

BACHELORTHESIS

Verbreitung von Stechmücken als potentielle Überträger vektorbasierter Krankheiten über den internationalen Luftverkehr

vorgelegt am 29. August 2019

Martin Krassa

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Frank Hörmann
 2. Gutachter: Dr. med. vet. Anita Plenge-Bönig, MPH
-

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG

Fakultät Life Sciences

Ulmenliet 20

21033 Hamburg

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG
Hamburg University of Applied Sciences

Verbreitung von Stechmücken als potentielle Überträger
vektorbasierter Krankheiten über den internationalen
Luftverkehr

—
Bachelorthesis vorgelegt von
Martin Krassa
Matrikelnummer: [REDACTED]

Zusammenfassung

Der Zika-Virus-Ausbruch im Jahr 2015 in Brasilien und Französisch-Polynesien hat die World Health Organization veranlasst, für alle Mitgliedsstaaten eine Empfehlung zur Durchführung einer Risikoanalyse in Bezug auf die Verbreitung von Krankheiten über Vektoren, herauszugeben. Diese Bachelorthesis leistet hierzu einen Beitrag, indem sie untersucht, ob und wie in der Passagierkabine von Flugzeugen im internationalen Luftverkehr Stechmücken mitreisen und wenn ja, dort effektiv bekämpft werden.

Nach intensiver Literaturrecherche können kaum aktuelle Daten aus vorhandenen Untersuchungen erhalten und verwertet werden. Aus diesem Grund findet im Rahmen dieser Arbeit eine praktische Studie am Frankfurter Flughafen in Zusammenarbeit mit Lufthansa AG und der Fraport AG statt. Diese legt den Fokus auf die Durchführbarkeit einer Gewinnung von Stechmücken sowie deren Anzahl und Art in gelandeten Flügen aus den Gebieten von Südamerika und Indien, wo vektorkompetente Stechmücken endemisch sind.

Im Studienzeitraum von vier Wochen werden 28 Flugverbindungen untersucht und die Proben in Zusammenarbeit mit dem Institut für Hygiene und Umwelt Hamburg und dem Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin ausgewertet. Die Ergebnisse erlauben erste Rückschlüsse auf die Frage des An-Bord-Kommens von Stechmücken und auf die Anwendung und Wirksamkeit, sowie den Bedarf von Desinsektions-Maßnahmen innerhalb des internationalen Luftverkehrs.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	III
INHALTSVERZEICHNIS	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VI
TABELLENVERZEICHNIS	VIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLAGEN	3
2.1 EMPFEHLUNG DER WORLD HEALTH ORGANIZATION UND DATENLAGE	3
2.2 KRANKHEITEN UND VEKTOREN	4
2.2.1 Zikavirus-Infektion	6
2.2.2 Dengue-Fieber	8
2.2.3 Die Gelbfiebermücke (<i>Aedes aegypti</i>)	10
2.2.4 Asiatische Tigermücke (<i>Aedes albopictus</i>)	13
2.3 DESINSEKTION IN LUFTFAHRZEUGEN	15
2.2.1 Residual Treatment.....	18
2.2.2 Blocks-away Methode.....	18
2.2.3 Pre-flight Methode.....	19
2.2.4 Top of the descent Methode	19
2.2.5 Übersicht der Insektizide	20
3. METHODIK	21
3.1 AUSWAHL DER FLUGVERBINDUNGEN.....	21
3.2 PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG DER STUDIE	27
3.3 PLANUNG DER PROBENAHE INNERHALB DES LUFTFAHRZEUGES.....	31
3.4 DURCHFÜHRUNG DER PROBENAHE.....	35
3.5 ÜBERSICHT DER PROBEN.....	42
3.6 AUSWERTUNG DER PROBEN	44

4. ERGEBNIS DER STUDIE	50
5. BEWERTUNG.....	51
6. FAZIT	53
LITERATURVERZEICHNIS	54
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG.....	62
ANHANG.....	63
ANHANG A – AIRBUS 380-800	64
ANHANG B – BOEING 747-400	65
ANHANG C – BOEING 747-800	66
ANHANG D - DURCH VEKTOREN ÜBERTRAGENE INFektionsKRANKHEITEN WELTWEIT (STAND AUGUST 2019).....	67
ANHANG E - DURCH VEKTOREN ÜBERTRAGENE INFektionsKRANKHEITEN WELTWEIT (STAND JANUAR 2019).....	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit (August 2019)	5
Abbildung 2: Zika-Virus	6
Abbildung 3: Entdeckung und Ausbreitung des Zika-Virus	7
Abbildung 4: Verbreitung von Dengue-Fieber (2002)	9
Abbildung 5: Verbreitung der Gelbfiebermücke (<i>Aedes aegypti</i>)	10
Abbildung 6: Gelbfiebermücke auf der Haut eines Menschen (<i>Aedes aegypti</i>)	11
Abbildung 7: Lehrbuch-Zeichnung Gelbfiebermücke	11
Abbildung 8: Lebenszyklus der Gelbfiebermücke	12
Abbildung 9: Asiatische Tigermücke (<i>Aedes albopictus</i>)	13
Abbildung 10: Zeichnung Tigermücke	14
Abbildung 11: Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit.....	16
Abbildung 12: Airbus A320neo der Lufthansa (LH988, Gate A13)	27
Abbildung 13: Übersicht der Flughafenausweisbereiche Frankfurt.....	28
Abbildung 14: Bereich des Vorfeldes Terminal 1 und 2	28
Abbildung 15: Boeing 747-800 Langstrecke Upper Deck	30
Abbildung 16: Boeing 747-800 Langstrecke Lower Deck mit eigenen Ergänzungen.....	30
Abbildung 17: Hinterer Zugang zu Boeing 747-800	31
Abbildung 18: Economy-Class Boeing 747-800 Lufthansa	32
Abbildung 19: Schematischer Querschnitt durch Passagierkabine.....	33
Abbildung 20: Bereich an der Außenwand Economy Boeing 747-800.....	33
Abbildung 21: Bosch Akkustaubsauger BSS1A114	34
Abbildung 22: Technik- und Bodenfahrzeuge am Gate.....	36
Abbildung 23: Ablaufplan der Beprobung (Boeing 747-800)	37
Abbildung 24: Äußerer linker Bereich der Economy-Class einer Boeing 747-800	38
Abbildung 25: Äußerer rechter Bereich einer Boeing 747-800	39
Abbildung 26: Innerer Bereich einer Boeing 747-800	40
Abbildung 27: Ausbringung von Testmücken (<i>Aedes vexans</i>) in die Probengebiete	41
Abbildung 28: Stechmücken (<i>Aedes vexans</i>) in der Testprobe	41

Abbildung 29: Lupentischlampe (exemplarisch)	44
Abbildung 30: Sicht auf eine Probe unter der Lupentischlampe.....	45
Abbildung 31: Sicht auf Fasern einer Probe unter der Lupentischlampe (zweifache Vergrößerung)	46
Abbildung 32: Überführung von Insektenteilen auf kleine Petrischalen (hier: Testprobe)	47
Abbildung 33: Sicht auf Fasern einer Probe unter der Lupentischlampe (vierfache Vergrößerung).....	47
Abbildung 34: Auflichtmikroskop (beispielhaft Bresser Erudit)	48
Abbildung 35: Sicht durch ein Auflichtmikroskop auf eine Probe.....	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht häufig genutzter Insektizide nach Anwendung im Flugzeug	20
Tabelle 2: Geeignete Flüge	22
Tabelle 3: Geeignete Flüge nach Überarbeitung	24
Tabelle 4: Geeignete Flüge nach Ankunftszeit in Frankfurt	25
Tabelle 5: Finale Planung der zu beprobenden Flüge	26
Tabelle 6: In Frankfurt angepasste Flugliste	29
Tabelle 7: Übersicht der Proben	42

Abkürzungsverzeichnis

BNITM	Bernhard Nocht Institut für Tropenmedizin
bzw.	beziehungsweise
ETA	estimated time of arrival
ETD	estimated time of departure
FRA	IATA Code für Flughafen Frankfurt
HPHC	Hamburg Port Health Center
HPHC	Hamburg Port Health Center (Hafen und Flughafenärztlicher Dienst)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
LH	Lufthansa AG
o.ä.	oder ähnliche(r/s)
o.J.	ohne Jahr
RKI	Robert Koch Institut
RNA	Ribonukleinsäure
vgl.	vergleiche
WHO	World Health Organization
z. B.	zum Beispiel

1. Einleitung

In der heutigen Zeit gehört es zum Selbstverständnis der Menschen, große Entfernungen in kürzester Zeit zu überwinden. Was vor wenigen Jahren noch Tage, Wochen und Monate gedauert hat, wird heute innerhalb wenigen Stunden geleistet. Die Vernetzung der Welt durch Langstreckenflüge mit immer mehr Anschlussverbindungen ist bis heute weit vorangeschritten.¹

Flugzeuge bilden hier die Grundlage dieses Systems. Von den Herstellern für jeden Einsatzzweck optimiert, stellen sie ein gut funktionierendes Transportsystem dar.² Mit großem technischem Aufwand werden heutzutage Menschen, Tiere, Koffer und alle möglichen Formen von Fracht per Flugzeug transportiert.

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass nicht nur Geplantes transportiert wird, sondern auch vieles, das so nicht vorgesehen ist, wie z.B. Vektoren. Beispiele hierfür sind die sogenannte Baggage-Malaria und die Flughafen Malaria durch mitgebrachte *Anopheles*-Mücken oder Virusinfektionen wie die Zika-Erkrankung oder das Denguefieber durch mitgebrachte *Aedes*-Mücken.^{3,4}

Die Überbrückung großer Entfernungen hat nicht nur positive Seiten. Der weltweite Transport innerhalb kürzester Zeit führt zur Aufhebung natürlicher Grenzen und bietet so eine große Zahl an Möglichkeiten für Erreger und ihre Überträger in andere Länder vorzudringen. Diese Gefahr ist bekannt und es bestehen aktuelle Regelungen und Empfehlungen der World Health Organization (WHO), sowie diverse Eigenregelungen einzelner Länder. In Deutschland finden diese sich u. a. im *Gesetz zur Durchführung der Internationalen Gesundheitsvorschriften (2005) und zur Änderung weiterer Gesetze* vom 21. März 2013. In den Vereinigten Staaten von Amerika regelt das United States

¹ Travelbook 2018

² Lufthansa AG 2019a

³ Robert Koch Institut 2015

⁴ Robert Koch Institut 2019b

Department of Transportation bei Inbound-Flügen⁵ in bestimmte Länder die nötigen Maßnahmen. Zusätzlich haben z. B. auch Australien und Neuseeland eigene Richtlinien erlassen.⁶ Die WHO hat 2016 mit Ihrer Empfehlung zur Risikoanalyse bezogen auf den Vektorentransport auf allen Wegen des Transports den Anstoß für weitere Forschungsvorhaben geschaffen.⁷

Die Maßnahmen zur Vektorkontrolle basieren unter anderem auf den Internationalen Gesundheitsvorschriften (IGV)⁸ und Empfehlungen der WHO von 2016.⁹ Publikationen zu dieser Thematik verdeutlichen den immensen Aufwand, der von Flughäfen, Häfen und sonstigen Transportstationen (points of entry, POE) betrieben wird und beziehen sich nicht nur auf das Transportmittel selber, sondern auch auf die Umgebung und sollen so schon im Vorfeld die Einschleppung und die Ausfuhr von Vektoren in andere Länder verringern, so wie es im Annex 5 der IGV beschrieben wird.¹⁰

Es bleibt dennoch die Frage, wie wirksam die beschriebenen Maßnahmen sind, wie sie getestet werden können und wie die Anwendung in der Praxis aussieht. Diese Bachelorthesis soll die Frage beantworten, ob ein systematisches Beprobieren von gelandeten Passagierflugzeugen auf Vektoren machbar ist und ob Stechmücken als mögliche Vektoren in den Passagierraum von Flugzeugen gelangen, über den Luftweg transportiert und im Zielland im Flugzeug entdeckt werden können, wo sie eine Gesundheitsgefahr darstellen könnten. Zudem werden die aktuellen Vektorkontrollmaßnahmen in Flugzeugen dargestellt, bewertet und ein Ausblick in die Zukunft gegeben. Die Studie kann eine Informationsquelle für Fluggesellschaften, Flughäfen und sonstigen im Personentransport tätigen Unternehmen darstellen, sowie die Empfehlungen der WHO ergänzen.

⁵ im jeweiligen Land ankommende Flüge

⁶ Ministry for Primary Industries 2017

⁷ World Health Organization 2016b

⁸ World Health Organization 2016a

⁹ World Health Organization 2016c

¹⁰ World Health Organization 2016a

2. Grundlagen

In den letzten Jahren hat die Möglichkeit weltweit in kurzer Zeit zu reisen die epidemiologische Landkarte verändert. Infizierte Personen können in kürzester Zeit große Entfernungen überwinden. Diese Tatsache hat zu einem Umdenken geführt, die Pandemiebekämpfung nicht mehr in natürlichen Grenzen zu belassen, sondern den expandierenden Reisemöglichkeiten von heute anzupassen.¹¹

2.1 Empfehlung der World Health Organization und Datenlage

Im Detail hat die im April 2016 bei der World Health Organization in Genf, in Folge der Zika-Epidemie, einberufene *Ad-hoc Advisory Group on aircraft disinsection for controlling the international spread of vector-borne diseases* unter anderem die Empfehlung herausgegeben, dass die Mitgliedstaaten eine Risikobewertung in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Einfuhr von Mücken-Vektoren, des Vorhandenseins von Mücken-Vektoren und der Wahrscheinlichkeit, dass infizierte Personen in das Land einreisen, vornehmen und diese für ihre Verfahrensweisen bezüglich der Kontrolle von Vektoren in Flugzeugen und am Boden verwenden sollten.¹² Hier sind vor allem Stechmücken wie die Tigermücke und die Gelbfiebermücke von Bedeutung, da sie Denguefieber und Gelbfieber, aber auch das Zika-Virus übertragen.

Empfehlungen der WHO für zukünftige Forschung sind unter anderem die Klärung der Frage nach den Wegen, auf denen die internationale Ausbreitung von Moskito-Vektoren stattfindet und das Ausmaß, in dem der Flugverkehr zur internationalen Ausbreitung beiträgt.¹³

¹¹ World Organization 2007

¹² World Health Organization 2016b

¹³ World Health Organization 2016b

Zu Letzterem finden sich nur wenige, überwiegend ältere Studien. Die aktuellste mit Durchführung im Luftfahrzeug stammt aus dem Jahr 2014 und bezieht sich auf den Zeitraum 2010 bis 2011. Am Flughafen Schiphol (Niederlande) hat man an nur wenigen Tagen im genannten Zeitraum von zwei Jahren ein Absaugen der Passagierkabine gleich nach der Landung vorgenommen und jeweils nur einzelne lebende Mücken nachweisen können.¹⁴ Die Frage nach toten Mücken, die durch Desinsektion im Flugzeug verendet sind, wird hier weder diskutiert noch beantwortet.

In einer neueren Studie aus dem Jahr 2017 in den Niederlanden werden durch am Flughafen Schiphol längere Zeit aufgestellte Fallen ebenfalls einige lebende Moskitos gefangen.¹⁵ Es wird das Vorhandensein von Stechmücken bestätigt, die Art und Weise wie die Mücken an den Flughafen gekommen sind, wird auch hier nicht bestimmt. Somit zeigt sich in aktuellen Studien immer nur ein Teilaspekt, nie der gesamte Zusammenhang oder der Weg, den die beschriebenen Vektoren genommen haben. Regelmäßige echte Messungen in Flugzeugen aus für die Mücken endemischen Ländern fehlen.

2.2 Krankheiten und Vektoren

Die weltweite Verbreitung von Infektionskrankheiten und Vektoren wird von vielen öffentlichen Stellen in wöchentlichen oder monatlichen Lagedarstellungen verfolgt. Die folgende Übersicht, zeigt die weltweite Lage mit **Stand August 2019** (Abbildung 1).

¹⁴ Scholte et al. 2014

¹⁵ Ibañez-Justicia et al. 2017

Bakterielle, virale parasitäre Infektionskrankheiten weltweit, August 2019

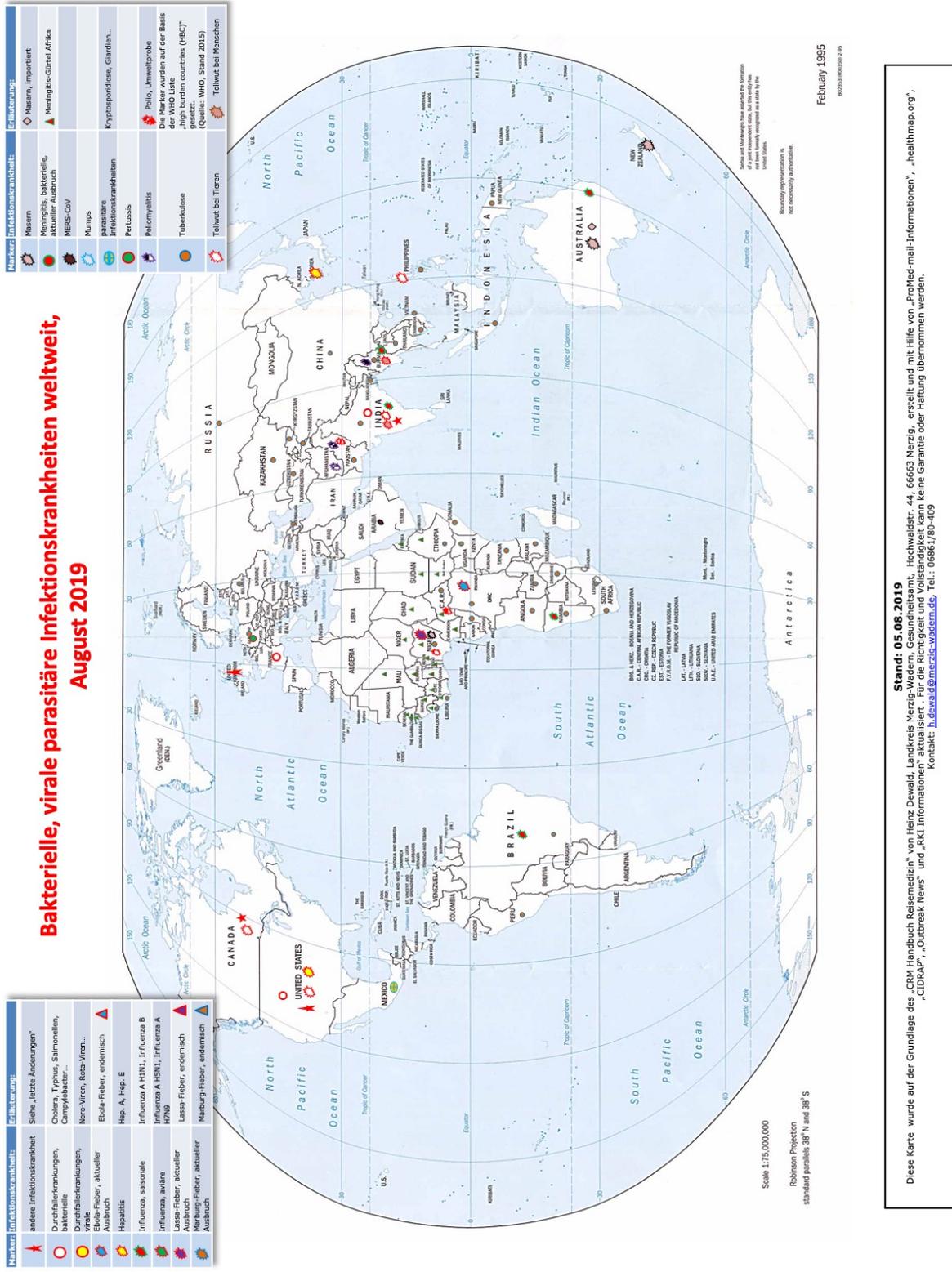


Abbildung 1: Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit (August 2019)¹⁶

¹⁶ Dewald 2019b

Diese Karte wurde auf der Grundlage des „CRM Handbuch Reisemedizin“ von Heinz Dewald, Landkreis Merzig-Wadern, Gesundheitsamt, Hochwaldstr. 44, 66663 Merzig, erstellt und mit Hilfe von „ProMed-mail-Informationen“, „healthmap.org“, „CDIOAP“, „Outbreak News“ und „JKI Informationsdienste“ aktualisiert. Die Richtigkeit und Aktualität der Informationen wird nicht garantiert. Keine Garantie oder Haftung übernommen werden.
 Kontakt: Info@reiseinfo.de, Tel.: 0686/780-409

Die Darstellung aller möglichen Vektoren und Infektionskrankheiten würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten. Daher werden exemplarisch wichtige Vertreter der der Infektionskrankheiten und deren Vektoren, hier im speziellen die Stechmücken, beschrieben.

2.2.1 Zikavirus-Infektion

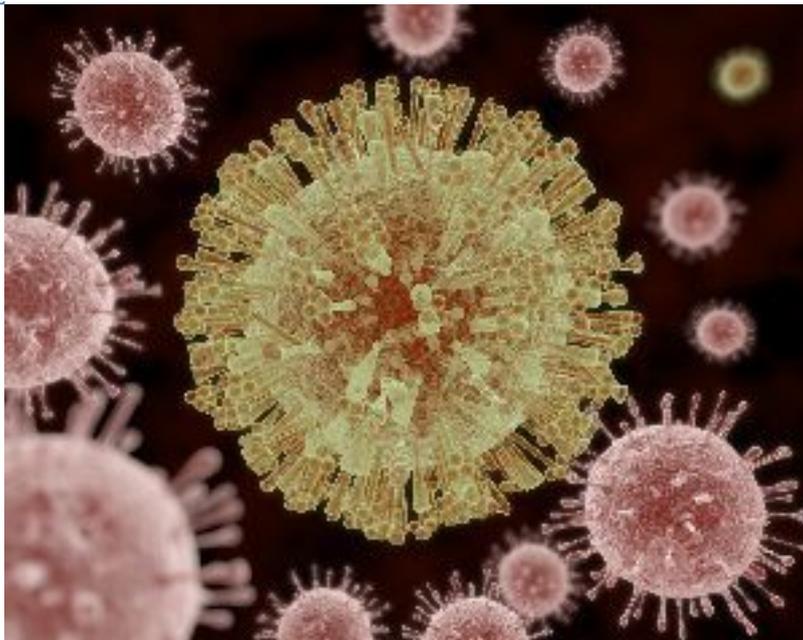


Abbildung 2: Zika-Virus¹⁷

Das Zika-Virus (Abbildung 2) wurde 1947 im Zika-Urwald Ugandas im Blut von dort lebenden Affen entdeckt. Es gehört zu der Familie der Flaviviren. Erste Epidemien traten 2007 in Mikronesien und 2013 in anderen pazifischen Inselstaaten, wie zum Beispiel Französisch-Polynesien, auf. Untersuchungen von archivierten Blutspenden belegen, dass das Zika-Virus durch den internationalen Reiseverkehr in Regionen verbreitet wurde, in denen es vorher nicht nachweisbar war (Abbildung 3).¹⁸

¹⁷ https://tropeninstitut.de/upload_bilder/filemanager/image/sitemanager/plugins/easytables/5548/zika-virus/4768-des-cropper-EawlXq.jpg, Zugriff am 12.08.2019

¹⁸ Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches Ärzteblatt 2016

Entdeckung und Ausbreitung des Zika Virus

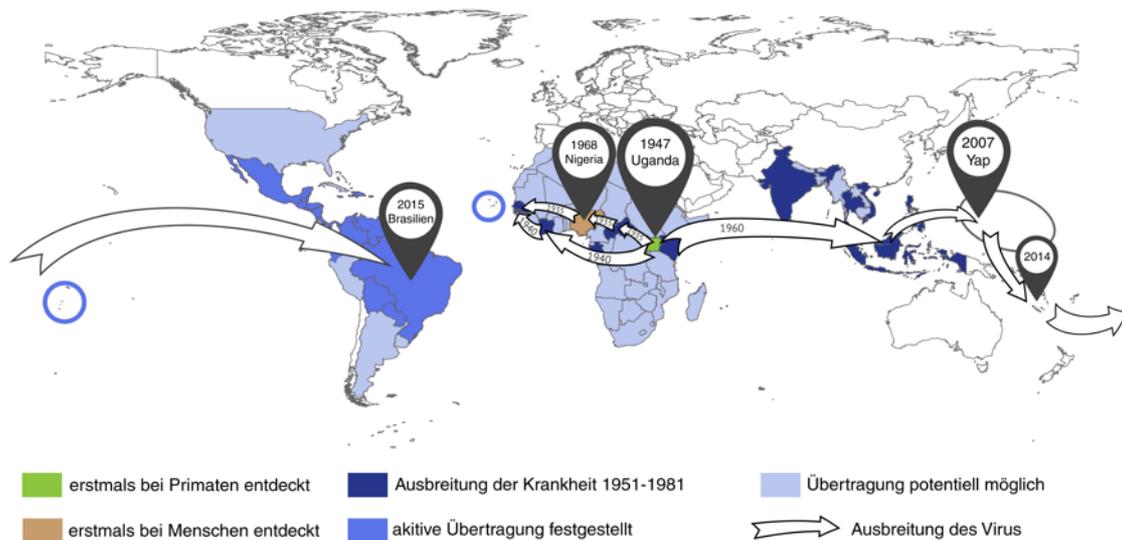


Abbildung 3: Entdeckung und Ausbreitung des Zika-Virus¹⁹

Die Übertragung findet vor allem durch Mücken der Gattung *Aedes* statt. Im Vordergrund steht bisher die Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*) die in den Tropen vor allem tagsüber und in der Dämmerung aktiv ist. Die in tropischen Ländern, aber auch in Europa und vereinzelt in Süddeutschland vorkommende asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) kann ebenfalls das Zika-Virus zu übertragen.

Eine Infektion verläuft mit grippeähnlichen Symptomen, die Inkubationszeit wird mit etwa zwei bis sieben Tage angegeben. Zusätzlich wird von Kopf-, Gelenk- und Muskelschmerzen, sowie Entzündungen der Augenbindehaut berichtet. In Epidemiegebieten treten kurze Zeit danach Fehlbildungen bei Föten und Neugeborenen auf. Häufig handelt es sich um Mikrozephalie mit Hirnfehlbildungen. Im Fruchtwasser und in Föten ge-

¹⁹ https://tropeninstitut.de/upload_bilder/filemanager/image/photos/infografik/zika_karte_tropeninstitut.png, Zugriff am 12.08.2019

fundene Zika-Virus-RNA deutet auf eine kongenitale Infektion hin. Daher sollten vor allem Schwangere die Epidemiegebiete meiden oder sich nach Rückkehr serologisch auf eine Zika-Infektion untersuchen lassen.²⁰

Zu Beginn der Infektion lässt sich das Zika-Virus in Blut und Urin direkt nachweisen, später durch vorhandene Antikörper.²¹ Eine Behandlung nach einer Infektion findet im Rahmen einer Unterstützung der Selbstheilung des Körpers meist innerhalb einer Woche statt. Schmerz- und fiebersenkende Medikamente mit viel Ruhe unterstützen die Heilung. Eine Impfung gegen das Zika-Virus existiert zurzeit nicht.²²

Im Zeitraum von 2016, mit Beginn der gesetzlichen Meldepflicht für Zikavirus-Infektionen, bis 2018 wurden dem RKI in Deutschland 309 gemeldete Fälle bei Reiserückkehrern übermittelt (Datenstand 25.6.2019), wegen der häufigen Symptomlosigkeit ist jedoch auch nach Einführung der Meldepflicht von einer starken Untererfassung aller Zikavirus-Infektionen auszugehen.²³

2.2.2 Dengue-Fieber

Dengue-Fieber tritt in den Tropen und Subtropen aller Kontinente auf (Abbildung 4). Es handelt sich um eine virale Erkrankung, die von zwei Stechmückenarten, der Gelfiebermücke (*Aedes aegypti*) und der Tigermücke (*Aedes albopictus*) übertragen wird. Beim Denguevirus handelt es sich ebenfalls um ein Flavivirus.

²⁰ Centers for Disease Control and Prevention 2014

²¹ Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches Ärzteblatt 2016

²² Centers for Disease Control and Prevention 2014

²³ Robert Koch Institut 2019b

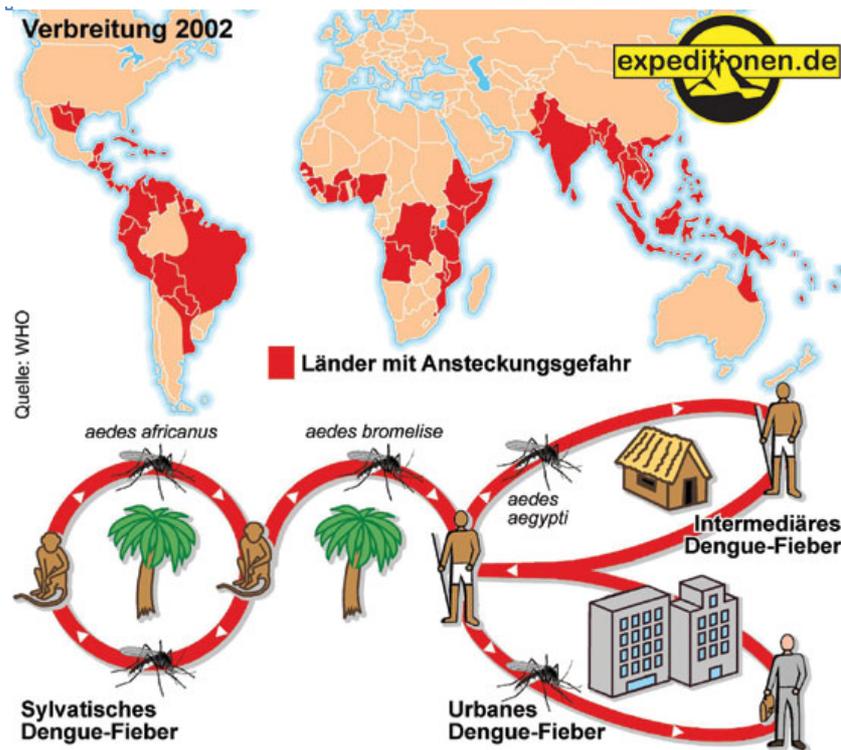


Abbildung 4: Verbreitung von Dengue-Fieber (2002)²⁴

Weltweit geschätzt erkranken jährlich etwa 400 Millionen Menschen nach einer Inkubationszeit von drei bis sieben Tagen, von denen die meisten keine oder nur milde Symptome ausweisen. Bei 25% zeigen sich im Verlauf grippeähnliche Symptome. Bei einem geringen Teil der Erkrankten zeigen sich schwere Symptome wie starke Bauchschmerzen, Bluterbrechen, Erschöpfung oder Unruhe, sowie Hämorrhagien.

Eine Besonderheit des Dengue-Fiebers ist, dass es nach einer ersten Infektion keine vollständige Immunität gibt, da es vier unterschiedliche Dengue-Virus-Typen gibt. Schon kurze Zeit nach einer Infektion kann diese mit einem anderen Typ erneut auftreten. Zur Prophylaxe besteht die Möglichkeit der Impfung mit einer Wirksamkeit von 66%. Diese Wirksamkeit variiert jedoch je nach Serotyp, Alter und Dengue-Serostatus zum Zeitpunkt der Impfung. In Deutschland wurden in den letzten fünf Jahren dem RKI jährlich zwischen 600 und knapp eintausend reiseassoziierte Fälle gemeldet.²⁵

²⁴ http://www.expeditionen.de/adventure/data_images/low/163-denguefieber.jpg, Zugriff am 08.08.2019

²⁵ Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches Ärzteblatt 1997; Robert Koch Institut 2019a

2.2.3 Die Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*)

Die Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*, Abbildung 5) findet sich in den Tropen und Subtropen (Abbildung 6). Früher in Südeuropa sehr verbreitet, verringerte sich diese Zahl in den 1950er Jahren auf Grund von Insektiziden und Wegfall von Brutstätten auf Grund von neu aufkommenden Abwassersystemen, so dass sie dort heute nicht mehr auftritt. Eine Ausnahme bildet Madeira. Auf der portugiesischen Insel ist sie seit 2004 auf Grund von Reimport wieder zu finden und endemisch.²⁶

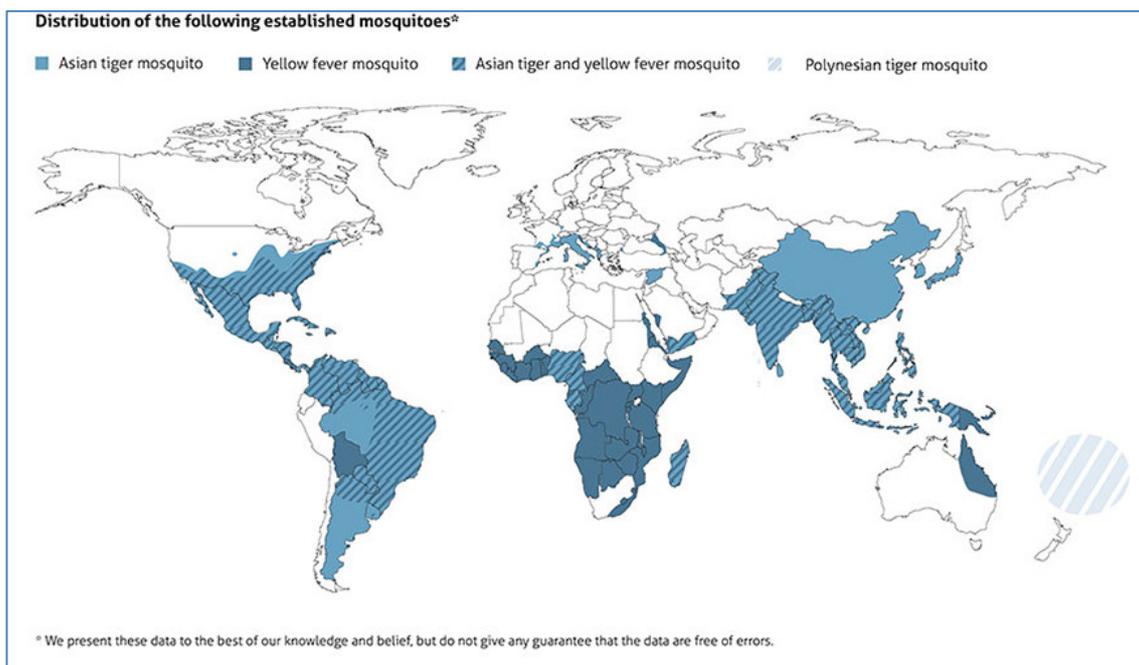


Abbildung 5: Verbreitung der Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*)²⁷

Die dunkel gefärbte, 3 – 4mm große, Gelbfiebermücke hat Ähnlichkeit mit der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*), ist jedoch am Brustteil an der weißen Zeichnung erkennbar. Die Beine besitzen eine schwarz-weiße Zeichnung (Abbildung 6, Abbildung 7).

Sie ist Überträger von Infektionskrankheiten wie Gelbfieber, Zika- und Dengue-Fieber.

²⁶ Umweltbundesamt 2019

²⁷ Biogents AG 2019b



Abbildung 6: Gelbfiebermücke auf der Haut eines Menschen (*Aedes aegypti*)²⁸

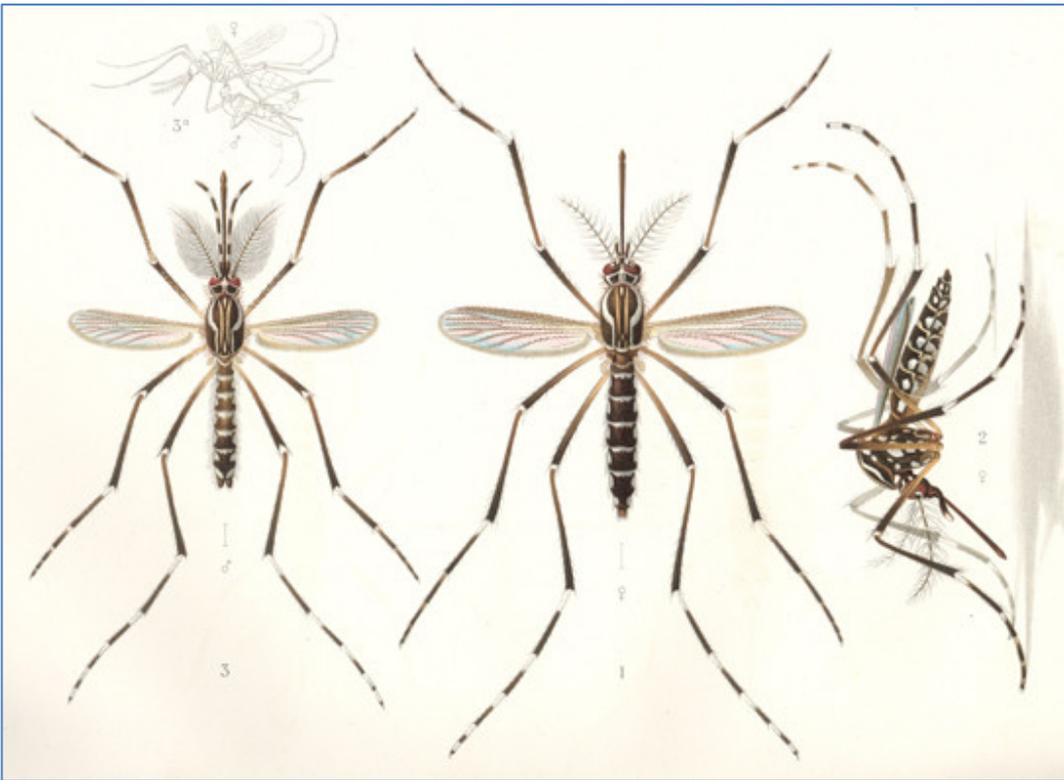


Abbildung 7: Lehrbuch-Zeichnung Gelbfiebermücke²⁹

²⁸ European Centre for Disease Prevention and Control 2016a

²⁹ Biogents AG 2019b

Die Gelbfiebermücke (*Aedes aegypti*) ist tagaktiv und besitzt ein aggressives Verhalten. Nach der Eibildung legt das Weibchen ihre Eier in die Nähe von Wasserflächen ab. So wird ein Austrocknen der Eier vermieden und die geschlüpften Larven gelangen schnell ins Wasser. Dort entwickelt sie sich von luftatmenden Larven, die sich von mikroskopischen Schwebstoffen und Wasserorganismen ernährt, über die Puppe in vier Stadien zum erwachsenen Tier (Abbildung 8).³⁰

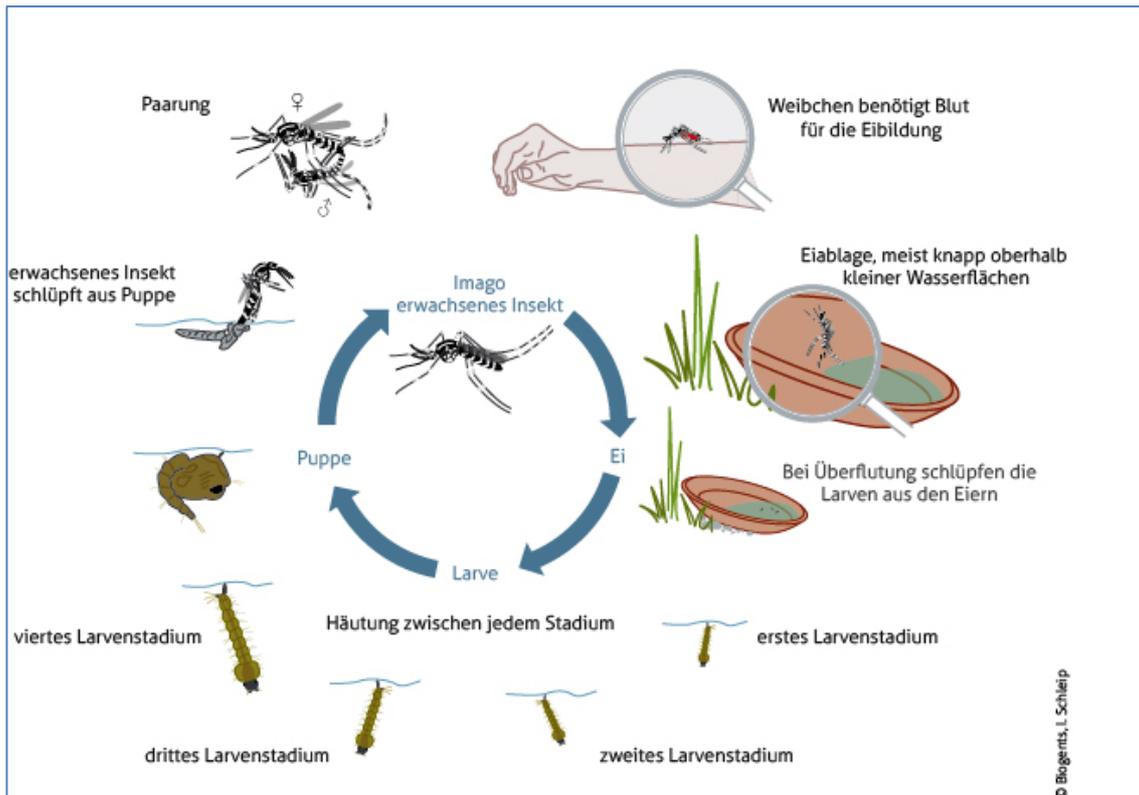


Abbildung 8: Lebenszyklus der Gelbfiebermücke³¹

Die Gelbfiebermücke deckt wie alle Stekmückenarten ihren Nahrungsbedarf durch süße Pflanzensäfte und Nektar. Nur die weiblichen Gelbfiebermücken stechen, um Blut zu erhalten, da sie es zur Eibildung benötigen. Die Gelbfiebermücke ist Überträger von Gelbfieber, sowie von Chikungunya-, Dengue- und Zikaviren.

³⁰ Biogents AG 2019b

³¹ Biogents AG 2019b

2.2.4 Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*)

Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*, Abbildung 9) hat sich heute in alle Kontinente außer der Antarktis verbreitet. Sie stammt ursprünglich aus den Tropen und Subtropen Südostasiens. In den letzten Jahren ist sie auch in den Mittelmeerländern heimisch geworden, auch in Süddeutschland ist sie inzwischen in manchen Gebieten endemisch geworden. Sie kann sich auch an kältere Klimazonen anpassen. Die große Verbreitung begründet sich im weltweiten Güterverkehr, hier vor allem Pflanzen und Altreifen, da dort die Tigermücke als blinder Passagier mitreist.



Abbildung 9: Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*)³²

³² European Centre for Disease Prevention and Control 2016b

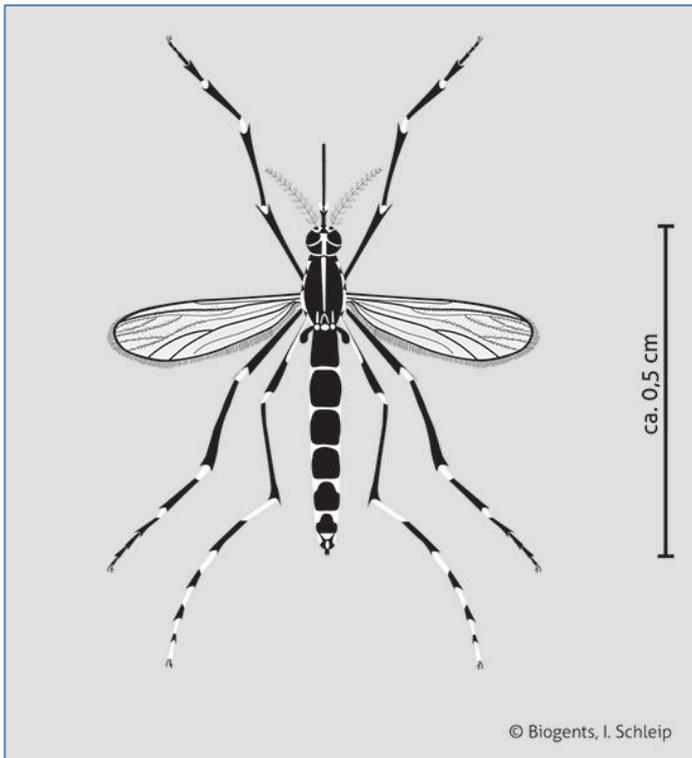


Abbildung 10: Zeichnung Tigermücke³³

Der dunkle 2 – 10mm große Körper der Tigermücke besitzt eine silbrige Linie, die die Tigermücke am sichersten identifiziert. Die Beine sind schwarz-weiß gestreift (Abbildung 10). Bei älteren Exemplaren kann die Identifikation durch fehlende oder verringerte silberne Schuppen an Kopf und Körper erschwert sein.

Die Asiatische Tigermücke ist wie die Gelbfiebermücke tagaktiv und besitzt ein aggressives Verhalten. Der Lebenszyklus gleicht dem der Gelbfiebermücke. Sie kann unter anderem Chikungunya-, Dengue- und Zikaviren übertragen.

³³ Biogents AG 2019a

2.3 Desinsektion in Luftfahrzeugen

Die Gefahr der Übertragung von Krankheiten über Vektoren ist seit Jahren bekannt. Eine Möglichkeit der Eindämmung besteht darin, den Überträger zu bekämpfen und so die eigentlichen Krankheitserreger nicht zu verbreiten. Die weltweite Verbreitung im **Januar 2019** (vgl. Abbildung 1, Seite 5 mit Stand August 2019) der durch Vektoren übertragener Infektionskrankheiten zeigt die folgende Übersicht (Abbildung 11).

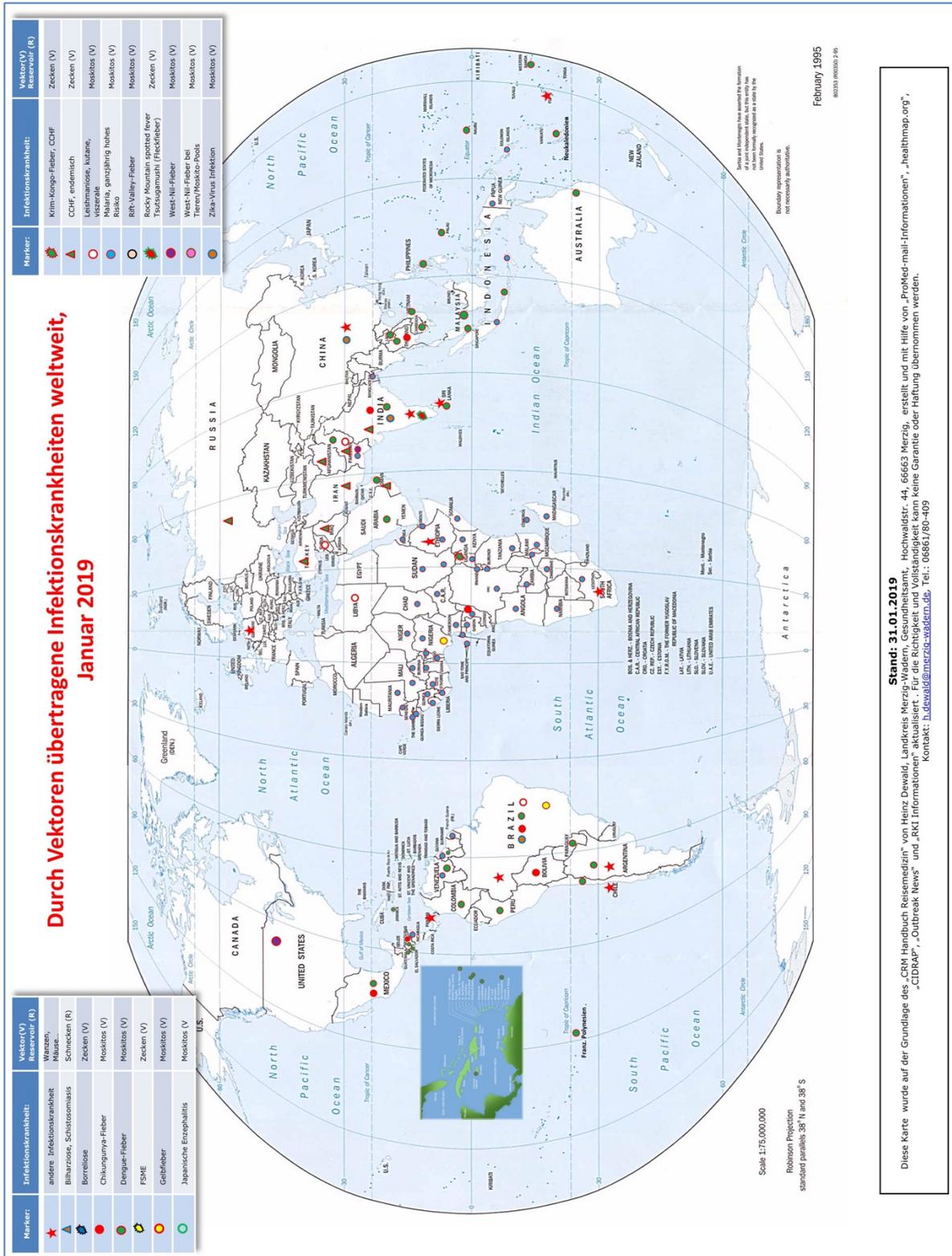


Abbildung 11: Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit³⁴

³⁴Dewald 2019a

Diese Karte wurde auf der Grundlage des „CRM Handbuch Reisemedizin“ von Heinz Dewald, Landkreis Merzig-Wadern, Gesundheitsamt, Hochwaldstr. 44, 66663 Merzig, erstellt und mit Hilfe von „ProMed-mail-Informationen“, „healthmap.org“, „CIDRAP“, „Outbreak News“ und „RKI Informationen“ aktualisiert. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann keine Garantie oder Haftung übernommen werden.
Kontakt: h.dewald@merzig-wadern.de; Tel.: 06661780-409

Stand: 31.01.2019

Setup and Mapping have marked the location of 21 point information sites, but this data has not been verified by the responsible authorities for the listed states. Boundary representation is not necessarily authoritative.

Die allgemeinen Maßnahmen werden im internationalen Sprachraum als Disinsection bezeichnet. Eine mögliche Definition wird durch die WHO in den International Health Regulations 3rd edition von 2005 gegeben:

„The procedure whereby health measures are taken to control or kill the insect vectors of human diseases present in baggage, cargo, containers, conveyances, goods and postal parcels“³⁵

In der Literatur findet man weitere Verweise auf Desinsektions-Maßnahmen, die sich in internationale, nationale und individuelle Regelungen aufteilen lassen. Die internationalen Leitlinien der WHO stellen die meistgenutzte Ressource dar.³⁶ Ergänzend hat die WHO eine Leitlinie zur Testung von neuen Insektiziden veröffentlicht, um dem hohen Anspruch gerecht zu werden.³⁷

Dieser begründet sich in internationalem und nationalem Recht, sowie einem weiteren wichtigen Aspekt: der Luftfahrzeug-Verträglichkeit.^{38,39} Die Wirkstoffe der Insektizide sind in der Regel ohne Wirkung auf die im Luftfahrzeug verbauten Materialien. Schädigende Auswirkung haben die in den Trägerlösungen eingesetzten Lösungsmittel und Öle. Es kann dadurch zu Materialveränderungen oder Zersetzungen kommen.⁴⁰ Die Lufthansa AG hat aus diesem Grund in Zusammenarbeit mit der Firma Frowein für die regelmäßige Anwendung eigene Präparate (Bestandteil der Produktfamilie Detmol) entwickelt und setzt diese in der Flotte ein.⁴¹ Die Art und Weise richtet sich nach der jeweiligen Destination, kann aber in vier Hauptanwendungsarten eingeteilt werden.

³⁵ World Health Organization 2016a, S. 7

³⁶ World Health Organization 2016d

³⁷ World Health Organization 2012

³⁸ SAE International 1998 (internes Dokument)

³⁹ Boeing 2004 (internes Dokument)

⁴⁰ Klaus et al. 2016

⁴¹ FROWEIN GmbH & CO. KG 2017, Email von Joachim Klaus, Lufthansa AG vom 21.08.2019

2.2.1 Residual Treatment

Residual Treatment wird als Langzeitbehandlung angewendet. Die Insektizide werden dabei während der Wartungen als Spray mit zusätzlicher Verwirbelung in den Luftfahrzeugen ausgebracht.⁴² Die Nutzung von Pyrethroiden (Lufthansa: 2% Permethrin, 10ml/m²)¹² auf allen Oberflächen außer den Galleys⁴³ ergibt eine wirksame Insektenabwehr für 60 Tage. Nach der Behandlung bedarf es einer Zeitspanne von mindestens einer Stunde, damit die eingesetzten Pyrethroide keine Gefahr für die Besatzung und Passagiere darstellen.⁴⁴

2.2.2 Blocks-away Methode

Bei der Blocks-away Methode werden schnell wirksame Insektizide (2% D-Phenothrin 35g/100m³) nach Abschluss des Boardings (Türen geschlossen, vor dem Rollen) innerhalb der Kabine ohne aktive Klimatisierung ausgebracht. Der Bereich des Cockpits wird behandelt, bevor die Piloten diesen betreten.

Es besteht keine Langzeitwirkung. Negative Auswirkungen durch das Insektizid auf die Passagiere sind nicht bekannt, Flugbegleiter berichten jedoch von Unwohlsein und Atemnot kurz nach Anwendung.^{45, 46}

⁴² World Health Organization 2018

⁴³ Bordküche eines Luftfahrzeuges

⁴⁴ World Health Organization 2012

⁴⁵ World Health Organization 2012

⁴⁶ Weisel und Isukapalli 2012

2.2.3 Pre-flight Methode

Bei der Pre-flight Methode werden Insektizide mit schneller Wirksamkeit und geringer Wirkdauer eingesetzt. Zeitlich wird diese Behandlung während des Passagieraustausches durch das Bodenpersonal im gesamten Luftfahrzeug durchgeführt. Als Insektizid empfiehlt die WHO 2% Permethrin mit einer Zieldosis von 35g/100m³. Das erneute Boarding kann beginnen, sobald die Oberflächen nach mindestens einer Stunde Wartezeit vollständig trocken sind. Da keine Langzeitwirkung gegeben ist, wird diese Methode oft mit der „Top of the Descent“ Methode kombiniert.⁴⁷

2.2.4 Top of the descent Methode

Die Top of the descent Methode beschreibt die Anwendung von 2% D-Phenothrin als Insektizid kurz vor Beginn des Sinkfluges zum Zielflughafen. Das Insektizid wird etwa eine Stunde vor Landung durch die Flugbegleiter nach einer vorgeschriebenen Methode mit einer Zieldosis von 35g/100m³ ausgebracht. Auch hier werden die Auswirkungen der Blocks-away Methode durch Flugbegleiter beschrieben.⁴⁸

⁴⁷ World Health Organization 2012e

⁴⁸ World Health Organization 2012

2.2.5 Übersicht der Insektizide

Die eingesetzten Insektizide werden nach den jeweiligen Anwendungsarten und Orten ausgewählt. Die häufigsten Wirkstoffe in Insektiziden nach WHO und International Air Transport Association (IATA) Empfehlung sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht häufig genutzter Insektizide nach Anwendung im Flugzeug

Anwendung	Wirkstoff
Langzeiteffekt	Permethrin
Kurzzeiteffekt	D-Phenothrin (EU: 1-R-Transphenothrin)

3. Methodik

Die im Rahmen dieser Bachelorthesis durchgeführte Studie soll Informationen zur Größenordnung des Eindringens und Verbleibs von Stechmücken in den Passagierraum von Flugzeugen während ihres Bodenaufenthaltes in einem Endemie-Gebiet der Vektoren liefern. Hierfür werden die Passagierkabinen von Luftfahrzeugen, die aus solchen Ländern kommen, direkt nach der Landung am Flughafen Frankfurt am Main systematisch untersucht. Durchgeführt wurde die Studie im Zeitraum vom 04. Februar 2019 bis zum 01. März 2019 durch das Hamburg Port Health Center in Kooperation mit der HAW Hamburg, der Lufthansa AG und der Fraport AG am Flughafen Frankfurt am Main. Eine zweite Untersuchungsperiode findet im September 2019 statt, die Ergebnisse können nicht mehr in diese Arbeit einfließen.

3.1 Auswahl der Flugverbindungen

Die Studie konzentriert sich auf Flüge aus Gebieten mit ganzjährigen endemischen Mückenpopulationen, um die Wahrscheinlichkeit eines positiven Ergebnisses zu vergrößern. In Abhängigkeit mit dem Winterflugplan 2018/2019 der Lufthansa AG werden mehrere Destinationen ausgewählt (Tabelle 2).⁴⁹

⁴⁹ Deutsche Lufthansa AG 2018

Tabelle 2: Geeignete Flüge

Land	Abflughafen	ETD	ETA	Frequenz	Flug
Angola	Luanda	22:10	07:40	1 3 5	LH561
Brasilien	Rio de Janeiro	22:10	14:30	x	LH501
Brasilien	Sao Paolo	18:15	10:45	x	LH507
Kenia	Nairobi	22:25	05:40	x 1 6	LH591
Singapur	Singapur	13:55	20:40	x	LH9765
		23:40	06:25	x	LH779
		23:55	06:45	x	LH9763
Süd Afrika	Johannesburg	19:05	06:40	x	LH573
		19:25	06:10	x	LH9545
Thailand	Bangkok	23:00	06:00	x	LH773

Hinweise zur Tabelle:

ETD Estimated Time of Departue (geplante Abflugzeit, lokal)

ETA Estimated Time of Arrival (geplante Ankunftszeit, lokal)

Frequenz 1 – Montag, 2 – Dienstag, 3 – Mittwoch, 4 – Donnerstag, 5 – Freitag, 6 – Samstag, 7 – Sonntag

x täglich

x 1 6 – täglich außer Montag und Samstag

Nach Rücksprache mit der Lufthansa AG ergeben sich jedoch Einschränkungen, die die Anzahl möglicher Destinationen reduzieren. Insbesondere sogenannte Codeshare-Flüge (vierstellige LH Nummern), die zwar durch Lufthansa angeboten, jedoch durch andere Airlines durchgeführt werden. Dadurch ist der Zugang zum Luftfahrzeug nicht sichergestellt.

Ein weiterer Aspekt, der zu einer Reduzierung der Flüge führte, ist der Blick auf die Flughäfen der einzelnen Destinationen und deren Aufbau. Die Flughäfen von Singapur und Bangkok zählen zu dem modernsten in Asien.^{50,51} Dadurch bieten sie den Passagieren vor allem den Komfort in Form von Klimaanlage bei warmen klimatischen Verhältnissen vor Ort. Aus diesem Grund wird die Wahrscheinlichkeit für wärmeliebende Mücken im Terminalbereich als sehr gering eingeschätzt.

Die neue Flugliste enthielt Destinationen, die möglichst täglich als Direktflug durchgeführt wurden (Tabelle 3).

⁵⁰ Diener 2019

⁵¹ AS Media Ltd. 2014

Tabelle 3: Geeignete Flüge nach Überarbeitung

Land	Abflughafen	ETA	Frequenz	Flug	Typ
Angola	Luanda	07:40	1 3 5	LH561	333
Brasilien	Rio de Janeiro	14:30	x	LH501	744
Brasilien	Sao Paolo	10:45	x	LH507	74H
Kenia	Nairobi	05:40	x 1 6	LH591	333
Süd Afrika	Johannesburg	05:40	x	LH573	74H
Indien	Delhi	07:40	x	LH761	388
	Mumbai	08:00	x	LH757	744

(**333** – Airbus 330-300, **388** – Airbus 380-800, **74H** – Boeing 747-800, **744** – Boeing 747-400)

(Frequenz: 1 – Montag, 2 – Dienstag, 3 – Mittwoch, 4 – Donnerstag, 5 - Freitag, 6 – Samstag, 7 – Sonntag, x – täglich, x1 – täglich außer Montag, 135 – nur Montag/Mittwoch/Freitag)

Die überarbeitete Liste beinhaltete nur tägliche oder hochfrequente Direktflüge nach Frankfurt am Main, die durch die Lufthansa AG durchgeführt werden und bei denen der Zugang zum Luftfahrzeug gewährleistet war. Codeshare-Flüge wurden nicht mehr berücksichtigt. Für die Planung vor Ort war die Sortierung nach Ankunftszeit von Vorteil (Tabelle 4).

Tabelle 4: Geeignete Flüge nach Ankunftszeit in Frankfurt

Land	Abflughafen	ETA	Frequenz	Flug	Typ
Kenia	Nairobi	05:40	x 1 6	LH591	333
Süd Afrika	Johannesburg	05:40	x	LH573	74H
Angola	Luanda	07:40	1 3 5	LH561	333
Indien	Delhi	07:40	x	LH761	388
Indien	Mumbai	08:00	x	LH757	744
Brasilien	Sao Paolo	10:45	x	LH507	74H
Brasilien	Rio de Janeiro	14:30	x	LH501	744

(**333** – Airbus 330-300, **388** – Airbus 380-800, **74H** – Boeing 747-800, **744** – Boeing 747-400)

(Frequenz: 1 – Montag, 2 – Dienstag, 3 – Mittwoch, 4 – Donnerstag, 5 - Freitag, 6 – Samstag, 7 – Sonntag, x – täglich, x1 – täglich außer Montag, 135 – nur Montag/Mittwoch/Freitag)

Die Sortierung von Tabelle 4 nach Ankunftszeit zeigt Flüge, die dicht beieinander liegen oder sogar die gleiche Ankunftszeit haben (LH591 und LH573, LH561 und LH761). Hier ist ersichtlich, dass jeweils nur ein Flug berücksichtigt werden konnte.

In der abschließenden Konferenz zur Studie im Gesundheitsamt der Stadt Frankfurt am 08. Januar 2019 wurde aus Planungssicht die endgültige Liste festgelegt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Finale Planung der zu beprobenden Flüge

Land	Abflughafen	ETA	Frequenz	Flug	Typ
Kenia	Nairobi	05:40	x 1 6	LH591	333
Indien	Delhi	07:40	x	LH761	388
Brasilien	Sao Paolo	10:45	x	LH507	74H
Brasilien	Rio de Janeiro	14:30	x	LH501	744

(**333** – Airbus 330-300, **388** – Airbus 380-800, **74H** – Boeing 747-800, **744** – Boeing 747-400)

(Frequenz: 1 – Montag, 2 – Dienstag, 3 – Mittwoch, 4 – Donnerstag, 5 - Freitag, 6 – Samstag, 7 – Sonntag, x – täglich, x1 – täglich außer Montag, 135 – nur Montag/Mittwoch/Freitag)

Grundlagen dieser Auswahl an Flügen waren:

- die Frequenz der Flüge
- der zeitliche Abstand der Landungen
- die Abflugsorte
- die Größe der Flugzeuge

3.2 Praktische Durchführung der Studie

Für den freien Zugang zu den Luftfahrzeugen und dem Vorfeld des Frankfurter Flughafens bedarf es eines Flughafenausweises der Farbe Gelb (alle Bereiche). Die Einweisung in den Vorfeldbereich fand vor Ort durch die Flugsicherung und Lufthansa AG statt, somit ist ein weitestgehend freies Bewegen (Abbildung 12) auf den Flughafen Frankfurt möglich.



Abbildung 12: Airbus A320neo der Lufthansa (LH988, Gate A13)⁵²

Der Vorfeldbereich ist auf der Übersichtskarte (Abbildung 13) durch die rote Farbe gekennzeichnet. Für die Studie ist der Zutritt hauptsächlich zu dem in Abbildung 14 dargestelltem Bereich nötig (Bereiche um die Terminals 1 und 2).

⁵² eigene Bilder



Abbildung 13: Übersicht der Flughafenausweisbereiche Frankfurt⁵³

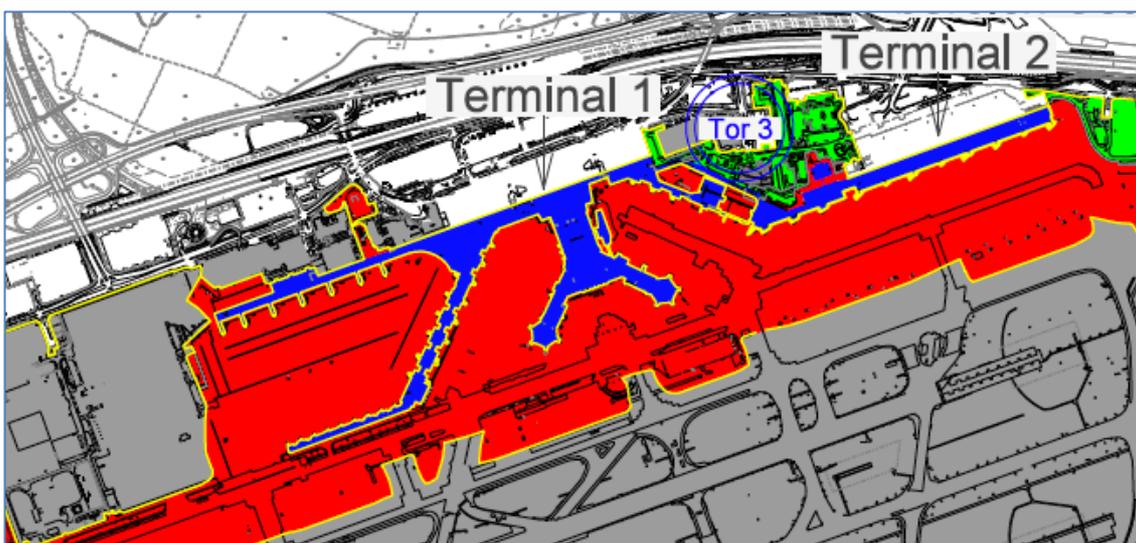


Abbildung 14: Bereich des Vorfeldes Terminal 1 und 2⁵⁴

Aus Tabelle 5 ergaben sich die täglich zu beprobenden Flüge. Der zeitliche Ablauf war so gewählt, dass 45 bis 60 Minuten pro Durchgang zur Verfügung standen. Einschränkungen ergaben sich durch sonstige Abläufe innerhalb des Luftfahrzeuges in Form von

⁵³ Fraport AG 2017

⁵⁴ Fraport AG 2017

Reinigung, Technik und Crewchange. Bei einigen Flügen kam eine kurze Stehzeit am Gate hinzu, da die Verbindungen den Rückflug am selben Tag hatten und somit die Verbindung zweimal innerhalb von 24 Stunden geflogen wurde.⁵⁵

Die Auswahl der Flüge musste bereits am vierten Tag der Studie geändert werden, da der erste Flug am Tag (LH591) nicht immer wie geplant um 05:40 Uhr landete und bei der Ankunftszeit eine recht hohe Streuung aufwies (05:20 bis 07:00 Uhr). Zudem war die Verbindung nicht täglich und wurde daher herausgenommen. Des Weiteren hatten sich Verschiebungen in den Ankunftszeiten ergeben. Als Ausgleich wurde die Verbindung Buenos Aires nach Frankfurt (LH511) ergänzt, da sie in den zeitlichen Ablauf passte und der Abflugort für die Studie geeignet war. Somit ergab sich eine neue Übersicht der Flüge (Tabelle 6).

Tabelle 6: In Frankfurt angepasste Flugliste

Land	Abflughafen	ETA	Frequenz	Flug	Typ
Indien	Delhi	07:35	x	LH761	388
Brasilien	Sao Paolo	10:15	x	LH507	74H
Brasilien	Rio de Janeiro	11:00	x	LH501	744
Argentinien	Buenos Aires	11:20	x	LH511	74H

(**388** – Airbus 380-800, **74H** – Boeing 747-800, **744** – Boeing 747-400)

(Frequenz: 1 – Montag, 2 – Dienstag, 3 – Mittwoch, 4 – Donnerstag, 5 - Freitag, 6 – Samstag, 7 – Sonntag, x – täglich, x1 – täglich außer Montag, 135 – nur Montag/Mittwoch/Freitag)

Die Anzahl von vier Flügen pro Tag erschien auf den ersten Blick gering. Jedoch handelte es sich um tägliche Verbindungen und große Flugzeugtypen. Große Luftfahrzeuge haben den Vorteil, dass die Reinigungsteams meist vorne beginnen und die Economy-Class im hinteren Bereich, etwa ab Mitte Tragfläche nach hinten, erst nach etwa 30 Minuten in den Fokus der Reinigungsarbeiten gelangt und somit eine Probennahme stattfinden konnte (Abbildung 15, Abbildung 16).

⁵⁵ Deutsche Lufthansa AG 2018

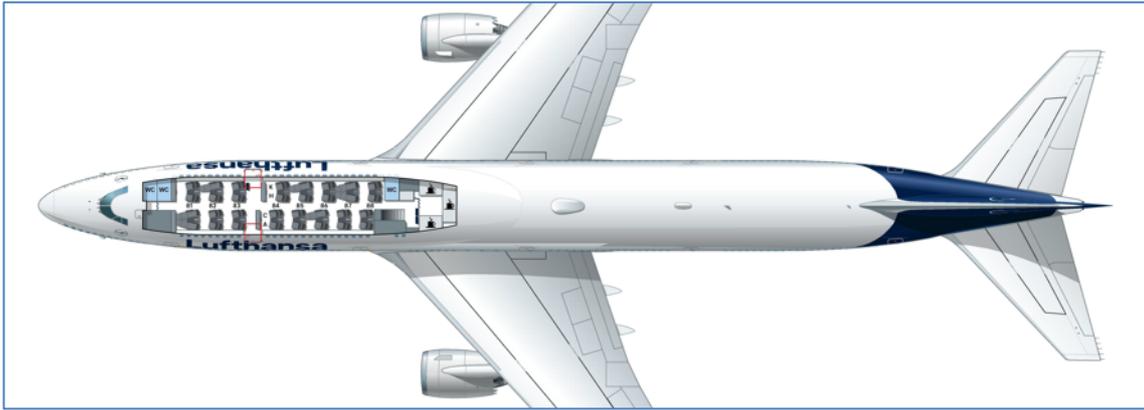


Abbildung 15: Boeing 747-800 Langstrecke Upper Deck⁵⁶

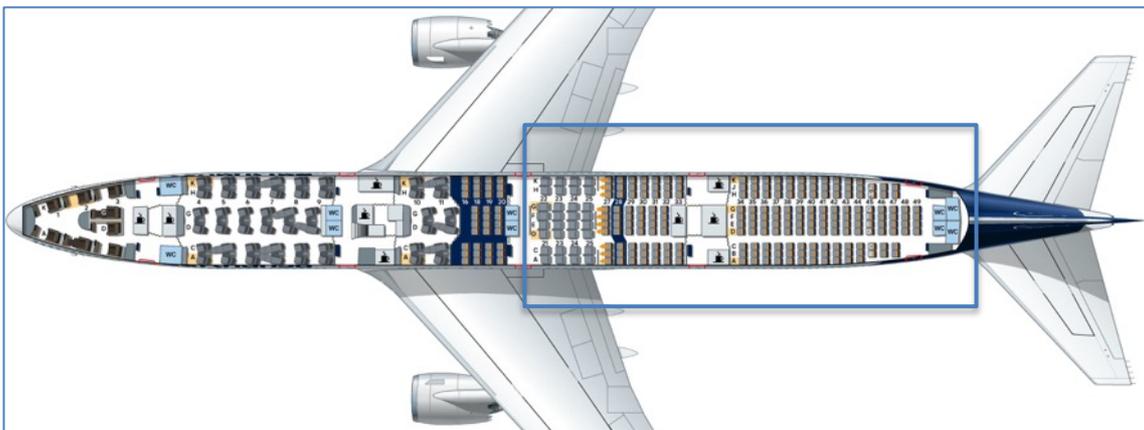


Abbildung 16: Boeing 747-800 Langstrecke Lower Deck mit eigenen Ergänzungen⁵⁷

Ein blauer Rahmen im Bestuhlungsplan (Abbildung 16) umschließt den Bereich der Premium Economy- und der Economy-Class. Der Zutritt zum Luftfahrzeug war durch eine Gangway an der hinteren linken Tür gewährleistet (Abbildung 17). Die Passagier-Tunnel vom Gate waren durch aussteigende Passagiere belegt und es würden unnötige Wartezeiten entstehen.

Die Koordinierung an Bord erfolgte in erster Linie durch Rücksprache mit der Flight-Crew, später mit dem Teamleiter der Cleaning-Crew und der Lufthansa Technik. Dies

⁵⁶ Lufthansa AG 2019b

⁵⁷ Lufthansa AG 2019b

funktionierte reibungslos. Die Gespräche mit der Crew waren zudem eine gute Gelegenheit deren Erfahrungen mit Mücken an Bord zu sammeln und Fragen zu stellen.



Abbildung 17: Hinterer Zugang zu Boeing 747-800⁵⁸

3.3 Planung der Probenahme innerhalb des Luftfahrzeuges

Schon in der Planung hatte sich schnell gezeigt, dass eine Beprobung der kompletten Passagierkabine (Abbildung 18) unmöglich ist. Dies begründete sich in der Größe und Aufbau, den sonstigen anwesenden Personen und den Turnaround-Maßnahmen⁵⁹ der Flugzeugabfertigung durch die Reinigungs- und Technikteams an Bord.

⁵⁸ eigene Bilder

⁵⁹ Be- und Entladen, Ein- und Aussteigen der Passagiere, Wartung des Luftfahrzeuges



Abbildung 18: Economy-Class Boeing 747-800 Lufthansa⁶⁰

Um die Orte mit der größten Wahrscheinlichkeit, Mücken zu finden, auszumachen, muss die Luftströmungen innerhalb der Passagierkabine betrachtet werden.⁶¹ Der Querschnitt durch eine Passagierkabine (Abbildung 19) ist beispielhaft für alle Luftfahrzeuge. Blaue Pfeile zeigen die Luftströmung durch die Klimatisierung von den Deckendüsen zu den Absauggittern in Bodennähe. Mücken fallen nach Kontakt mit dem angewendeten Insektizid zu Boden oder gleiten die Außenwand zu Boden (rote Pfeile). Aus diesen Gründen wird hauptsächlich der Bereich zwischen Außenwand und Bestuhlung, sowie der Bereich unterhalb von festen Einbauten (Bordentertainment) beprobt, da diese von den Reinigungsteams weniger erfasst werden (Abbildung 20). Auch besteht hier nicht die Gefahr, dass eventuell vorhandene tote Mücken zertreten und damit nicht oder nur schlecht zu identifizieren sind.

⁶⁰ eigene Bilder

⁶¹ DLR 2011

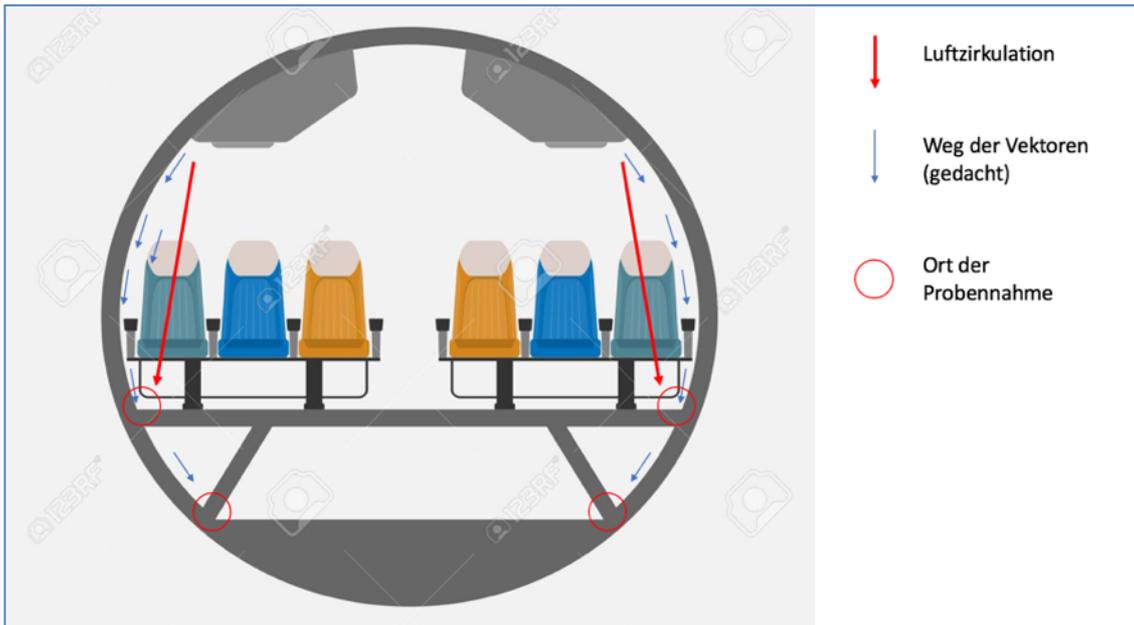


Abbildung 19: Schematischer Querschnitt durch Passagierkabine⁶²



Abbildung 20: Bereich an der Außenwand Economy Boeing 747-800⁶³

⁶²Quelle: <https://previews.123rf.com/images/nitinut380/nitinut3801705/nitinut380170500149/77532701-passagier-schmaler-k%C3%B6rper-flugzeug-querschnitt.jpg>, Zugriff am 01.01.2019 mit eigenen Ergänzungen

⁶³ eigene Bilder

Die Probenahme erfolgte mit einem von der Firma Bosch hergestelltem Akkustaubsauger (Abbildung 21). Dieser erfüllt am besten die Rahmenbedingungen des Einsatzes:

- Geeigneter Auffangbehälter
- klein und handlich
- unabhängig vom Bordstromnetz
- lange Betriebsdauer im Akkubetrieb (Wechsel-Akku)
- Erlaubnis, das Gerät mit an Bord zu nehmen



Abbildung 21: Bosch Akkustaubsauger BSS1A114⁶⁴

Durch die kompakte Bauweise und die Möglichkeit den Akku zu wechseln ist der Bosch Akkustaubsauger bestens für die Probenahme geeignet.

⁶⁴ https://media3.bosch-home.com/Images/1200x/MCIM02751588_Bosch-Unlimited-verlaengerbare-laufzeit.jpg, Zugriff am 29.07.2019

3.4 Durchführung der Probenahme

Für die Probenahme wurden täglich die Übersicht mit den zu beprobenden Flügen und den realen Flugdaten abgeglichen. Wichtig hierbei waren die Ankunftszeit (ETA) und die Abstellposition (Gate) an den Terminals, da sich diese Daten häufig von den Online-daten unterschieden oder sogar nach der Landung änderten.

Für die Ankunftszeit der Flüge wurde die Ankunftsübersicht des Frankfurter Flughafens⁶⁵, das Intranet von Lufthansa AG und das online Flight Tracking „FlightRadar24.com“⁶⁶ genutzt. Bei FlightRadar24.com konnte zudem im Vorfeld der Flugzeugtyp und das Kennzeichen in Erfahrung gebracht werden.⁶⁷ Dies erleichterte die Zuordnung der Luftfahrzeuge am Boden deutlich. Zusätzlich konnte bei der Verfolgung in Echtzeit die Position bestimmt und ein eventueller Gate-Wechsel rechtzeitig erkannt werden. Dies war von Vorteil, da die Gate-Wechsel teilweise ganze Gate-Bereiche betrafen.

Nach Ankunft des Luftfahrzeuges am Gate begann die Bodencrew mit ihren Arbeiten. Dabei handelte es sich zum Beispiel um die Absicherung am Boden, das Be- und Entladen oder das Überprüfen der Technik. Auch kam hier die Gangway an die hintere linke Tür, um den Zugang zum Luftfahrzeug zu gewährleisten (Abbildung 22).

⁶⁵ <https://www.airport-frankfurt-am-main.com/ankunft-frankfurt-flughafen.html>

⁶⁶ <https://www.flightradar24.com>

⁶⁷ <https://www.flightradar24.com/data/flights/lh761>, beispielhafte Nennung



Abbildung 22: Technik- und Bodenfahrzeuge am Gate

Sobald die Tür von der Crew geöffnet wurde, war der Zugang freigegeben. Nachdem die Reinigungsteams und die Technik an Bord gegangen waren und im vorderen Bereich begonnen haben, war die eigentliche Probenahme im hinteren Bereich des Luftfahrzeuges in der Premium-Economy bzw. der Economy möglich.

Der Ablauf der Probenahme war für die meisten Luftfahrzeuge gleich und wird am Beispiel einer Boeing 747-800 dargestellt. Dabei wurde an der hintersten rechten Tür begonnen und mit dem Sauger die Sitzreihen der äußere Bereich abgesaugt. An der Trennwand zur Business-Class wurde die Seite gewechselt und der äußere Bereich in Richtung Heck abgesaugt. Sofern in Koordination mit den anderen Personen an Bord Zeit blieb, wurde der innere Bereich in umgekehrter Richtung abgesaugt (Abbildung 13)

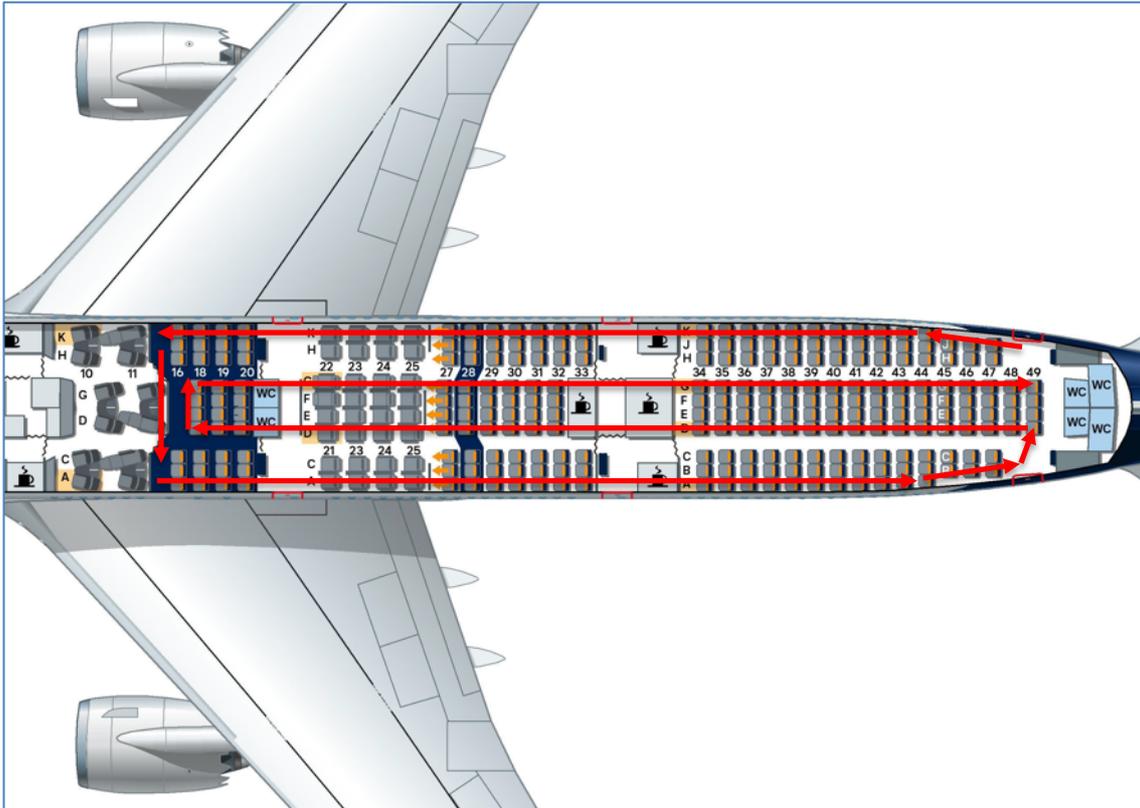


Abbildung 23: Ablaufplan der Beprobung (Boeing 747-800)⁶⁸

Der zeitliche Ansatz für den **äußeren** Bereich betrug 30 bis 40 Minuten, für den **inneren** Bereich 30 Minuten. Dies ergab eine Gesamtzeit von bis zu 70 Minuten pro Luftfahrzeug im Idealfall. Dieser wurde nicht erreicht, da die Probenahme durch die anderen Maßnahmen im Luftfahrzeug eingeschränkt wurde. Ein weiteres Problem bei der Probenahme war die Ordnung und Sauberkeit innerhalb der Kabine. Es gab Bereiche, in denen eine Probenahme ohne Probleme stattfinden konnte (Abbildung 23) und Bereiche, in denen die Probenahme schwierig war (Abbildung 24, Abbildung 25).

⁶⁸ Lufthansa AG 2019b mit eigenen Ergänzungen

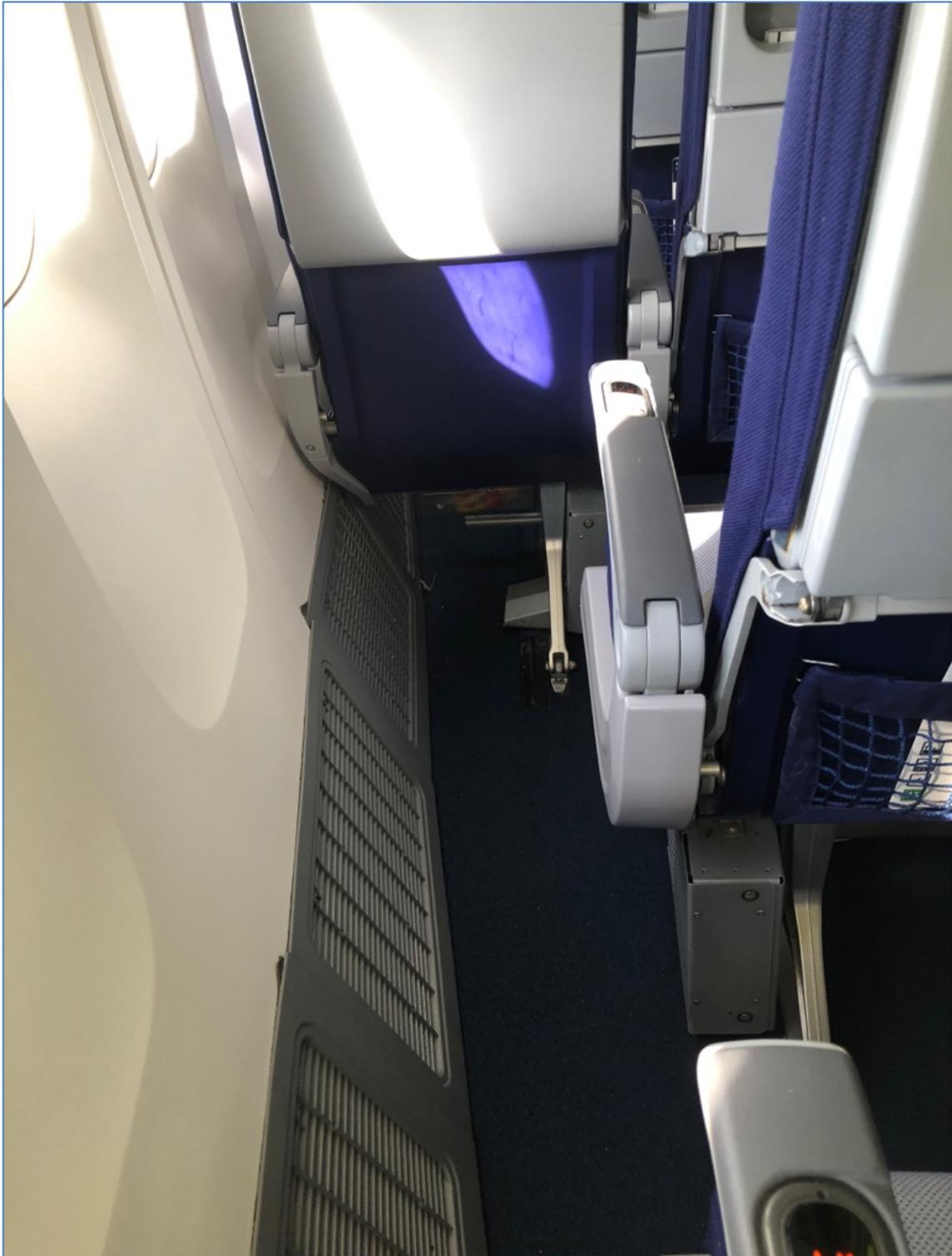


Abbildung 24: Äußerer linker Bereich der Economy-Class einer Boeing 747-800⁶⁹

⁶⁹ Eigene Bilder



Abbildung 25: Äußerer rechter Bereich einer Boeing 747-800⁷⁰

⁷⁰ Eigene Bilder



Abbildung 26: Innerer Bereich einer Boeing 747-800⁷¹

Nach jedem Durchlauf wurde die gesammelte Probe in Probenbeuteln transferiert und ein Protokoll erstellt, welches im Anhang beigefügt ist. Diese Protokolle ermöglichen später die Zuordnung jeder Probe und dokumentieren eventuelle Besonderheiten. Zu den Besonderheiten zählten auch die Testproben, die das angewendete Verfahren validieren sollten (Abbildung 27, Abbildung 28). Die Validierung erfolgte durch das Ausbringen von acht Stechmücken der heimischen Spezies *Aedes vexans* in den Probenbereich und die anschließende Auswertung, ob alle acht Stechmücken (ganz oder in Teilen) in der Probe wiederzufinden waren.

⁷¹ Eigene Bilder



Abbildung 27: Ausbringung von Testmücken (*Aedes vexans*) in die Probengebiete⁷²

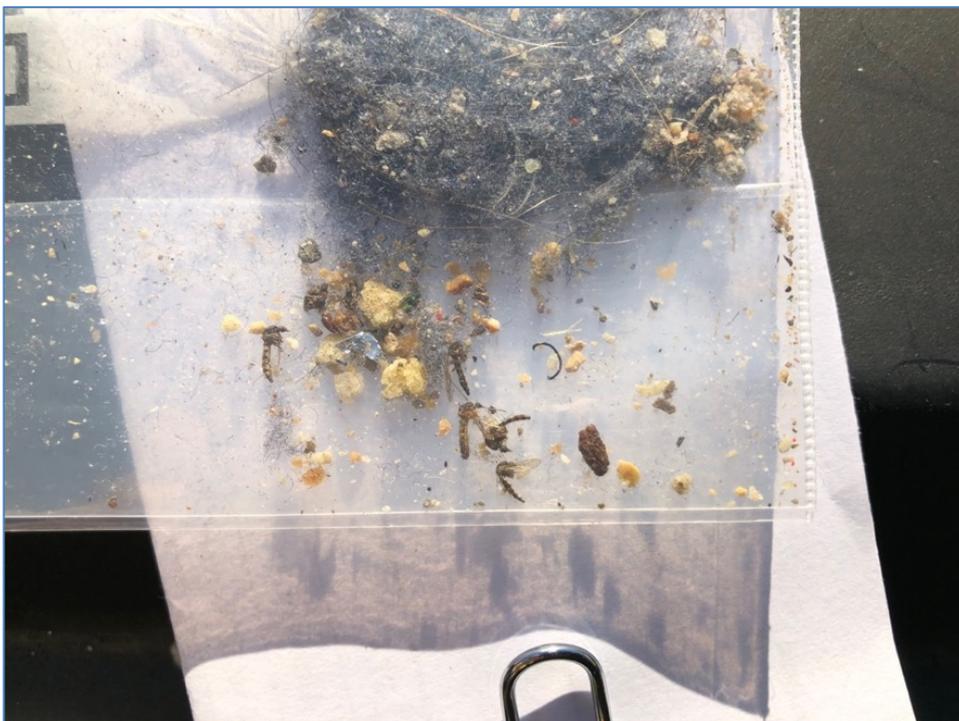


Abbildung 28: Stechmücken (*Aedes vexans*) in der Testprobe⁷³

⁷² Eigene Bilder

⁷³ Eigene Bilder

3.5 Übersicht der Proben

Zum Abschluss des praktischen Teils der Studie nach vier Wochen, davon elf Tage mit Probenahmen, stehen insgesamt 35 Proben (inklusive Testproben) aus 28 verschiedenen Luftfahrzeugen zur weiteren Untersuchung zur Verfügung. Teilweise erfolgte die Beprobung mit Trennung des inneren und äußeren Bereiches der Sitzreihen. Die Übersicht der Einzelproben ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Übersicht der Proben⁷⁴

Probe	FlugNr	Von	Datum	Landung	Probe	Verdacht
01	LH507	Sao Paolo	06.02.19	09:50	ja	nein
02	LH501	Rio de Janeiro	06.02.19	10:40	ja	ja
03	LH761	Delhi	07.02.19	07:32	ja	nein
04	LH507	Sao Paolo	07.02.19	09:55	ja	nein
05	LH501	Rio de Janeiro	07.02.19	11:01	ja	nein
06	LH761	Delhi	08.02.19	07:30	ja	nein
07	LH761	Delhi	12.02.19	07:34	ja	nein
08	LH507	Sao Paolo	12.02.19	09:40	kein Zugang zur Maschine	
09	LH501	Rio de Janeiro	12.02.19	11:05	ja	nein
10	LH511	Buenos Aires	12.02.19	11:35	nein	nein
11	LH761	Delhi	13.02.19	07:03	ja	nein
12	LH507	Sao Paolo	13.02.19	09:40	ja	nein
13	LH501	Rio de Janeiro	13.02.19	10:50	ja	nein
14	LH511	Buenos Aires	13.02.19	11:20	ja	nein
15	LH507	Sao Paolo	14.02.19	10:17	ja	nein
16	LH501	Rio de Janeiro	14.02.19	10:16	ja	nein
17	LH511	Buenos Aires	14.02.19	10:53	ja	ja
18a	LH507	Sao Paolo	19.02.19	10:34	ja, außen	ja
18b	LH507	Sao Paolo	19.02.19	10:34	ja, innen	ja
19	LH501	Rio de Janeiro	19.02.19	10:40	ja	nein
20a	LH511	Buenos Aires	19.02.19	10:56	ja, außen	nein
20b	LH511	Buenos Aires	19.02.19	10:56	ja, innen	nein
21a	LH507	Sao Paolo	20.02.19	10:15	ja, außen	ja
21b	LH507	Sao Paolo	20.02.19	10:15	ja, innen	nein
22a	LH511	Buenos Aires	20.02.19	11:05	ja, außen	nein

⁷⁴ eigene Tabelle

Probe	FlugNr	Von	Datum	Landung	Probe	Verdacht
22a	LH511	Buenos Aires	20.02.19	11:05	ja, innen	nein
23	LH761	Delhi	21.02.19	07:32	ja	nein
24a	LH507	Sao Paolo	21.02.19	10:05	ja, außen	nein
24b	LH507	Sao Paolo	21.02.19	10:05	ja, innen	nein
25a	LH511	Buenos Aires	21.02.19	10:45	ja, außen	ja
25b	LH511	Buenos Aires	21.02.19	10:45	ja, innen	nein
26	LH507	Sao Paolo	26.02.19	10:15	ja, Test	ja
27	LH501	Rio de Janeiro	26.02.19	10:57	ja, außen	ja
28	LH501	Rio de Janeiro	26.02.19	10:57	ja, innen	ja
29					siehe Probe 30a/b	
30a	LH507	Sao Paolo	27.02.19	10:35	ja, innen, Test	ja
30b	LH507	Sao Paolo	27.02.19	10:35	ja, außen	nein

Hinweise zu den Proben:

Bereiche: **außen** – die an der Außenwand befindlichen Sitzreihen werden untersucht

innen – die mittig in der Kabine befindlichen Sitzreihen werden untersucht

Probe 8 Der Zugang zum Luftfahrzeug wurde erst sehr spät freigegeben und die Zeit war für eine Probenahme nicht mehr ausreichend.

Probe 10 Diese Probe ist im Verlauf der Studie verloren gegangen.

Probe 29 Diese Probe wurde als Probe 30a und 30b beschriftet.

3.6 Auswertung der Proben

Die Auswertung der Proben erfolgt nach dem Abschluss der praktischen Studie im Institut für Hygiene und Umwelt in Hamburg. Zu diesem Zweck werden die Proben aus den Probenbeuteln auf große Petrischalen überführt und mit Hilfe einer Lupentischlampe (Abbildung 29) grob überprüft und mögliche Teile von Insekten auf kleine Petrischalen zur späteren Überprüfung überführt.



Abbildung 29: Lupentischlampe (exemplarisch)⁷⁵

Die Arbeit an der Lupentischlampe erfordert eine große Konzentration, da die Proben teilweise sehr viele Kleinteile und Fasern enthalten (Abbildung 30). Damit in den Fasern keine Insektenteile übersehen werden, müssen diese mit Hilfe von Pinzetten und Skalpelln ausgebreitet und durchsucht werden (Abbildung 31).

⁷⁵ Lampenwelt.de 2019



Abbildung 30: Sicht auf eine Probe unter der Lupentischlampe⁷⁶

⁷⁶ Eigene Bilder



Abbildung 31: Sicht auf Fasern einer Probe unter der Lupentischlampe (zweifache Vergrößerung)⁷⁷

Der Zeiteinsatz pro Probe beträgt bei sorgfältiger Begutachtung eine Stunde. Am Beispiel einer Testprobe (Abbildung 32) wird die Überführung der gefundenen Insekenteile auf eine Petrischale gezeigt. Durch die geringe Vergrößerung, aber gute Übersicht einer Lupentischlampe kann so eine erste Begutachtung der Proben erfolgen (Abbildung 33). Eine genauere Untersuchung der Funde ist unter einem Auflichtmikroskop (Abbildung 34, Abbildung 35) möglich.

⁷⁷ Eigene Bilder

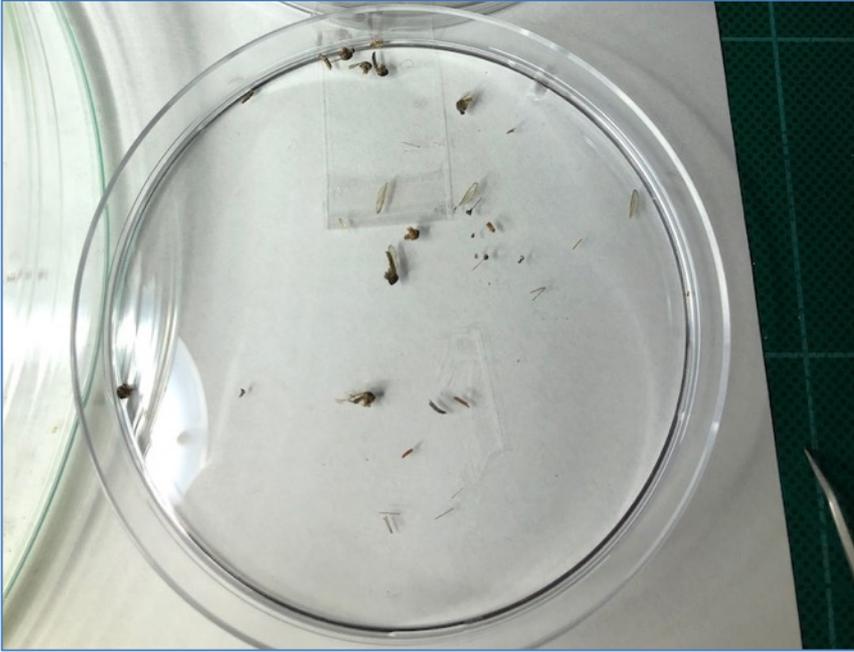


Abbildung 32: Überführung von Insektenteilen auf kleine Petrischalen (hier: Testprobe)⁷⁸

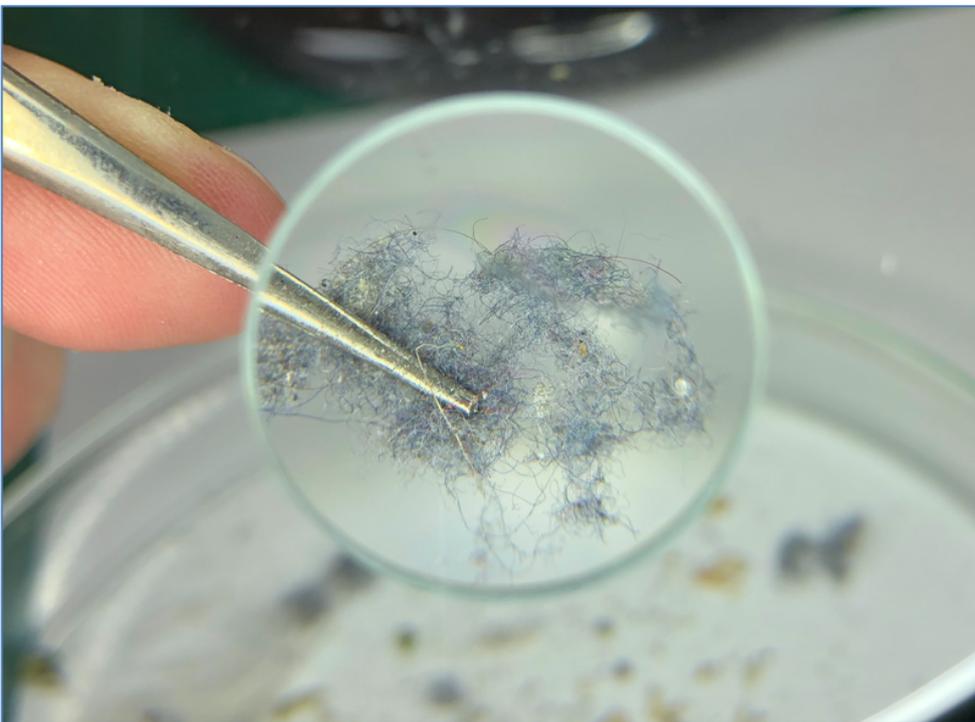


Abbildung 33: Sicht auf Fasern einer Probe unter der Lupentischlampe (vierfache Vergrößerung)⁷⁹

⁷⁸ Eigene Bilder

⁷⁹ Eigene Bilder



Abbildung 34: Auflichtmikroskop (beispielhaft Bresser Erudit)⁸⁰

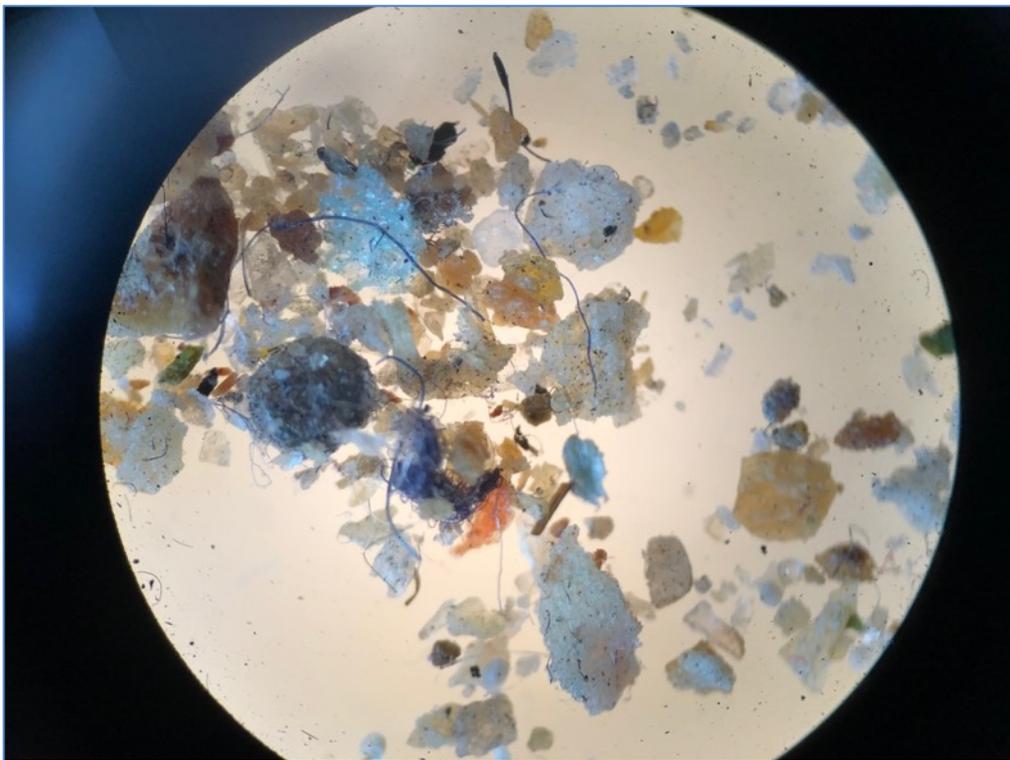


Abbildung 35: Sicht durch ein Auflichtmikroskop auf eine Probe⁸¹

⁸⁰ https://www.bresser.de/out/pictures/generated/product/1/460_460_70/088854d20cd9627a2cc718622a929dab_5803600_m_1.jpg, Zugriff am 07.08.2019

⁸¹ Eigene Bilder

Nach der Überprüfung aller Proben haben sich bei sieben Proben mögliche Insekenteile gezeigt, die an das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin Hamburg für eine genauere Artenbestimmung und die Analyse auf eventuelle Krankheitserreger weitergegeben werden.

4. Ergebnis der Studie

Die systematische Beprobung von Passagierflugzeugen auf Stechmücken nach deren Landung an deutschen Großflughäfen ist mit Einschränkungen durchführbar. Somit gibt es Grenzen für die Machbarkeit, die sich unter anderem aus dem kleinen Zeitraum ergeben, in dem der Zutritt zum Luftfahrzeug am Boden möglich ist. Aus insgesamt 28 Proben wurden sieben Verdachtsproben isoliert und durch das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin Hamburg genauer untersucht. In einer Probe fand sich ein Mückenfragment, die restlichen wiesen keinen Befund auf. Es wurden neben dem einen Mückenfragment keine anderen Vektoren (z.B. andere Insekten) gefunden.

Die positive Probe 27 stammt aus einer Boeing 747-800, die am 26.02.2019 von Rio de Janeiro nach Frankfurt geflogen ist (LH501). Da es sich nur um den Thorax einer Mücke handelt, muss dieses Fragment zur genauen Artbestimmung und Überprüfung auf eventuelle Krankheitserreger genetisch untersucht werden. Das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin hat dies versucht, es ist aber nicht gelungen, da das Mückenfragment zu alt und zu trocken für diese Art der Analyse war.

Lebende Stechmücken wurden in keinem der untersuchten Passagierräume gefunden.

5. Bewertung

Die Untersuchung von 28 Luftfahrzeugen aus Vektor-Endemiegebieten am Frankfurter Flughafen auf Stechmücken hat einen Verdachtsfall ergeben. Es handelt sich um einen Mückenthorax, der aber auf Grund seiner ausgetrockneten Beschaffenheit zur Artenbestimmung nicht geeignet war. Die anderen 27 Luftfahrzeuge wiesen keine lebenden oder toten Mücken oder Mückenfragmente auf.

Die Proben wurden mit einem Protokoll immer auf die gleiche Art und Weise genommen. Der Weg durch die Kabine und die Sitzreihen wurde standardisiert abgelaufen und der Sauger hatte zu Beginn immer einen leeren Sammelbehälter und volle Akkus. Das Verfahren zur Probennahme wurde durch Testproben mit toten Mücken insofern validiert als gezeigt werden konnte, dass Mücken oder deren Fragmente aufgesaugt werden und mit Hilfe der Lupenlampe und dem Mikroskop zuverlässig in dem Probenmisch gefunden werden können.

Die Ergebnisse der Studie entsprechen den Erwartungen in Hinblick auf die gemäß WHO und IGV empfohlenen Maßnahmen zur Vektorkontrolle im Bereich des Flugverkehrs und deuten auf ein sehr gutes Ergebnis aller getroffenen Desinsektionsmaßnahmen außerhalb des Passagierraums. Allerdings lässt das Ergebnis der Untersuchung Zweifel offen, ob Stechmücken überhaupt an Bord gelangen und die regelmäßigen Desinsektionsmaßnahmen im Flugzeug grundsätzlich angemessen sind, da sonst durch das systematische Absaugen mehr Mücken oder deren Fragmente hätten gefunden werden müssen. Dies ist hinsichtlich der Frage nach der gesundheitlichen Belastung der Crew (und der Passagiere) durch den regelmäßigen Kontakt mit Insektiziden ein wichtiges Ergebnis.

Es müssen aber auch noch weitere Faktoren genannt und berücksichtigt werden:

Die Studie bezieht sich auf einen kurzen Zeitraum (04. Februar 2019 bis 01. März 2019). Dieser Zeitraum kann nicht pauschal auf das gesamte Jahr umgerechnet werden, da die weltweite Mückenpopulation klimatischen Schwankungen im Jahresverlauf unterliegt, sowie dem aktuell stattfindenden Klimawandel.⁸² Die Anzahl der Proben ist im Vergleich zu den täglich stattfindenden Starts und Landungen in Frankfurt im Jahresdurchschnitt sehr gering. Bei 512.115 Flugbewegungen, bis zu 1575 pro Tag und 2,2 Millionen Tonnen Fracht ist es nicht möglich, alles zu überwachen.⁸³

Die Probenahme fand nicht unter optimalen Bedingungen statt. Die Zeit, in der ein Luftfahrzeug am Boden steht, kostet die Fluggesellschaft Geld. Aus diesem Grund sind alle Abläufe, die der Abfertigung des Luftfahrzeuges dienen, auf die Zeit hin optimiert. Es laufen viele Tätigkeiten parallel ab, wie zum Beispiel das Be- und Entladen, das Reinigen und Vorbereiten der Kabine für neue Passagiere und das Catering. All diese Maßnahmen behindern die Probenahme durch zeitliche und örtliche Einschränkungen.

⁸² Stark et al. 2009

⁸³ Fraport AG 2019

6. Fazit

Die Frage nach dem Ausmaß der Verbreitung von Stechmücken als potentielle Überträger vektorbasierter Infektionskrankheiten über den internationalen Luftverkehr kann hier nur teilweise beantwortet werden. Zumindest in die Passagierkabinen scheinen Mücken nicht oder nur kaum einzudringen, da man zumindest tote, der Residualbehandlung der Flugzeugkabine zum Opfer gefallene, Exemplare hätte finden müssen.

Das Ausmaß einer Verbreitung von Stechmücken als potentielle Überträger vektorbasierter Krankheiten über den internationalen Personenluftverkehr, bezogen auf die untersuchten Flugzeugräume, Destinationen und die Jahreszeit der Studie, kann als sehr gering eingestuft werden.

Literaturverzeichnis

AS Media Ltd., 2014. *Reiseblog Flashpacking4Life: Thailand, Philippinen u. Südostasien, Vietnam Backpacker* [Online]. Flughafen Bangkok. Verfügbar unter <https://flashpacking4life.de/flughafen-bangkok/>. [Zugriff am 29. Juli 2019].

Bayer AG, 2019. *How can we stem Zika, malaria and dengue?* [Online]. Verfügbar unter <https://www.research.bayer.com/en/mosquitoes-zika-malaria-dengue.aspx>. [Zugriff am 19. August 2019].

Becker, N., 2003. *Mosquitoes and their control* [Online]. Verfügbar unter https://www.biologie-seite.de/Biologie/Aedes_vexans. [Zugriff am 26. August 2019].

Biogents AG, 2019a. *Asiatische Tigermücke (Aedes albopictus)* [Online]. Verfügbar unter <https://eu.biogents.com/aedes-albopictus-asiatische-tigermuecke/?lang=de>. [Zugriff am 12. August 2019].

Biogents AG, 2019b. *Gelbfiebermücke (Aedes aegypti)* [Online]. Verfügbar unter <https://eu.biogents.com/aedes-aegypti-gelbfiebermuecke/?lang=de>. [Zugriff am 12. August 2019].

Boeing, 2004. *Boeing D6-7127* [PDF]. (*internes Dokument*).

Bogatsu, D.L. (k.J.) *DISINFECTION & DISINSECTION/ TRANSPORT OF HUMAN REMAINS ZAMBIA*. 72.

Centers for Disease Control and Prevention, 2019. *Zika Travel* [Online]. Zika Travel Information. Verfügbar unter <https://wwwnc.cdc.gov/travel/page/zika-travel-information>. [Zugriff am 4. August 2019].

Centers for Disease Control and Prevention, 2014. *Zika Virus* [Online]. Verfügbar unter <https://www.cdc.gov/zika/index.html>. [Zugriff am 12. August 2019].

Deutsche Lufthansa AG, 2018. *LH Timetable de 2018* [PDF]. Verfügbar unter www.lufthansa.de. [Zugriff am 3. September 2018].

Dewald, H., 2019a. *Infektionskrankheiten durch Vektoren Jan2019* [Email]. Verfügbar unter h.dewald@merzig-wadern.de. [Zugriff am 22. Juli 2019].

Dewald, H., 2019b. *Infektionskrankheiten durch Vektoren Juli2019* [Email]. Verfügbar unter h.dewald@merzig-wadern.de. [Zugriff am 7. August 2019].

Dewald, H., 2019c. *Infektionskrankheiten weltweit 08-2019* [Email]. Verfügbar unter h.dewald@merzig-wadern.de. [Zugriff am 12. August 2019].

Diener, S., 2019. *Flughafen Singapur: alle Tipps und Infos zum Changi Airport* [Online].

Verfügbar unter <https://faszination-suedostasien.de/flughafen-singapur-changi-airport/>. [Zugriff am 29. Juli 2019].

DLR, 2011. *DLR Luftströmungen in der Kabine* [Online]. DLR Portal. Verfügbar unter https://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10256/366_read-1664/. [Zugriff am 4. August 2019].

European Centre for Disease Prevention and Control, 2016a. *Aedes aegypti - Factsheet for experts* [Online]. European Centre for Disease Prevention and Control. Verfügbar unter <http://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-aegypti>. [Zugriff am 12. August 2019].

European Centre for Disease Prevention and Control, 2016b. *Aedes albopictus - Factsheet for experts* [Online]. European Centre for Disease Prevention and Control. Verfügbar unter <http://ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-albopictus>. [Zugriff am 12. August 2019].

- Frank, C., et al., 2014. Wichtige, durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten beim Menschen in Deutschland: Epidemiologische Aspekte [Online] *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 57 (5), 557–567. Verfügbar unter doi:10.1007/s00103-013-1925-9.
- Fraport AG, 2017. *Ausweisberechtigungen-Plan.pdf* [PDF]. Verfügbar unter https://www.fraport.de/de/misc/binaer/business-und-partner/services/flughafenausweise/faq-zum-flughafenausweis/ausweisberechtigungen-2017/_jcr_content.file/ausweisberechtigungen-plan.pdf. [Zugriff am 29. Juli 2019].
- Fraport AG, 2019. *Frankfurt Airport - Daten und Fakten zum Flughafen Frankfurt*. [Online]. April 2019. Verfügbar unter <https://www.frankfurt-airport.com/de/reisen/am-flughafen.detail.suffix.html/article/b2b/airlines---touristik/airlines/daten-und-fakten/daten-und-fakten.html>. [Zugriff am 19. August 2019].
- FRWEIN GmbH & CO. KG, 2017. *Frowein LH AG* [Online]. Verfügbar unter <https://www.frowein808.de/products/INSEKTENBEK%C3%84MPFUNG/>. [Zugriff am 23. August 2019].
- Gratz, N.G., Steffen, R. & Cocksedge, W., 2000. Why aircraft disinsection? *Bulletin of the World Health Organization*. 10.
- Hoffmann, G., 2000. *Gesundheitsschädlinge im internationalen Verkehr und deren Bekämpfung* [Online]. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 43 (12), 923–939. Verfügbar unter doi:10.1007/s001030050387.
- Ibañez-Justicia, et al., 2017. *The first detected airline introductions of yellow fever mosquitoes (Aedes aegypti) to Europe, at Schiphol International airport, the Netherlands*. *Parasites & Vectors* [Online] 10 (1), 603. Verfügbar unter doi:10.1186/s13071-017-2555-0.
- Klaus, J. (2019) *Lufthansa Detmol* (internes Dokument)

Klaus, J., et al., 2016. *Disinfection of aircraft: Appropriate disinfectants and standard operating procedures for highly infectious disease*. [Online]. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 59 (12), 1544–1548. Verfügbar unter doi:10.1007/s00103-016-2460-2.

Lampenwelt.de, 2019. *LED-Lupenlampe Lupo in Schwarz* [Online]. Verfügbar unter <https://www.lampenwelt.de/led-lupenlampe-lupo-in-schwarz.html>. [Zugriff am 2. August 2019].

Lufthansa AG, 2019a. *Lufthansa Flotte*. [Online]. Lufthansa Group. Verfügbar unter <https://www.lufthansagroup.com/de/unternehmen/flotte/lufthansa-und-regionalpartner.html>. [Zugriff am 8. August 2019].

Lufthansa AG, 2019b. *Sitzplan Langstrecke Boeing 747-800* [PDF]. Verfügbar unter https://www.lufthansa.com/content/dam/lh/documents/discover-lufthansa/lufthansa-fleet/74h/201812_B748_8f80c32e244B.pdf. [Zugriff am 24. Juli 2019].

Mier-y-Teran-Romero, L., Tatem, A.J. & Johansson, M.A., 2017. *Mosquitoes on a plane: Disinsection will not stop the spread of vector-borne pathogens, a simulation study* [Online] 11 (7), e0005683. Verfügbar unter doi:10.1371/journal.pntd.0005683.

Ministry for Primary Industries, 2017. *Schedule of aircraft disinsection procedures for flights into Australia and New Zealand* [PDF].

Redaktion Deutsches Ärzteblatt, D.Ä.G., 2018. *Aedes-aegypti-Mücke in Europa angekommen* [Online]. Deutsches Ärzteblatt. Verfügbar unter <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/89032/Aedes-aegypti-Muecke-in-Europa-angekommen>. [Zugriff am 12. August 2019].

- Redaktion Deutsches Ärzteblatt, D.Ä.G., 1997. *Diagnostik und Differentialdiagnostik des Dengue-Fiebers* [Online]. Deutsches Ärzteblatt. Verfügbar unter <https://www.aerzteblatt.de/archiv/7373/Diagnostik-und-Differentialdiagnostik-des-Dengue-Fiebers>. [Zugriff am 12. August 2019].
- Redaktion Deutsches Ärzteblatt, D.Ä.G., 2016. *ZikaVirus-Infektion: Tropische Krankheit mit Relevanz für Deutschland*. [Online]. Deutsches Ärzteblatt. Verfügbar unter <https://www.aerzteblatt.de/archiv/175515/ZikaVirus-Infektion-Tropische-Krankheit-mit-Relevanz-fuer-Deutschland>. [Zugriff am 12. August 2019].
- Robert Koch Institut, 2019a. *RKI - Denguefieber - Antworten auf häufig gestellte Fragen zu Dengue und zur Impfung* [Online]. Infektionskrankheiten A-Z. Verfügbar unter <https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Dengue/FAQ-Liste.html>. [Zugriff am 12. August 2019].
- Robert Koch Institut, 2015. *RKI - RKI-Ratgeber - Malaria* [Online]. RKI-Ratgeber. Verfügbar unter https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Malaria.html. [Zugriff am 1. Juli 2019].
- Robert Koch Institut, 2019b. *RKI - Zikavirus-Infektionen - Antworten auf häufig gestellte Fragen (FAQ): Zikavirus-Infektionen* [Online]. Verfügbar unter <https://www.rki.de/SharedDocs/FAQ/Zikavirus/Zikavirus-Infektionen.html>. [Zugriff am 1. Juli 2019].
- Rozendaal, J.A., 1997. *Vector control: methods for use by individuals and communities* [PDF]. Geneva, World Health Organization.
- SAE International, 1998. Aerospace Material Specification 1450A [PDF]. (internes Dokument).
- Scholte, E.-J., Ibáñez-Justicia, A. & Stroo, A., 2014. *Mosquito collections on incoming intercontinental flights at Schiphol International airport, the Netherlands, 2010-201*. 325.

- Stark, K., et al., 2009. *Die Auswirkungen des Klimawandels: Welche neuen Infektionskrankheiten und gesundheitlichen Probleme sind zu erwarten?* [Online]. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 52 (7), 699–714. Verfügbar unter doi:10.1007/s00103-009-0874-9.
- Sullivan, W.N., et al., 1964. *STUDIES ON AIRCRAFT DISINSECTION AT 'BLOCKS AWAY' IN TROPICAL AREAS* [Online]. *Bulletin of the World Health Organization*. 30113–118.
- Takken, W., k.J.. *Manual on prevention of establishment and control of mosquitoes of public health importance in the WHO European Region* [PDF]. 75.
- Tatem, A.J., et al., 2012. *Air travel and vector-borne disease movement*. *Parasitology* [Online] 139 (14), 1816–1830. Verfügbar unter doi:10.1017/S0031182012000352.
- Travelbook, 2018. *Ranking: Die weltweit am besten vernetzten Flughäfen* [Online]. Verfügbar unter <https://www.travelbook.de/fliegen/airports/das-sind-die-weltweit-am-besten-vernetzten-flughaefen>. [Zugriff am 8. August 2019].
- Tropeninstitut, 2017. *Zika Virus - Antworten auf häufige Fragen* [Online]. Verfügbar unter <https://tropeninstitut.de/krankheiten-a-z/zika-virus>. [Zugriff am 12. August 2019].
- Tropical Concept Sarl, 2017. *Ratgeber Malariaschutz & gegen Mückenstiche* [Online]. 2017.
- NOBITE.COM. Verfügbar unter <http://www.nobite.com/de/ratgeber/>. [Zugriff am 19. August 2019].
- Umweltbundesamt, k.J.. *Fact_Sheet_Pyrethroide.pdf* [PDF]. Verfügbar unter http://www.raumluft.org/fileadmin/dokumente/Fact_Sheet_Pyrethroide.pdf. [Zugriff am 4. August 2019].

Umweltbundesamt, 2019. *Gelbfiebermücke* [Online]. Umweltbundesamt. Verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/gelbfiebermuecke>. [Zugriff am 22. August 2019].

Weisel, C.P., Isukapalli, S., 2012. *Quantifying Exposure to Pesticides on Commercial Aircraft*. [Online]. Verfügbar unter https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/cer/media/QuantifyingExposurePesticides.pdf. [Zugriff am 26. August 2019].

WHO, 2004. *02 - dPhenothrin_Spec_Eval_Oct_2004*. [PDF]. Verfügbar unter <http://www.who.int/whopes/quality/en/>. [Zugriff am 26. August 2019].

WHO, 2015. *06 - Permethrin_40-60_spec_eval_WHO_Sep_2015* [PDF]. Verfügbar unter <http://www.who.int/whopes/quality/en/>. [Zugriff am 26. August 2019].

World Health Organization, 2018a. *Equipment for vector control specification guidelines, second edition* [Online]. Verfügbar unter <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272410/9789241513821-eng.pdf?ua=1>. [Zugriff am 4. August 2019].

World Health Organization, 2012. *Guidelines for testing the efficacy of insecticide products used in aircraft* [Online]. Verfügbar unter https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44836/9789241503235_eng.pdf?sequence=1. [Zugriff am 15. Juli 2019].

World Health Organization, 2012. *Handbook for integrated vector management* [PDF]. Geneva, World Health Organization.

World Health Organization, 2016. *International health regulations (2005)*. Third edition [PDF]. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

- World Health Organization, 2018b. *Methods and operating procedures for aircraft disinsection* [Online]. Verfügbar unter <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/279702/WHO-CDS-NTD-VEM-2018.07-eng.pdf?ua=1>. [Zugriff am 1. Juli 2019].
- World Health Organization, 2018c. *Report of an international consultation: methodology for risk mapping of the international spread of vector-borne diseases via air travel* [Online]. Verfügbar unter <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311025/WHO-WHE-CPI-2018.41-eng.pdf?sequence=1>. [Zugriff am 1. Juli 2019].
- World Health Organization, 2016a. *Report of the WHO Ad-hoc Advisory Group on aircraft disinsection for controlling the international spread of vectorborne diseases* [Online]. Verfügbar unter https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/205795/WHO_HSE_GCR_2016.12_eng.pdf;jsessionid=AC7F05761CBD83F77D18217153209727?sequence=1. [Zugriff am 1. Juli 2019].
- World Health Organization, 2016b. *Vector surveillance and control at ports, airports, and ground crossings* [Online]. Verfügbar unter http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204660/1/9789241549592_eng.pdf?ua=1. [Zugriff am 6. Juni 2019].
- World Health Organization, 2016c. *Aircraft disinsection for mosquito control* [Online]. Verfügbar unter http://www.who.int/ihr/ports_airports/zika-aircraft-disinsection/en/. [Zugriff am 4. August 2019].
- World Organization, 2007. *Global Public Health Security in the 21st Century: Global Public Health Security*. [PDF]. Genf, World Health Organization.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Textpassagen, die wörtlich oder dem Sinn nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Osterrönhof, 29.08.2019

Martin René Krassa

Anhang

Als Anhang zu dieser Bachelorthesis sind die Protokolle der Probenahme und die weltweiten Übersichten der durch Vektoren übertragenen Krankheiten beigefügt.

- Anhang A Airbus 380-800
- Anhang B Boeing 747-400
- Anhang C Boeing 747-800
- Anhang D Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit
 (Stand August 2019)
- Anhang E Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit
 (Stand Januar 2019)

Anhang A – Airbus 380-800

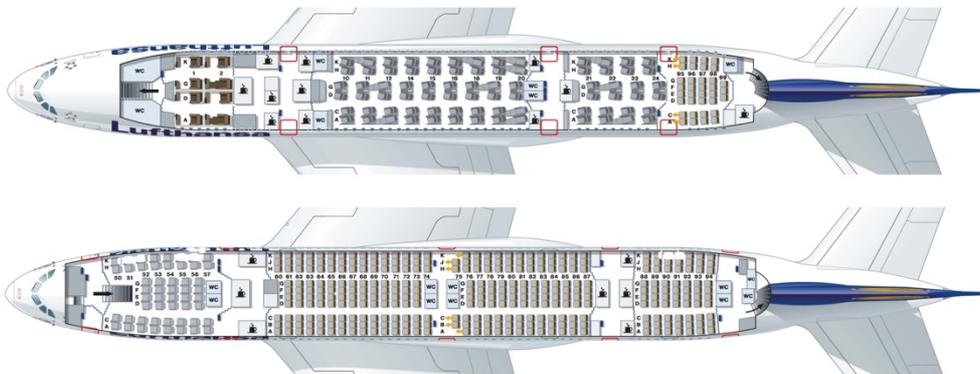
Probenahme Protokoll EU Studie “Vector Control on Aircraft”

Nr. _____

Airline	Lufthansa	Registration / Callsign		ETA	__ : __ . __ . __ 20__
Flight-No.		Airport of Departure		Airport of Arrival	HAMBURG (HAM)
Intermediate stops: yes <input type="checkbox"/> / no <input type="checkbox"/>		Gate of Departure		Gate of Arrival	
Type	PAX <input type="checkbox"/> / Cargo <input type="checkbox"/>	Manufacturer	Airbus	Model	<u>380-800</u>
Crew		Passengers		Cargo	

Notes:

Orte der Durchführung



Bereich	Art der Untersuchung	Ergebnis	Bemerkung
1. Galley			
2. Cabin 1 st			
3. Cabin Business			
4. Cabin Premium Eco.			
5. Cabin Economy			
6. Lavatories			
7. Crew rest areas			

Anhang B – Boeing 747-400

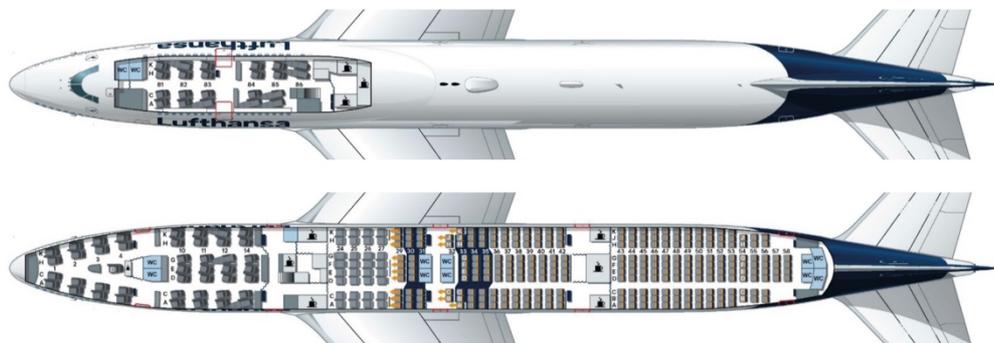
Probenahme Protokoll EU Studie “Vector Control on Aircraft”

Nr. _____

Airline	Lufthansa	Registration / Callsign		ETA	__ : __ . __ . __ 20__
Flight-No.		Airport of Departure		Airport of Arrival	HAMBURG (HAM)
Intermediate stops: yes <input type="checkbox"/> / no <input type="checkbox"/>		Gate of Departure		Gate of Arrival	
Type	PAX <input type="checkbox"/> / Cargo <input type="checkbox"/>	Manufacturer	Boeing	Model	747-400
Crew		Passengers		Cargo	

Notes:

Orte der Durchführung



Bereich	Art der Untersuchung	Ergebnis	Bemerkung
1. Galley			
2. Cabin 1 st			
3. Cabin Business			
4. Cabin Premium Eco.			
5. Cabin Economy			
6. Lavatories			
7. Crew rest areas			

Anhang C – Boeing 747-800

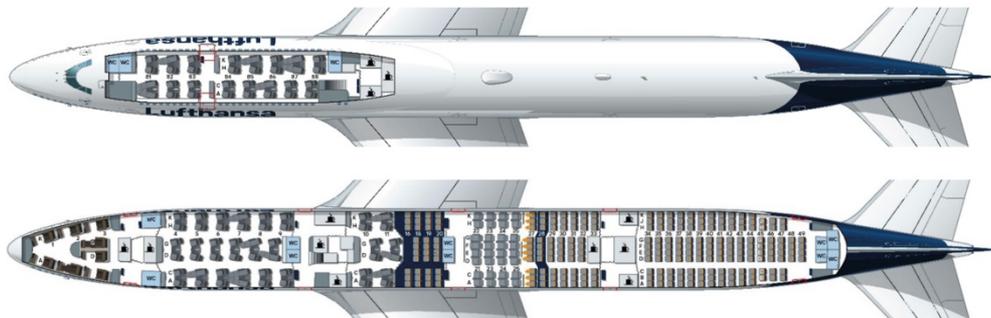
Probenahme Protokoll EU Studie “Vector Control on Aircraft”

Nr. _____

Airline	Lufthansa	Registration / Callsign		ETA	__ : __ __ . __ . 20__
Flight-No.		Airport of Departure		Airport of Arrival	HAMBURG (HAM)
Intermediate stops: yes <input type="checkbox"/> / no <input type="checkbox"/>		Gate of Departure		Gate of Arrival	
Type	PAX <input type="checkbox"/> / Cargo <input type="checkbox"/>	Manufacturer	Boeing	Model	747-800
Crew		Passengers		Cargo	

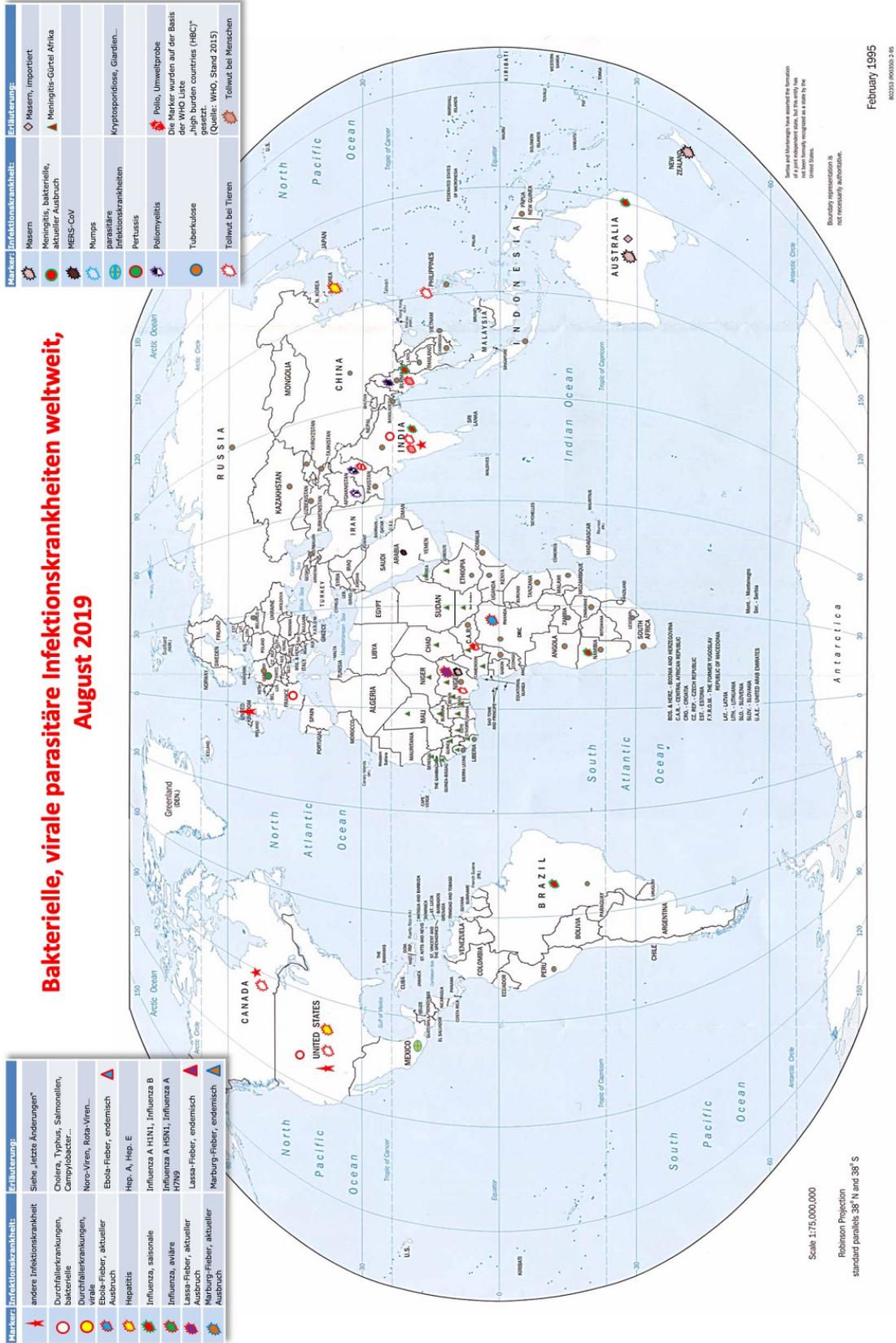
Notes:

Orte der Durchführung



Bereich	Art der Untersuchung	Ergebnis	Bemerkung
1. Galley			
2. Cabin 1 st			
3. Cabin Business			
4. Cabin Premium Eco.			
5. Cabin Economy			
6. Lavatories			
7. Crew rest areas			

Anhang D - Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit (Stand August 2019)



Bakterielle, virale parasitäre Infektionskrankheiten weltweit, August 2019

Stand: 05.08.2019
 Diese Karte wurde auf der Grundlage des „CRM Handbuch Reisemedizin“ von Heinz Dewald, Landreis Merzio-Waldern, Gesundheitsamt, Hochwaldstr. 44, 56663 Merzig, erstellt und mit Hilfe von „ProMed-mail-Informationen“, „healthmap.org“, „CIDRAP“, „Outbreak News“ und „RKI-Informationen“ aktualisiert. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann keine Garantie oder Haftung übernommen werden.
 Kontakt: h.dewald@merzig-waldern.de Tel.: 06861/80-409

Anhang E - Durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten weltweit (Stand Januar 2019)

