.fr
66. Sorge F, Imbert P, Moulin F, Laurent C, Banerjee A, Guérin N, Gendrel D, Groupe de Pédiatrie Tropicale: Protection antimoustique chez l'enfant : Recommandations du Groupe de Pédiatrie Tropicale. *Arch Pédi* 2009; 16: 771–3.
67. Stanczyk N, Brookfield JF, Ignell R, Logan JG, Field LM: Behavioral insensitivity to DEET in *Aedes aegypti* is a genetically determined trait residing in changes in sensillum function. *PNAS* 2010; 11; 107: 8575–80.
68. Stiftung Warentest, 2010: Mückenmittel. Abgerufen am 30. 01. 2013 von: www.test.de/Mueckenmittel-Einige-bieten-zu-verlaessig-Schutz-1859225-0/
69. Sudakin DL, Trevathan WR: DEET: A review and update of safety and risk in the general population. *J Toxicol* 2003; 41: 831–9.
70. Syed Z, Leal WS: Mosquitoes smell and avoid the insect repellent DEET. *PNAS USA* 2008; 105: 13598–603.
71. Umweltbundesamt. Biozidprodukte: Schädlingratsgeber 2013. Abgerufen, 3. 3. 2013 von: www.biozid.info/deutsch/schaedlingratsgeber/
72. Umweltbundesamt. Biozidprodukte: Repellenzien, Lockmittel, abgerufen am 03. 03. 2013 von: www.biozid.info/deutsch/biozidprodukte/
73. Unzuverlässig. Anti-Zeckenmittel. *Test* 5/2008; 82–6, abgerufen 03. 03. 2013 von: www.test.de/Mittel-gegen-Zecken-12-von-20-mangelhaft-1672174-0/
74. UK National Travel Health Network and Centre. Insect and Tick Bite Avoidance: www.nathnac.org/travel/misc/travelers_mos.htm
75. US Environmental Protection Agency. Insect Repellents Applied to Human Skin. Product Performance Test OPPTS Guideline No. 810.3700, abgerufen am 03. 03. 2013 von: www.docstoc.com/docs/7861904/8103700-Insect-Repellents-For-Human-Skin-and-Outdoor-Pre-mises
76. US Environmental Protection Agency. Ci-

- tronella Factsheet. Abgerufen am 03. 3. 2013 von: www.epa.gov/opp00001/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-021901_01-Nov-99.pdf
77. Weltgesundheitsorganisation. WHO Specifications and Evaluations for Public Health Pesticides: Icaridin. World Health Organisation abgerufen am 03. 03. 2013 von: www.who.int/whopes/quality/en/
78. Weltgesundheitsorganisation. Guidelines for Laboratory and Field Testing of long-lasting Insecticidal
79. Mosquito Nets. Geneva, World Health Organization, 2005 (WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2005.11; abgerufen am 03. 03. 2013 von: www.who.int/whopes/guidelines/en/)
80. Weltgesundheitsorganisation. Guidelines for efficacy testing of mosquito repellents for human skin. WHO/CDS/NTD/WHO-PES/2009.4; abgerufen am 03. 03. 2013 von: www.who.int/whopes/guidelines/en/
81. Ziemba BP, Murphy EJ, Edlin HT, Jones DN: Protein Sci 2013; 22: 11–21. A novel mechanism of ligand binding and release in the odorant binding protein 20 from the malaria mosquito *Anopheles gambiae*. Protein Sci 2013; 22: 11–21.

eTABELLE 1

Empfehlungen einiger nationaler Gesellschaften zur Stichprophylaxe in Endemiegebieten bzw. den Tropen

Alter	Empfehlung(en)	Anmerkungen	Quelle
Alle	Schützende Kleidung, ggfs. mit Permethrin behandelt.	Zur Zeit ist Permethrin in Europa nicht zur Abwehr (kein Antrag) zugelassen, aber als insektizider Wirkstoff.	Frankreich: Groupe de Pédiatrie Tropicale pour la protection individuelle contre les maladies graves transmises par les piqûres d'arthropodes (Sorge et al. 2009)
6 Mo. bis 1 Jahr	20–30 % Citridiol oder 10–30 % DEET	pro Tag eine Anwendung	
1 bis 2 Jahre	20–30 % Citridiol oder 10–30 % DEET oder 20 % IR 3535	pro Tag bis zu zwei Anwendungen	
2 bis 12 Jahre	20–50 % Citridiol oder 20–35 % DEET oder 20–35 % IR 3535 oder 20–30 % Icaridin	pro Tag bis zu zwei Anwendungen	
> 12 Jahre	20–50 % Citridiol oder 20–50 % DEET oder 20–35 % IR 3535 oder 20–30 % Icaridin	pro Tag bis zu drei Anwendungen	
0 bis 6 Monate	Moskitonetze, mit Langzeit-Pyrethroiden imprägniert	In Risikogebieten, wo kein passiver Schutz möglich ist: bis 10% Icaridin oder DEET	
> 6 Monate	10–20 % Icaridin	1. Wahl für Kinder bis 12 Jahre	Canada: Canadian Committee to Advise on Tropical Medicine and Travel (CATMAT, 2012)
6 Mo. bis 1 Jahr	10 % DEET	2. Wahl: eine Anwendung täglich	
2 bis 12 Jahre	10 % DEET	2. Wahl: bis drei Anwendungen täglich	
> 12 Jahre	bis 30 % DEET; in tropischen Gebieten bis 35 %	pro Tag bis zu drei Anwendungen	
> 12 Jahre	20 % Icaridin		
> 12 Jahre	10 (bis 30 %) Citridiol (PMD)	Alternative für Tropenreisende, „2 nd line“ wenn Icaridin, DEET nicht anwendbar (Allergiker)	
≥ 2 Monate	bis 30 % DEET	für den Gebrauch in den USA	USA, American Academy of Pediatrics (APA, 2012)
Alle	Icaridin, PMD, 2 % Sojaöl	für den Gebrauch in den USA	
ohne Angabe	Stichprophylaxe durch Bekleidung, imprägnierte Bettnetze, Raumsprays, Verdampfer		England, Advisory Committee on Malaria Prevention for UK travelers (ACMP, 2007); nur Malaria-Prävention!
> 2 Monate	DEET bis 50 % (außer Allergiker)		
	PMD Icaridin 20 %	Als Alternative zu DEET	
Schwangere, Stillende	DEET (20 %- bis) 50 %		

eTABELLE 2

Empfehlungen der American Academy of Pediatrics für den Gebrauch von Repellents zum Schutz von Kindern, 2013 (Auswahl)

Repellents nicht an Kindern jünger als 2 Monate anwenden	Langärmelige Kleider bevorzugen, als auch geschlossenes Schuhwerk, Socken, evtl. Kopfbedeckung (breitrandiger Hut)
Repellents nicht von kleineren Kindern selbst auftragen lassen	Kleidung in leuchtenden Farben oder mit Blumenmustern vermeiden, da diese Insekten anziehen
Älteren Kindern beim Auftragen des Repellents helfen	Keine parfümierte Seife, Parfüms oder Haarspray benutzen
Repellents nur auf exponierter Haut und auf Kleidung anwenden (keine Repellents unter der Kleidung anwenden)	Kinder sollten die Nähe von Blumenbeeten, offenen Regentonnen, Abfall- und Mülltonnen meiden
Sprays nie direkt im Gesicht anwenden, sondern auf eigene Hände sprühen, dann im Gesicht des Kindes verreiben, hierbei Augen- und Mundpartien aussparen	Türen, Fenster, Kinderwagen und Babytragen mit Moskitonetzen schützen
Sprays nicht in Innenräumen anwenden; Einatmen eines Sprays verhindern	Nach Zecken-Exposition: Körper auf Zecken untersuchen
Niemals Repellents auf Wunden oder irritierten Hautpartien anwenden	Kinder mit Wasser und Seife waschen, wenn sie von draußen heimkehren
Keine Kombi-Produkte (Sonnenscreme plus DEET) verwenden, da DEET den Sonnenschutzfaktor reduziert	Nach Gebrauch mit Repellents behandelte Kleidung waschen