

Kriterien zur Einschätzung der Effizienz von Stechmücken bei der Übertragung von lymphatischen Filarien

E. Zielke

Einleitung Für die Aufrechterhaltung einer endemischen Filariasis bedarf es einer ausreichenden Übertragung von Filarienlarven. Neben verhaltenssteuernden Merkmalen wie Zoophilie, Anthropophilie, Endophagie und Exophagie sind unter anderem auch weitere art- und stammspezifische Eigenschaften der Vektormücken für die Übertragung von Bedeutung. Häufig untersucht wurde z. B. die Empfänglichkeit von Culiciden gegenüber verschiedenen Filarienarten. Mückenstämme derselben Spezies aber aus verschiedenen geographischen Regionen erwiesen sich dabei gegenüber Filarienarten und -stämmen ebenso unterschiedlich empfänglich wie verschiedene Mückenarten (z. B. 7, 10, 12). Eine nachgewiesene Empfänglichkeit gegenüber Filarien bestärkt zwar die Annahme, daß der untersuchte Mückenstamm auch als natürlicher Überträger fungieren könnte, die Kenntnis der Empfänglichkeit allein gestattet aber nicht, auf die Übertragungseffizienz dieser Mücken zu schließen. Die Übertragungseffizienz charakterisiert die Fähigkeit einer Mückenpopulation, nach einer mikrofilarienhaltigen Blutmahlzeit infektiöse Filarienlarven auf den Endwirt zu bringen. Für die Einschätzung, wie effizient eine filarienübertragende Vektorpopulation ist, sind unter anderem folgende, über die Empfänglichkeitsrate hinausgehende Kenntnisse zur Wechselbeziehung zwischen Vektor und Parasit erforderlich.

Blut- und Mikrofilarienaufnahme Die quantitative Aufnahme von Mikrofilarien durch Stechmücken während einer infektiösen Blutmahlzeit wurde bereits mehrfach untersucht. Bei früheren Experimenten entsprach die in den Mücken gefundene Anzahl von Parasiten teils der erwarteten Menge, die aus Mikrofilariendichte im Spenderblut und der von den Mücken aufgenommenen Blutmenge errechnet wurde. Teils wurde aber auch ein Vielfaches der erwarteten Filarienlarven gefunden (z. B. 4, 8). Neuere Untersuchungen mit genaueren Methoden zur Blutmengenbestimmungen in den Mückenmagen lassen aber erkennen, daß von den verschiedenen Mückenarten zwar von geringfügig bis fast zum Doppelten mehr Mikrofilarien als die erwartete Menge aufgenommen werden (11, 19), ein deutlich Vielfaches der kalkulierten Menge wurde nur noch bei vereinzelt Arten und dann auch nur bei geringer Mikrofilariämie des Blutspenders registriert (1). Ferner konnte nachgewiesen werden, daß Weibchen von empfänglichen wie auch weniger gut empfänglichen oder sogar refraktären Mückenstämmen vergleichbar viele Mikrofilarien während einer infektiösen Blutmahlzeit aufnehmen (19). Der Vorgang der Mikrofilarienaufnahme selbst hat daher praktisch keinen Einfluß auf die spätere Übertragungseffizienz. Die während des Saugaktes aufgenommenen Blutmengen schwanken im Mittel zwischen ungefähr 1 und 4 mg und sind dagegen sicher ein Kriterium, das für die Übertragungseffizienz von Bedeutung ist, da mit der größeren Blutmenge auch mehr Mikrofilarien in die Mücke gelangen.

Reduktion der Wurmlast in den Mücken

In unempfindlichen Mückenpopulationen ist entweder keine oder nur eine abnormale Entwicklung der Filarien ohne Ausreifung von Drittlarven zu beobachten. Diese Culiciden spielen für epidemiologische Fragestellungen keine Rolle. Aber auch bei den Mücken, die als Überträger der Filariasis fungieren, schützen nicht selten Abwehrmechanismen bis zu einem gewissen Grade vor Parasitenbefall. Je nach Mückenspezies sind diese Schutzmechanismen unterschiedlich in der Struktur. Darüber hinaus lassen sich auch Unterschiede in der Wirksamkeit gleicher Mechanismen bei Mückenarten und -stämmen gegenüber Filarienlarven verschiedener Arten oder verschiedener geographischer Herkunft feststellen. Scharfe Schlundzähne, die bei einigen Mücken sogar die Mehrzahl der Mikrofilarien bei der Pharynxpassage töten oder verletzen (z. B. 2) und so den Magenenzymen des Wirtes zugänglich machen, rasche Koagulation des aufgenommenen Blutes im Magen der Mücke einhergehend mit einer Immobilisierung der in den Blutklumpen gefangenen Mikrofilarien, Melanisierung und Einkapselungen von Filarienlarven in Abdomen und Thorax sind die auffälligsten Abwehrscheinungen, die zu einer Reduzierung der Wurmlast in den Mücken in unterschiedlicher Ausprägung beitragen. Die Ergebnisse verschiedener Autoren lassen ferner vermuten, daß bei manchen Mückenstämmen eine Limitierung hinsichtlich der Anzahl zur Entwicklung kommender Filarienlarven gegeben ist. So führten wiederholte Fütterungen von empfänglichen *Culex*-Weibchen an Mikrofilarienträgern mit hoher Parasitendichte zu keiner signifikanten Zunahme von ausgereiften Drittlarven von *Wuchereria bancrofti* im Vergleich mit Mücken, die nur eine infektiöse Blutmahlzeit erhielten (21).

Entwicklung der Filarienlarven

Neben der art- oder sogar stammspezifischen Reduktion der Wurmlast können bei verschiedenen Mückenarten im Laufe der Filarienentwicklung weitere Unterschiede beobachtet werden. Die Ausreifung der Filarienlarven kann z. B. bei einigen hoch empfänglichen Mückenstämmen um einige Tage schneller erfolgen als bei weniger empfänglichen Stämmen derselben Mückenspezies (20). Bei einer Entwicklungsdauer von 12 bis 15 Tagen für z. B. *Wuchereria bancrofti*-Larven sind zwei Tage Unterschied in der benötigten Ausreifungszeit bei einer relativ kurzen Lebenserwartung der Stechmückenweibchen von nur wenigen Wochen bereits ein deutlicher Vorteil, der die Übertragungseffizienz einer Culicidenpopulation beeinflussen kann.

Stechmückenarten unterscheiden sich aber nicht nur hinsichtlich der Reduzierungsmechanismen und der Entwicklungsdauer der sich in ihnen entwickelnden Filarienlarven. Die individuelle Körperlänge der ausgereiften Larven variiert zwar stark, zeigt aber im Durchschnitt auch deutliche Unterschiede, wenn die Würmer in verschiedenen Mückenarten herangewachsen sind (18). Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, daß reife Drittlarven in Stechmückenweibchen mit sehr starkem Filarienbefall im Mittel deutlich kürzer bleiben als in weniger stark befallenen Mücken desselben Versuchs (5, 18). Bisher ist nicht bekannt, ob die Körperlänge von ausgereiften Filarienlarven bei der Übertragung von Bedeutung ist. Möglicherweise sind aber größere und kräftigere Larven kleineren gegenüber beim Übertragungsvorgang, der durch gegenseitige Verdrängung geprägt sein kann, im Vorteil.

Sterblichkeit infizierter Stechmücken

Eine Verminderung des Übertragungspotentials innerhalb einer Culicidenpopulation erfolgt nicht nur durch die Reduktion der aufgenommenen Würmer im Zwischenwirt. Auch die Stechmücken werden durch den Befall mit Filarien nachhaltig geschädigt und viele sterben als Folge der Infestation vor Ausreifung der Wurmlarven (4, 14). Die Sterblichkeit infizierter Mückenweibchen und die damit verbundene Verminderung des Übertragungspotentials ist bei den einzelnen Stechmückenarten und -stämmen unterschiedlich stark ausgeprägt und korreliert nicht selten mit der Stärke des Filarienbefalls. Entsprechend kann die Höhe der Mikrofilarienaufnahme bei einer infektiösen Blutmahlzeit von Bedeutung sein. Mücken mit höherem Blutaufnahmevolumen und ohne ausgeprägte Schutzmechanismen sind stärker gefährdet als solche mit geringer Blutaufnahme und/oder schützenden Schlundarmaturen, wenn es sich um

infektiöse Blutmahlzeiten mit mittel bis hoher Mikrofilariendichte handelt. Gelangen viele unverletzte Wurmlarven in den Magen, ist die Rate der durch die Larven verursachten Darmpenetration sehr hoch, ebenso das Ausmaß der Zerstörung der Thoraxmuskulatur.

Flugwilligkeit und Sauglust infizierter Mücken

Bei Laboruntersuchungen mit filarieninfizierten Mücken fällt auf, daß eine Anzahl von Tieren zwar das infektiöse Alter erreicht, aber flugunfähig oder flugunwillig auf dem Boden oder an den Wänden der Behältnisse sitzt. Untersuchungen hierzu dokumentieren, daß der Anteil der nicht mehr fliegenden Mückenweibchen zum einen von der Mückenspezies (17) und zum anderen von der Höhe der Wurmlast abhängt (6, 13, 17). Die fehlende Flugwilligkeit von Mückenweibchen mit infektiösen Filarienlarven führt zu einer weiteren Verminderung des übertragungsfähigen Wurmmaterials, da die reifen Larven keine Chance erhalten auf einen geeigneten Endwirt zu gelangen.

Werden mit reifen Filarienlarven infizierte Mückenweibchen direkt auf einen geeigneten Blutwirt gesetzt, ist die Bereitschaft Blut zu saugen hoch. Bei kontrollierten Versuchen zur Bestimmung der Bereitschaft von nicht moribunden Mücken 14 Tage nach einer infektiösen Blutmahlzeit erneut Blut zu saugen, konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zu den nicht infizierten Kontrollmücken beobachtet werden (17). Andererseits finden sich in der Literatur Hinweise (3), daß sehr hoch infizierte Mücken die Blutmahlzeit verweigerten. So ist davon auszugehen, daß extrem hohe Befallstärke zu einer Saugunlust des Mückenweibchens führt und entsprechend von dieser Mücke kein Blutwirt angefliegen wird.

Übertragung von Filarienlarven

Der Vorgang der Filarienübertragung durch Stechmücken wurde erst 1973 detailliert beschrieben (9, 15). Danach verlassen die reifen Larven die Mücke während des Saugaktes meist an der Spitze der Rüsselscheide. Diese wird während des Saugvorganges mehr oder weniger stark geknickt und liegt mit der Spitze auf der Haut des Blutwirtes direkt am Einstichkanal. Mit den Filarienlarven zusammen tritt aus der verletzten Rüsselscheide ein kleiner Flüssigkeitstropfen, der auf der Haut des Blutwirtes um die in den Stichkanal eingeführten Mundwerkzeuge der Mücke herum eine mikroskopisch kleine Lache bildet. In dieser Flüssigkeit bewegen sich die Filarienlarven und versuchen bereits während, vor allem aber unmittelbar nach Beendigung des Saugaktes über den Stichkanal in den neuen Wirt zu gelangen. Bedingt durch das äußerst kleine Volumen der ausgetretenen Flüssigkeit, vertrocknet diese sehr schnell. Filarien, denen es nicht gelingt, rechtzeitig in den Stichkanal einzudringen, vertrocknen dann mit der Flüssigkeit auf der Haut des Wirtes.

Nach Kenntnis des Übertragungsmechanismus wurden quantitative Untersuchungen zur Übertragung von *W. bancrofti* durchgeführt (16). Danach scheint die verfügbare aus der Rüsselspitze ausgetretene Flüssigkeit ein wesentlicher, limitierender Faktor zu sein. Es gelingt nur einer bestimmten Anzahl von Filarienlarven in den Endwirt einzudringen, unabhängig davon, wieviele Larven in der Mücke verfügbar sind und wievielen der Austritt aus der Mücke gelingt. Da die Larven vor dem Saugakt normalerweise im Kopf und Stechrüssel, bei starkem Befall auch noch im vorderen Thorax der Mücke verteilt sind, müssen sie während der Blutaufnahme zur Rüsselspitze wandern. Bei größerer Anzahl behindern die Parasiten sich gegenseitig beim Verlassen der Mücke aber auch danach beim Aufsuchen des Stichkanals. Bisher wurde noch nicht untersucht, ob zwischen Mückenarten oder -stämmen Unterschiede hinsichtlich der Penetrierbarkeit der Rüsselscheidenspitze und des Volumens der mit den Filarien austretenden Körperflüssigkeit bestehen. Anhand der bisher vorliegenden Erkenntnisse ist jedoch zu erwarten, daß Mückenweibchen mit geringem Befall effizientere Überträger sind, als Mücken mit hoher Wurmlast. Entsprechend begünstigen möglicherweise Mechanismen, die zu einer Reduktion des Filarienbefalls in einer Mücke beitragen, die Übertragungseffizienz der Culicidenpopulation, sofern eine hohe Mikrofilariendichte bei den Blutspendern vorliegt.

Diskussion Die völlige Ausrottung von filarienübertragenden Stechmückenarten als Maßnahme zur Bekämpfung der Filariasis hat sich bisher praktisch nicht umsetzen lassen. Aus diesem Grund beschränkt man sich heute auf eine Reduzierung der Vektordichte. Kenntnisse zur quantitativen Übertragung von Filarienlarven können die Planung von Maßnahmen zur Bekämpfung des Krankheitserregers erleichtern. Dabei spielt für die Beurteilung der jeweiligen Mückenspezies neben der Empfänglichkeit auch die Übertragungseffizienz eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Empfänglichkeit ist im allgemeinen durch die Rate der infizierbaren Mückenweibchen und der durchschnittlichen Anzahl von reifen Filarienlarven pro infiziertem Weibchen definiert. Die Übertragungseffizienz beschreibt aber letztlich wieviele Infektionsstadien eine Vektorpopulation bei einem existenten Mikrofilarienreservoir produzieren und auf den Endwirt zu bringen vermag. Faktoren wie Entwicklungsgeschwindigkeit, Körpergröße, Beweglichkeit und Virulenz der infektiösen Larven in Abhängigkeit von Mückenarten und -stämmen sind bisher wenig berücksichtigt worden. Aber gerade diese Kriterien zusammen mit den Kenntnissen, in welchem Umfang die Filarieninfestation die Übertragungsfähigkeit der Stechmücken, das heißt Überlebensrate, Flugwilligkeit und Sauglust, beeinflusst, charakterisieren die Übertragungseffizienz einer Vektorspezies.

Zusammenfassung Stechmückenarten unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer Empfänglichkeit gegenüber lymphatischen Filarien, sondern auch in der Übertragungseffizienz. Die Übertragungseffizienz wird durch Kriterien wie Entwicklungsgeschwindigkeit, Körpergröße, Beweglichkeit und Virulenz der Filarienlarven wie auch Überlebensrate, Fluglust und Saugwilligkeit der infizierten Mückenweibchen charakterisiert.

Schlüsselwörter Culiciden, Filarienlarven, Übertragungseffizienz.

Summary *Criteria for the evaluation of the transmission efficiency of culicids for lymphatic filariae*

Vector species for lymphatic filariasis should not only be differentiated by their susceptibility for filarial infection but also by the transmission efficiency. Transmission efficiency is characterized by criteria such as developmental speed, length, motility and virulence of mature filaria larvae as well as survival rate and flying and sucking activity of infectious mosquitoes.

Key words Mosquitoes, filaria larvae, transmission efficiency.

Literatur

1. BRYAN, J. H., SOUTHGATE, B. A. (1988): Factors affecting transmission of *Wuchereria bancrofti* by anopheline mosquitoes. 1. Uptake of microfilariae. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 82, 128-137.
2. BRYAN, J. H., SOUTHGATE, B. A. (1988): Factors affecting transmission of *Wuchereria bancrofti* by anopheline mosquitoes. 2. Damage of ingested microfilariae by mosquito foregut armatures and development of filarial larvae in mosquitoes. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 82, 138-145.
3. BUSE, E. (1978): Experimentelle und quantitative Untersuchungen zur Aufnahme von *Brugia malayi* durch Stechmücken und Übertragung der Infektionslarven auf den Endwirt. Dissertation, Universität Hamburg.
4. CRANS, W. J. (1973): Experimental infection of *Anopheles gambiae* and *Culex pipiens fatigans* with *Wuchereria bancrofti* in coastal East Africa. *J. Med. Ent.* 10, 189-193.

5. HATI, A. K., CHATTERJEE, A., CHOWDHURY, A. B. (1969):
Crowding effect on the growth of filarial larvae (*Wuchereria bancrofti*) inside the insect vector (*Culex pipiens fatigans*).
Bull. Calcutta School Trop. Med. 17, 42-43.
6. HOCKMEYER, W. T., SCHIEFER, B. A., REDINGTON, B. C., ELDRIDGE, B. F. (1975):
Brugia pahangi: Effects upon the flight capability of *Aedes aegypti*.
Exp. Parasit. 38, 1-5.
7. KUHLOW, F. (1976):
Untersuchungen über die Empfänglichkeit von *Culex pipiens* für Infektionen mit *Wuchereria bancrofti*.
Z. Angew. Ent. 82, 50-52.
8. MCGREEVY, P. B. et al. (1982):
Ingestion and development of *Wuchereria bancrofti* in *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles gambiae* and *Aedes aegypti* after feeding on humans with varying densities of microfilariae in Tanzania.
Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg. 76, 288-296.
9. MCGREEVY, P. B., THEIS, J. H., LAVOPIERRE, M. M. J., CLARK, J. (1973):
Studies on filariasis. III. *Dirofilaria immitis*: emergence of infective larvae from the mouthparts of *Aedes aegypti*.
J. Helminth. 48, 221-228.
10. OBIAMIWE, B. A. (1977):
Susceptibility to *Brugia pahangi* of geographical strains of *Culex pipiens fatigans*.
Ann. Trop. Med. Parasit. 71, 367-370.
11. OBIAMIWE, B. A. (1977):
Relationship between microfilarial density, the number of microfilariae ingested by mosquitoes and the proportion of mosquitoes with larvae.
Ann. Trop. Med. Parasit. 71, 491-500.
12. PAIGE, J. P., CRAIG, G. B. (1975):
Variation in filarial susceptibility among East African populations of *Aedes aegypti*.
J. Med. Ent. 12, 485-493.
13. TOWNSON, H. (1970):
The effect of infection with *Brugia pahangi* on the flight of *Aedes aegypti*.
Ann. Trop. Med. Parasit. 64, 411-420.
14. TOWNSON, H. (1971):
Mortality of various genotypes of the mosquito *Aedes aegypti* following the uptake of microfilariae of *Brugia pahangi*.
Ann. Trop. Med. Parasit. 65, 93-106.
15. ZIELKE, E. (1973):
Untersuchungen zum Mechanismus der Filarienübertragung bei Stechmücken.
Z. Tropenmed. Parasit. 24, 32-35.
16. ZIELKE, E. (1976):
Studies on quantitative aspects of the transmission of *Wuchereria bancrofti*.
Tropenmed. Parasit. 27, 160-164.
17. ZIELKE, E. (1991):
Beeinflussung des Saugverhaltens von Culiciden durch *W. bancrofti*-Infestation.
Mitt. Österr. Ges. Tropenmed. Parasit. 13, 111-118.
18. ZIELKE, E. (1991):
Notes on the growth in length of infective *Wuchereria bancrofti* larvae in different mosquito species.
Mosquito-Borne Dis. Bull. 8, 87-90.
19. ZIELKE, E. (1992):
On the uptake of *Wuchereria bancrofti* microfilariae in vector mosquitoes of different susceptibility to filarial infections.
Angew. Parasitol. 33, 91-95.
20. ZIELKE, E. (1992):
On the developmental velocity of *Wuchereria bancrofti* larvae in vector mosquitoes of different susceptibility to filarial infections.
Angew. Parasitol. 33, 226-229.
21. ZIELKE, E. (1992):
Zum Befall mit *Wuchereria bancrofti*-Larven bei unterschiedlich empfänglichen Überträgermücken nach einer zweiten infektiösen Blutmahlzeit.
Mitt. Österr. Ges. Tropenmed. Parasitol. 14, 97-106.

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. E. Zielke
Ruprecht-Karls-Universität
Hygiene-Institut, Parasitologie
Im Neuenheimer Feld 324
D-69120 Heidelberg 1 · Bundesrepublik Deutschland

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Zielke Eberhard

Artikel/Article: [Kriterien zur Einschätzung der Effizienz von Stechmücken bei der Übertragung von lymphatischen Eilarien. 117-122](#)