



Quelle: CDC's public health image library

*MAS Umwelttechnik und -management  
Master Thesis 2013*

# **Die Tigermücke: Eine Herausforderung für die Schweiz**

## Situation und Handlungsbedarf

Susanne Biebinger



MAS Umwelttechnik und -management  
Master Thesis 2013

# **Die Tigermücke: Eine Herausforderung für die Schweiz**

## **Situation und Handlungsbedarf**

Autorin	Dr. Susanne Biebinger
Begleitdozent	Claude Lüscher, FHNW
Experte	Dr. Basil Gerber, Bundesamt für Umwelt
Ort, Datum	Basel, 31. März 2013

© FHNW  
Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Life Sciences  
Gründenstrasse 40  
CH-4132 Muttenz

Telefon +41 61 467 42 42  
E-Mail [weiterbildung.lifesciences@fhnw.ch](mailto:weiterbildung.lifesciences@fhnw.ch)  
Web [www.fhnw.ch/lifesciences](http://www.fhnw.ch/lifesciences)

## **Dank**

Ich danke Basil Gerber und Claude Lüscher, den Betreuern meiner Arbeit, für ihr Interesse und die fachliche Unterstützung.

Ohne die Hilfe zahlreicher Expertinnen und Experten wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Ihnen allen danke ich für die Offenheit und die Zeit, die sie mir für Auskünfte, Fragen und Diskussionen zur Verfügung gestellt haben. Einige gewährten mir grosszügig Einsicht in Dokumente, die noch vertraulich waren. Dies alles hat mir geholfen, ein besseres Verständnis für das Thema der invasiven Stechmücken und die aktuelle Situation in der Schweiz bekommen.

Einen wichtigen Platz in dieser Arbeit nimmt die Situation im Tessin ein, dem einzigen Schweizer Kanton, der bisher von der Tigermücke betroffen ist. Für Details und Dokumente zur dortigen Mückenbekämpfung, die substanziell in diese Arbeit eingeflossen sind, danke ich insbesondere Mauro Tonolla und Eleonora Flacio (ICM) sowie Peter Lüthi (ETHZ). Hilfreich waren zudem die Informationen von Norbert Becker (KABS) zur Mückenbekämpfung in Deutschland.

Auch Pie Müller und Christian Lengeler (SwissTPH) sowie Francis Schaffner und Alexander Mathis (IPZ) haben mir mit Auskünften zum Stand der Forschung sehr geholfen. Weiterhin möchte ich den Vertretern der Bundesbehörden und der kantonalen Fachstellen sowie allen übrigen Personen meinen Dank aussprechen, die mit ihren Auskünften zu dieser Arbeit beigetragen haben.

Meinem Mann Thomas, der mit seinen Korrekturen zur Verbesserung des Stils beigetragen hat, und meiner Tochter Julia danke ich für ihre Geduld und Unterstützung während dieser nicht ganz einfachen Zeit.

Besonderer Dank gebührt Peter Lüthy, Nicole Gysin, Bettina Hitzfeld, Ruth Hauser, Mauro Tonolla, Eleonora Flacio und Yves Parrat, die das Manuskript oder Teile davon gegengelesen haben.



# Inhalt

<b>I. Summary</b> .....	<b>i</b>
<b>I. Zusammenfassung</b> .....	<b>iii</b>
<b>II. Einleitung</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Risiken und Schäden durch die Tigermücke</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Krankheitsübertragung auf den Menschen</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Krankheitsübertragung auf Tiere</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Lästigkeit und Allergenität der Stechmücken</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Ökonomische Schäden (Bekämpfung, Tourismus)</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Ökologische Schäden</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Verbreitung der Tigermücke</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Verbreitungsarten</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Aktive Verbreitung via Flug .....	5
2.1.2 Passive Verbreitung über Transportwege.....	5
2.1.3 Weitere Gründe für die Verbreitung der Mücken und mückenübertragener Viruskrankheiten .....	6
<b>2.2 Verbreitung in Europa</b> .....	<b>7</b>
2.2.1 Italien .....	9
2.2.2 Frankreich .....	9
2.2.3 Deutschland.....	10
2.2.4 Schweiz .....	10
2.2.5 Prognose für die Schweiz.....	12
<b>3 Ausgangslage und Zuständigkeiten in der Schweiz</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Rechtliche Grundlagen</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2 Zuständigkeiten</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3 Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Koordination</b> .....	<b>16</b>
<b>4 Ziele und Strategie</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1 Ziele der Prävention und der Bekämpfung</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2 Präventions- und Bekämpfungsstrategien</b> .....	<b>20</b>
4.2.1 Prävention als Strategie .....	20
4.2.2 Kombinierte Massnahmen gegen die Tigermücke .....	22
<b>4.3 Konzepte für die Schweiz</b> .....	<b>23</b>
<b>4.4 Risikoabschätzung und szenarienabhängiges Vorgehen</b> .....	<b>23</b>
<b>5 Prävention</b> .....	<b>27</b>
<b>5.1 Überwachung</b> .....	<b>27</b>
5.1.1 Monitoring der Mücken(arten) .....	28
5.1.2 Überwachung der Viren und infizierter Mücken.....	30
5.1.3 Überwachung öffentliche Gesundheit .....	30
5.1.4 Überwachung Insektizidresistenz.....	31
5.1.5 Monitoring in Deutschland.....	31

5.2	Informationskonzept.....	32
5.3	Weitere präventive Massnahmen.....	33
<b>6</b>	<b>Bekämpfung.....</b>	<b>36</b>
6.1	Welche Mückenstadien können bekämpft werden?.....	36
6.2	Insektizide .....	36
6.2.1	Biologische Larvizide .....	36
6.2.2	Chemische Insektizide.....	39
6.3	Weitere Massnahmen zur Bekämpfung der Tigermücke.....	42
6.4	Wer führt die Bekämpfung aus?.....	44
6.5	Vorbereitung.....	44
6.6	Wo muss bekämpft werden? .....	45
6.7	Auswahl der Bekämpfungsmittel.....	45
6.8	Rezepturen und Applikationsformen .....	48
6.9	Korrekte Anwendung der Mittel .....	49
6.10	Vermeidung von Resistenzen.....	49
6.11	Instruktion und fachliche Begleitung des Bekämpfungspersonals .....	51
6.12	Begleitmonitoring .....	51
<b>7</b>	<b>Bestehende Bekämpfungsstrategien.....</b>	<b>52</b>
7.1	Integriertes Vektormanagement am Beispiel des Kantons Tessin.....	52
7.2	Bekämpfungsstrategien im Ausland .....	58
7.2.1	Italien .....	58
7.2.2	Frankreich .....	59
7.2.3	Deutschland.....	60
7.2.4	Initiativen in Europa und weltweit .....	61
7.2.5	Beispiele für Erfolge und Misserfolge bei der Bekämpfung der Tigermücke .....	62
<b>8</b>	<b>Handlungsbedarf.....</b>	<b>63</b>
8.1	Forschung und Monitoring.....	63
8.2	Handlungsbedarf auf nationaler Ebene .....	63
8.2.1	Zuständigkeiten .....	63
8.2.2	Klärung der rechtlichen Grundlagen .....	64
8.2.3	Sensibilisierung der Kantone.....	64
8.2.4	Aufbau eines Frühwarnsystems.....	64
8.2.5	Beobachtung und Beurteilung der Lage .....	64
8.2.6	Handlungsempfehlungen für die Kantone .....	65
8.2.7	Prävention .....	65
8.2.8	Marktsituation Insektizide .....	65
8.2.9	Empfehlungen für die Bekämpfung .....	66
8.2.10	Vorkehrungen im Gesundheitssektor .....	66
8.3	Handlungsbedarf bei den Kantonen.....	67
8.3.1	Klärung der Zuständigkeiten im Kanton .....	67
8.3.2	Empfohlene Vorbereitungen durch die kantonale Koordinationsstelle .....	67
8.3.3	Einsetzen einer Arbeitsgruppe im Kanton.....	67

8.3.4	Zusammensetzung der kantonalen Arbeitsgruppe.....	67
8.3.5	Mögliche Aufgaben der kantonalen Arbeitsgruppe.....	69
8.3.6	Koordination Bund - Kantone .....	70
<b>9</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>71</b>
<b>10</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>72</b>
10.1	Literatur (Fachliteratur, Vorträge, Internetlinks).....	72
10.2	Bücher .....	80
10.3	Publikumsmedien (Radio, Filme, Zeitungsartikel) .....	80
10.4	Vorträge/Poster .....	81
10.5	Weitere Internetlinks .....	81
<b>11</b>	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>83</b>
<b>12</b>	<b>Definitionen.....</b>	<b>84</b>
<b>Anhang I</b>	<b>Stechmücken .....</b>	<b>85</b>
<b>Anhang II</b>	<b>Durch Aedes-Arten übertragene Erreger .....</b>	<b>91</b>
<b>Anhang III</b>	<b>Rechtliche Grundlagen.....</b>	<b>96</b>
<b>Anhang IV</b>	<b>Institutionen der Schweiz, die im Gebiet der invasiven Stechmücken aktiv sind .....</b>	<b>112</b>
<b>Anhang V</b>	<b>Empfohlene Massnahmen und Handlungsbedarf .....</b>	<b>115</b>
<b>Anhang VI</b>	<b>Akteure/Aufgaben im Gebiet invasiver, gebietsfremder Vektoren für humanpathogene Krankheitserreger .....</b>	<b>125</b>

## Abbildungsverzeichnis

Titelbild	Tigermücke
Abbildung 1	Tigermücke
Abbildung 2	Durch die Tigermücke und ihre Bekämpfung verursachte Schäden
Abbildung 3	Transportgüter, mit denen die Tigermücke über weite Distanzen verbreitet wird
Abbildung 4	Jahrestemperatur der Schweiz 1964 -2008
Abbildung 5	Verbreitung der Tigermücke <i>Ae. albopictus</i> in Europa 1995–2011
Abbildung 6	Verbreitung der Tigermücke im Tessin
Abbildung 7	Ebenen der Zusammenarbeit und Koordination
Abbildung 8	Die Pfeiler eines integrierten Vektormanagements
Abbildung 9	Beurteilung des Risikos durch die Tigermücke und daraus abgeleiteter Handlungsbedarf
Abbildung 10	Ebenen der Überwachung
Abbildung 11	Mückenfalle (Ovitrap)
Abbildung 12	Typischer Lebenszyklus einer Stechmücke (Anhang I)
Abbildung 13	Identifizierung der Tigermücke (Anhang I)
Abbildung 14	Zuständigkeiten und Aufgaben von Bund und Kantonen (Anhang VI)

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zuständigkeiten und Aufgaben der verschiedenen Bundesbehörden
Tabelle 2	Verschiedene Ausbreitungsszenarien und jeweils empfohlene Massnahmen
Tabelle 3	Die wichtigsten Wirkstoffgruppen der Insektizide
Tabelle 4	Vor- und Nachteile biologischer und chemischer Insektizide
Tabelle 5	Zusammensetzung einer kantonalen Arbeitsgruppe zur Erarbeitung von Strategie und Massnahmen gegen die Tigermücke
Tabelle 6	Empfohlene Massnahmen und Handlungsbedarf (Anhang V)

## I. Summary

### **Invasive mosquitoes pose a threat**

Disease transmitting mosquitoes spread worldwide. Switzerland is also affected: the establishment of two nonresident invasive species, the East Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) and the Asian bush mosquito (*Aedes japonicus*), is already apparent. Both species are perceived as a nuisance since they have a diurnal activity and are aggressive compared to endemic mosquitoes. In addition, the tiger mosquito has a considerable **potential to transmit diseases**; it is not yet known if the bush mosquito also has this potential. The following study focusses therefore on the tiger mosquito. However some principles and strategies can be transferred to other vectors of diseases.

### **Switzerland is also at risk**

The first invasion of the tiger mosquito was of Ticino, from Italy, in 2003. Since then, a cantonal task group, which had already been established in 1987 for the control of annoying mosquitoes in inundation zones, has coordinated prevention and control of the tiger mosquito. In spite of this, the tiger mosquito continues to spread in Ticino.

Most experts assume that sooner or later, the rest of Switzerland will also be affected. Once the tiger mosquito has established in a region and has reached a critical density, as is the case in parts of Ticino, the risk of **`autochthonous` disease transmission** rises: travellers who enter Switzerland carrying a vector-borne disease are bitten by local mosquitoes, which in turn infect further people, thereby causing a local epidemic.

This risk is rising because pathogens such as Chikungunya virus, Dengue virus and West Nile virus, all of which are spread by the tiger mosquito, are on the rise worldwide (Chapter 1). Experience in all parts of the world shows that it is impossible to eradicate the tiger mosquito once it has been established in a region. Its spread can only be inhibited or delayed by early intervention.

### **Possibilities for intervention**

The only method to inhibit or delay establishment of the tiger mosquito, or reduce the population, is to use a combination of prevention and control, as practised in Ticino. This study includes **a summary of the available methods** and evaluates them (Chapter 5 and 6). An analysis of the effects on the environment and the efficiency of the different methods, and a comparison of the costs, show that preventive measures – such as the removal of tiger mosquito breeding sites – are preferable to retroactive control with insecticides. Experience in Ticino, however, has shown that this type of preventive programme is extremely laborious and demands excellent organisation and communication between those involved.

To reduce the mosquito population sufficiently, the use of insecticides is unfortunately unavoidable. This study compares the **advantages and disadvantages of available biological and chemical insecticides**. These are evaluated for criteria like their efficiency and effectiveness as well as their environmental compatibility. Besides the careful **selection of insecticides**, their **proper application** can reduce environmental damage. Several important principles emerge: substances that are stable in the environment should be restricted to places and situations where they are indispensable; the people who apply the treatments must be properly instructed; and selection and the application of the products should be **controlled by an independent institution**. These practices were recently adopted in Ticino, and can help to ensure that insecticides are used in the correct concentrations and in as targeted a manner as possible.

### **Need for action by the national and cantonal authorities**

In the field of invasive mosquitoes, action is required in different domains. The biology of the tiger mosquito and the mechanism of its spread need to be further studied to be able to predict its spread and to assess the risk. **Chapter 8** specifies the **need for action by national and cantonal authorities**, and the **immediate actions** that have to be taken according to the judgement of the author. The most important ones are listed in the following paragraphs.

#### Federation.

The national authorities concerned need to **clarify their responsibilities** and **coordinate their activities**. It is important that not only all persons involved, but also the general public are adequately informed. National authorities should support studies of the basic biology of the invasive mosquitoes wherever possible.

**Nationwide monitoring** is of particular importance since it can provide an **early warning system**. Regions and major traffic routes that could play important roles in the spread of the mosquitoes should be regularly monitored by experts. In this way, invading mosquitoes will be recognized as early as possible (Chapter 5.1, Attachment IV). The national authorities should record the data from monitoring, and provide them to the cantons and the public. The data will form an important basis for decisions regarding concrete measures to be taken by the cantonal authorities. Furthermore, it is recommended that the national authorities together with experts from Ticino lay down **criteria that allow evaluation of the risk in a geographical region**. This study contains a **proposal for different scenarios** for the spread of the tiger mosquito and recommendations regarding **the choice of measures that should be taken as a response** to them (chapter 4.4).

#### Cantons that are already affected (Ticino)

The cantonal authorities of Ticino should **prepare for the eventuality that a person infected with a vector borne disease enters an area with a high mosquito density**. To lower the risk of an epidemic, **immediate measures** have to be defined urgently, for health protection (avoidance of exposure to mosquitoes) and for control of the vectors in the affected area. To this end, the necessary communication pathways have to be defined. As the mosquito situation evolves, the cantonal authorities will need to adapt the human and financial resources dedicated to control, and should plan to provide of additional resources in the future if necessary. Alternative measures for mosquito control need to be evaluated regularly.

#### Regions and cantons that are not yet affected

The results of a survey included in this study show that the majority of cantons is neither sensitized sufficiently, nor prepared for the tiger mosquito. For example, the way in which **responsibilities should be assigned within the cantons** are mostly unclear. Different preparative steps have to be taken to be able to react adequately and promptly to the invasion of the tiger mosquito into a new area. Each canton should **define who will coordinate** actions at the cantonal level: is there already a cantonal office that is responsible for control of invasive foreign species, and which could take over these duties, or should they be delegated to some other organisation? The authorities must also decide **which organisation could carry out prevention and control** if required. The coordinating organisation has to regularly evaluate the risk for the canton, and implement initial measures. The necessary competence needs to be established soon. All this is not possible without the support by experts. It is therefore recommended that **a cantonal task group** that involves the most important authorities of the canton and further professionals **be built at an early stage**. This group can then work out the necessary steps (plan of action, control measures and tools).

## I. Zusammenfassung

### **Invasive Stechmücken stellen eine Gefahr dar**

Weltweit breiten sich Stechmücken aus, die Krankheiten übertragen können. Auch die Schweiz ist betroffen: zwei gebietsfremde invasive Arten, die ostasiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) und die asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus*) etablieren sich zusehends. Beide Arten werden als sehr lästig empfunden, da sie im Gegensatz zu einheimischen Stechmücken tagaktiv und aggressiv sind. Die **Tigermücke** hat ausserdem ein erhebliches **Potential, Krankheiten zu übertragen**; für die Buschmücke ist dies noch nicht geklärt. Die vorliegende Arbeit fokussiert daher auf die Tigermücke. Einige Grundsätze und Strategien lassen sich aber auf andere Krankheitsvektoren übertragen.

### **Auch in der Schweiz besteht ein Risiko**

Das erste Mal wanderte die Tigermücke im Jahr 2003 von Italien her ins **Tessin** ein. Eine kantonale Arbeitsgruppe, die wegen der Bekämpfung der Stechmückenplage in den Überschwemmungsgebieten schon 1987 gebildet wurde, koordiniert seither die Prävention und Bekämpfung der Tigermücke. Obwohl sie konsequent bekämpft wird, breitet sich die Tigermücke im Tessin weiter aus. Die Mehrheit der Fachleute geht davon aus, dass früher oder später **auch die übrige Schweiz** betroffen sein wird. Hat sich die Tigermücke in einer Region etabliert und eine kritische Dichte erreicht, wie dies in Teilen des Tessins vermutlich bereits der Fall ist, steigt das **Risiko einer „autochthonen“ Krankheitsübertragung**: Einreisende Personen, die eine von Mücken übertragene Erkrankung in die Schweiz einschleppen, werden von lokalen Mücken gestochen, die in der Folge die Erreger auf weitere Personen übertragen und eine lokale Epidemie auslösen können. Dieses Risiko nimmt auch deshalb zu, weil durch die Tigermücke verbreitete Erreger wie das Chikungunya-Virus, das Dengue-Virus und das West-Nil-Virus weltweit auf dem Vormarsch sind (Kap. 1). Erfahrungen in vielen Weltteilen haben gezeigt, dass sich die Tigermücke nicht mehr ausmerzen lässt, wenn sie sich in einem Gebiet etabliert hat. Ihre Ausbreitung kann nur durch eine frühzeitige Intervention verhindert oder verzögert werden.

### **Möglichkeiten der Intervention**

Nur durch eine Kombination aus Prävention und Bekämpfung – wie im Tessin praktiziert – lassen sich die Neuansiedlung der Tigermücke verhindern oder verzögern und bereits etablierte Tigermückenpopulationen reduzieren.

Die vorliegende Arbeit enthält eine Zusammenstellung der verschiedenen Massnahmen, die zur Verfügung stehen, und bewertet sie (Kap. 5 und 6). Eine Analyse der Umweltauswirkungen und Effizienz der Methoden sowie ein Kostenvergleich zeigt, dass **Vorsorge** - wie die Beseitigung von Brutstätten der Tigermücke - **besser ist als die nachträgliche Bekämpfung mit Insektiziden**. Die Erfahrungen im Tessin zeigen allerdings, dass die Prävention aufwändig ist und hohe Anforderungen an die Organisation und die Kommunikation zwischen den Beteiligten stellt.

Für die Eindämmung der Mücken sind umweltbelastende **Insektizide** leider unverzichtbar. Die vorliegende Arbeit vergleicht die **Vor- und Nachteile** der biologischen und chemischen Insektizide, die zur Verfügung stehen. Diese werden nach Kriterien der Effizienz und Wirksamkeit sowie nach ihrer **Umweltverträglichkeit** beurteilt. Zudem wird aufgezeigt, dass neben der Auswahl optimaler Mittel auch die **korrekte Anwendung** Umweltschäden verringert. Einige Grundsätze: In der Umwelt stabile Mittel sind auf Standorte und Situationen zu beschränken, wo sie unverzichtbar sind. Das **Bekämpfungspersonal ist gut zu instruieren**. Die Auswahl und der Einsatz der Mittel sollten **durch eine unabhängige Stelle kontrolliert** werden – wie es seit kurzem im Tessin der Fall ist. Dies gewährleistet, dass die Mittel in der richtigen Dosierung und möglichst gezielt eingesetzt werden.

## **Handlungsbedarf beim Bund und den Kantonen**

Auf dem Gebiet invasiver Stechmücken besteht Handlungsbedarf in verschiedenen Bereichen. Die Biologie der Tigermücke und die Mechanismen ihrer Verbreitung müssen weiter erforscht werden, damit eine Prognose ihrer Ausbreitung gemacht und das Risiko abgeschätzt werden kann.

**Kapitel 8** behandelt die aus Sicht der Verfasserin und der meisten Experten notwendigen **Sofortmassnahmen und den Handlungsbedarf bei nationalen und kantonalen Stellen**. Die wichtigsten Punkte daraus:

### Bund

Die involvierten Bundesämter müssen ihre **Zuständigkeiten klären** und ihre Massnahmen koordinieren. Wichtig ist auch, dass alle Beteiligten und die Öffentlichkeit **Informationen** zum Thema erhalten. Der Bund sollte die **Erforschung der Grundlagen** im Bereich invasiver Stechmücken soweit möglich unterstützen.

Dringlich ist vor allem ein **Früherkennungssystem**. Gefährdete Gebiete und Verkehrsachsen, die bei der Verbreitung eine wichtige Rolle spielen, sollten durch Experten **regelmässig überwacht** werden. So lassen sich eindringende Mücken frühzeitig erkennen (Kap. 5.1, Anhang IV). Der Bund sollte diese **Monitoringdaten** sammeln und zur Verfügung stellen. Sie bilden eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Kantone, um konkrete Massnahmen einzuleiten.

Empfohlen wird des Weiteren, dass der Bund gemeinsam mit den Tessiner Mückenexperten und -expertinnen **Kriterien** festlegt, die es erlauben, die **Bedrohungslage** für einen Standort abzuschätzen. Die vorliegende Arbeit enthält einen Vorschlag für verschiedene Verbreitungsszenarien und mit welchen konkreten Massnahmen darauf reagiert werden sollte (Kap. 4.4).

### Bereits betroffene Kantone (Tessin)

Der Kanton Tessin und der Bund sollten sich für den Fall vorbereiten, dass eine **erkrankte Person** in ein Gebiet mit hoher Mückendichte einreist, um das Risiko einer Epidemie zu vermindern. Dafür müssen **dringend Sofortmassnahmen** definiert werden, sowohl beim Gesundheitsschutz (Expositions-Prophylaxe) als auch bei der Bekämpfung der Vektoren. Ferner sollten die dafür nötigen Kommunikationswege festgelegt werden.

Der Kanton Tessin muss die vorhandenen **personellen und finanziellen Ressourcen** laufend den Gegebenheiten anpassen und wenn möglich zusätzliche **Ressourcen** bereitstellen. Bessere **Alternativen zu den bisher verwendeten Mitteln** sind regelmässig zu evaluieren.

### Noch nicht betroffene Regionen und Kantone

Die Mehrheit der Kantone ist weder ausreichend sensibilisiert noch vorbereitet auf die Tigermücke, dies zeigt die Umfrage im Rahmen dieser Arbeit. Zum Beispiel sind nur schon die Zuständigkeiten innerhalb der Kantone weitgehend unklar. Es braucht verschiedene Vorbereitungen, damit angemessen und rechtzeitig reagiert werden kann, wenn die Tigermücke in ein neues Gebiet vordringt.

**Jeder Kanton** sollte baldmöglichst eine **koordinierende Stelle** festlegen: Gibt es eine Koordinationsstelle im Kanton, die bereits heute für die Bekämpfung von invasiven gebietsfremden Organismen (Neobiota) verantwortlich ist und die diese Aufgaben übernehmen kann, oder werden sie an eine andere Stelle delegiert? Ebenfalls zu klären ist, **welche Organisation** bei Bedarf die **Prävention und Bekämpfung** der Mücken ausübt.

Die Koordinationsstelle muss laufend die **Bedrohungslage für den Kanton abschätzen** und bei Bedarf weitere Schritte in die Wege leiten. Dafür braucht es **Knowhow, das schnell aufgebaut werden sollte**. All dies ist im Alleingang nicht möglich; es braucht die Mitwirkung verschiedener Experten. Es wird deshalb empfohlen, **frühzeitig** eine **kantonale Arbeitsgruppe** zu bilden, die die wichtigsten Stellen des jeweiligen Kantons sowie weitere Fachpersonen einbezieht. Diese kann das nötige **Instrumentarium (Massnahmenkonzept, Bekämpfungsmethoden, Hilfsmittel)** erarbeiten.

## II. Einleitung

### Ausgangspunkt dieser Arbeit

Im Jahr 2011 publizierten das **BAFU** und das **BAG** das „Konzept für die Bekämpfung der Tigermücke, *Aedes albopictus*, und der von ihr übertragenen Krankheiten in der Schweiz“. Der Bericht zieht unter anderem das Fazit, dass in diesem Bereich Handlungsbedarf besteht. Dies gab den Anstoss für die vorliegende Arbeit, die im Auftrag des BAFU verfasst wurde und die diesen Handlungsbedarf weiter konkretisieren und mögliche Strategien aufzeigen will.

### Die Ziele dieser Arbeit

Diese Arbeit soll darlegen, in welchem Ausmass die Schweiz von der Tigermücke betroffen ist, und welche Risiken dies mit sich bringt. Es wird aufgezeigt, wo **Handlungsbedarf** besteht, und mit welchen **konkreten Schritten** sich Bund und Kantone vorbereiten können. Die wichtigsten Punkte sind jeweils am Ende der Kapitel sowie in **Kapitel 8** zusammengefasst. Insbesondere die **Kantone**, die für die Bekämpfung der invasiven Vektoren zuständig sind, müssen für das Risiko **sensibilisiert** werden. Eine wirksame Prävention und Bekämpfung erfordert **jahrelange Aufbauarbeit von Knowhow und Handlungskapazitäten**.

Ein **weiteres Ziel** dieser Arbeit war daher, diese **Grundlagen** zusammenzutragen: Zuständigkeiten, rechtliche Grundlagen, Ziele und Strategien (Kap. 3 und 4). Sie soll die wichtigsten Elemente eines „integrierten Vektormanagements“ aufzeigen: **Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen**, die nur im Zusammenspiel zu einer erfolgreichen Bewältigung der invasiven Vektoren führen (Kap. 5 und 6). Das Vorgehen des Kantons Tessin gilt als richtungsweisend und geniesst in der europäischen Fachwelt grosse Anerkennung. Daher wird an diesem Beispiel aufgezeigt, wie die verschiedenen Elemente der Prävention und Bekämpfung umgesetzt werden (Kap. 7.1). Als Vergleich dient das Vorgehen in den Nachbarländern Frankreich, Italien und Deutschland (Kap. 7.2).

Die Arbeit vergleicht und bewertet **Vorgehensweisen und Bekämpfungsmittel**. Neben Effizienz und Wirksamkeit analysiert sie besonders die **Umweltverträglichkeit verschiedener Insektizide**, die immer mehr eingesetzt werden, weil sich die Mücken ausbreiten (Kap. 6). Daneben wird aufgezeigt, wie man **bei deren Einsatz die Belastung für die Umwelt deutlich verringern** kann (Kap. 6.9). Diese Analyse kann dem BAFU als **Grundlage** dienen, falls in der Zukunft **konkrete Empfehlungen** erarbeitet werden.

### Persönliche Voraussetzungen und Motivation

Die Problematik der invasiven Stechmücken berührt verschiedene Themengebiete, die mich schon lange interessiert haben. Diese Arbeit hatte für mich einen besonderen Anreiz, da ich verschiedene Erfahrungen aus meinen bisherigen Tätigkeiten einfließen lassen konnte. Nach dem Biologiestudium befasste ich mich während der Dissertation mit der Schlafkrankheit, die ebenfalls durch Vektoren übertragen wird. Bei meiner Tätigkeit am Kantonalen Labor BS beschäftige ich mich seit Jahren mit biologischen Risiken in Forschungslabors sowie seit einiger Zeit auch mit gefährlichen Chemikalien. Beide Themen sind für die Bekämpfung der Tigermücke relevant. Das Umweltstudium an der FHNW hat mich für die Fragen des Umweltschutzes weiter sensibilisiert. Beim Verfassen dieser Arbeit konnte ich von diesen Vorkenntnissen profitieren. Es erwies sich auch als Vorteil, dass ich auf Grund meiner Tätigkeit gut mit Fachstellen und Behörden vernetzt bin.

Ich bin überzeugt davon, dass die Bedeutung der Tigermücke sowie generell der vektorübertragenen Krankheiten auch in der Schweiz zunehmen wird. Viele der Themen, die für die Tigermücke wichtig sind, sind auch für andere Krankheitsüberträger und invasive Insekten relevant. Die hier zusammengetragenen Grundlagen sollen einen Beitrag dazu leisten, wirksame Strategien und Konzepte für diese zu entwickeln.

## **Vorgehen**

Den Inhalt der Arbeit habe ich durch intensive Literaturrecherche und zahlreiche Gespräche mit Experten und Expertinnen zusammengetragen. Insbesondere habe ich die jahrelangen Erfahrungen des Kantons Tessin in die Arbeit einbezogen, da sich daraus wichtige Schlussfolgerungen für die restliche Schweiz ziehen lassen. Die Offenheit und Hilfe der Befragten hat mir die Arbeit erheblich erleichtert.

## **Verwandte Arbeiten**

Es gibt verschiedene Berichte und Konzepte zum Thema invasiver Vektoren, die teilweise parallel zu dieser Arbeit entstanden und deren Inhalt zum Teil noch nicht genauer bekannt war. Divergenzen im Inhalt sind daher möglich.

### Bereits publiziert

Das **BAFU** und das **BAG** haben 2011 das „*Konzept für die Bekämpfung der Tigermücke, Aedes albopictus, und der von ihr übertragenen Krankheiten in der Schweiz*“ publiziert<sup>1</sup>.

Der **Kanton Tessin** hat verschiedene Hilfsmittel und Anleitungen erstellt, in denen die Organisation und das Vorgehen im Kanton Tessin bei Überwachung, Prävention und Bekämpfung festgelegt sind (Flacio E, GLZ, Lotta contro la zanzara tigre: SOPs).

Das **BVET** hat 2011 ein Konzept zur Überwachung und Prävention des West-Nil-Fiebers herausgegeben<sup>2</sup>.

### In Bearbeitung

Die **Swiss vector entomology group (SVEG)**, ein Expertengremium, erarbeitet im Auftrag des BAFU einen Bericht, der eine Übersicht der gegenwärtigen Arbeiten und Akteure in der Forschung im Bereich der Krankheitsvektoren enthält. Das Dokument war beim Abschluss dieser Arbeit noch nicht ganz fertiggestellt.

---

<sup>1</sup> **BAFU/BAG 2011** *Konzept 2011 für die Bekämpfung der Tigermücke Aedes albopictus und der von ihr übertragenen Krankheiten in der Schweiz*, [www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/23530.pdf](http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/23530.pdf)

<sup>2</sup> **BVET 2011** *Konzept zur Überwachung und Prävention von West-Nil-Fieber*, [www.BVET.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de](http://www.BVET.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de)

# 1 Risiken und Schäden durch die Tigermücke

Die Schweizer Mückenfauna umfasst nach neueren Studien mindestens 37 Stechmückenarten (Schaffner und Mathis 2011). Einzelne haben das Potential, Krankheiten auf den Menschen zu übertragen, und sind auf Grund ihres aggressiven Stechverhaltens besonders lästig. Jede dieser Mückenarten weist Besonderheiten wie spezielle Brutstätten, Lebensbedingungen und Verhaltensweisen auf. **Anhang I** fasst den typischen Lebenszyklus einer Stechmücke zusammen und enthält Informationen zu den Mückenarten, die als potentielle Überträger von Krankheiten für die Schweiz besonders relevant sind.

***Aedes albopictus*, die asiatische Tigermücke**, hat wegen ihrer Nähe zum Menschen und ihrem aggressiven Stechverhalten ein besonders grosses Potential als Krankheitsüberträgerin. Ihre Bekämpfung verursacht zusätzliche Schäden, so die Belastung der Umwelt mit Insektiziden und erhebliche ökonomische Schäden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Schäden beschrieben, die durch die Tigermücke und ihre Bekämpfung entstehen (s. Abbildung 2).

## 1.1 Krankheitsübertragung auf den Menschen

Verschiedene Mückenarten, die in der Schweiz vorkommen, haben das Potential, virale Krankheiten zu übertragen. Nach Einschätzung der meisten Fachleute stellt ***Aedes albopictus*, die ostasiatische Tigermücke**, hierzulande die grösste Gefahr dar. Zu diesem Fazit kam auch eine Masterarbeit des SwissTPH (Kutlar 2010), in der untersucht wurde, wie relevant diese Mückenarten und die durch sie übertragenen Erreger für die Schweiz sind. Als wichtigste Kriterien identifizierte die Autorin die Ausbreitungstendenz der Mücken, ihr Vorkommen und ihre Häufigkeit in der Schweiz, das Verhalten, die Nähe zum Menschen und die Vektorkompetenz (Fähigkeit zur Übertragung von Erregern). Die **grösste Relevanz** ergibt sich demzufolge für ***Aedes albopictus*** (s. Abbildung 1), gefolgt von *Culex pipiens*, der einheimischen Gemeinen Stechmücke.

Auch eine Pilotstudie des Instituts für Parasitologie Zürich ergab für *Ae. albopictus* das grösste Übertragungspotential (Schaffner und Mathis 2011). Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher primär mit der Tigermücke.



**Abbildung 1:**

Die Tigermücke *Ae. albopictus* hat sich innert kurzem weltweit verbreitet und hat das Potenzial, verschiedene Krankheiten auf den Menschen zu übertragen.

**Quelle:** CDC's public health image library

Ein wichtiger Grund für die Bedeutung der Tigermücke als Krankheitsüberträgerin ist ihr Brutverhalten: Sie brütet vorzugsweise in Behältern mit kleinen Mengen stehenden Wassers, was eine Erklärung für ihr bevorzugtes **Vorkommen in urbanen Gebieten** und den engen Kontakt zum Menschen ist. Ein weiterer Grund ist das äusserst **aggressive Stechverhalten** der Tigermücke.

Neben den Vektoren ist auch zu betrachten, welche Relevanz die durch die Tigermücke übertragenen **Krankheiten** für die Schweiz haben. Wichtige Kriterien zu deren Beurteilung sind die Ausbreitungs-

tendenz, ihr Vorkommen und die Anzahl von Krankheitsfällen in der Schweiz sowie mögliche Reservoirs in der Schweiz und potenzielle Vektoren (Kutlar 2010).

Im Fall von *Ae. albopictus* liegt das **höchste Risiko** in der möglichen **Übertragung des Chikungunya- und des Dengue-Virus**. Für beide Viren stehen bisher keine Prophylaxe und keine wirksame Therapie zur Verfügung. Diskutiert wird auch die Rolle der Tigermücke als Überträgerin des West-Nil-Virus. Daneben gewinnen auch andere Erreger von Tierkrankheiten an Bedeutung, z.B. das Usutu-Virus, das 2011 und 2012 in Deutschland ein Amselsterben verursachte. **Anhang II** fasst die wichtigsten durch **Aedes-Arten übertragene Krankheiten** zusammen.

Generell sind die vektorübertragenen Viren resp. Erkrankungen in Europa auf dem Vormarsch, und es ist zu erwarten, dass sie künftig auch in der Schweiz zur Bedrohung werden können. Das Auftreten von Epidemien im Herzen von Europa und unweit der Schweiz (s. Kasten) haben die Fachleute alarmiert (Becker 2009).

### **Chikungunya-Epidemie in Norditalien, 2007**

*Wie aus einer etablierten Tigermückenpopulation eine Epidemie entsteht*

In der Region Emilia Romagna, Italien, brach im Sommer 2007 eine Epidemie des Chikungunya-Fiebers aus. Am Anfang stand eine Person, die sich in Indien mit dem Virus infiziert hatte und nach der Einreise nach Italien erkrankte. Dort wurde sie von einer Tigermücke gestochen, die das Virus auf weitere Personen übertrug – und auf die Mückenpopulation, die sich in der Region vor Jahren etabliert hatte (ECDC 2007). Im Verlauf der Epidemie erkrankten 205 Personen; eine Person starb. Nur durch eine Kombination von Bekämpfungsmassnahmen und unter Einbezug der Bevölkerung liess sich die Epidemie schliesslich eindämmen. Trotzdem konnte die Tigermücke in der betroffenen Region nicht mehr ausgerottet werden.

*Fazit für die Schweiz*

Dies war die erste autochthon (lokal) übertragene Epidemie von Chikungunya-Fieber in Europa. Sie macht deutlich, dass auch anderen europäischen Regionen, in denen sich die Tigermücke etablieren konnte, solche Ausbrüche drohen. In der Schweiz ist dies bisher erst im Tessin der Fall. Weil sich die Mücken aber weiter ausbreiten, könnten zukünftig auch andere Regionen des Landes gefährdet sein.

Mit der Etablierung der Tigermücke in einer Region steigt das Risiko, dass sich die Mücken an einer erkrankten Person infizieren und die Erreger weiter übertragen (BAFU/BAG 2011). Je nach Ausmass wird dabei zwischen einzelnen autochthonen<sup>3</sup> Übertragungen, einem Cluster oder einer Epidemie unterschieden.

Die Höhe des Risikos für das Auftreten einer autochthonen Übertragung ist abhängig von einer Vielzahl von Faktoren (Paupy et al 2009):

- Verbreitung und Populationsdichte des Vektors<sup>4</sup>
- Lebenszyklus- und Überlebensdauer der Mücken
- Vektorkompetenz (Fähigkeit eines Vektors, eine Krankheit zu übertragen)
- Empfindlichkeit des Vektors gegenüber den übertragenen Erregern

---

<sup>3</sup> Autochthone Übertragung: Am Ort entstandene Übertragung durch lokale Vektoren (nicht eingeschleppt)

<sup>4</sup> Der Schwellenwert resp. die für eine autochthone Übertragung kritische Mückendichte ist noch nicht ganz geklärt. Verschiedenen Literaturquellen zufolge sind mögliche Richtwerte die Anzahl Eier pro Insektenfalle (>200) oder eine bestimmte Anzahl Beschwerden der Einwohner.

- Temperaturempfindlichkeit der viralen Erreger (in vielen Fällen ist ihre Entwicklung im Vektor nur in einem bestimmten Temperaturspektrum möglich)
- Empfindlichkeit der Bevölkerung gegenüber den übertragenen Erregern
- Anzahl Stiche pro Mensch und Tag (Verhältnis Vektor zu Menschen)
- Anzahl Einreisende, die sich im Ausland infiziert haben<sup>5</sup>
- Vektorkapazität: erwartete Anzahl von Neuinfektionen pro infiziertem Wirt und pro Tag, die aus verschiedenen Faktoren errechnet werden kann (Paupy et al 2009)

Eine fundierte Risikoabschätzung für die Schweiz ist schwierig, da in verschiedenen Bereichen die Datengrundlage fehlt (Kap. 8.1).

## 1.2 Krankheitsübertragung auf Tiere

Die Tigermücke überträgt auch den Herzwurm, *Dirofilaria spp.* (ein Nematode), der vor allem Hunde, aber auch andere Haus- und Nutztiere und den Mensch infiziert (Nentwig 2011). In jüngerer Zeit hat auch das Usutu-Virus zunehmende Bedeutung erlangt, das bereits in der Schweiz (Zürich, 2006) sowie in den Sommern 2011 und 2012 ein Amselsterben in Deutschland verursachte (Anhang II).

## 1.3 Lästigkeit und Allergenität der Stechmücken

Tiger- und Buschmücke sind lästiger als andere Stechmücken, da sie tagaktiv sind. Die Tigermücke sticht besonders aggressiv und verursacht unangenehme Stiche und Schwellungen. Allergische Reaktionen sind u.a. deshalb besonders häufig, weil die Tigermücke während einer Blutmahlzeit mehrfach sticht. Gemäss Eleonora Flacio, Mückenbekämpferin des Kantons Tessin, sind „*die Konsequenzen für die Lebensqualität der Bevölkerung erheblich*“.

## 1.4 Ökonomische Schäden (Bekämpfung, Tourismus)

Die Tigermücke verursacht beträchtliche ökonomische Schäden, weil sie so lästig ist. Dies betrifft vor allem den Tourismus. Überträgt sie Krankheiten, so entstehen hohe Gesundheitskosten. Aber auch die Prävention und Bekämpfung verursachen erhebliche Kosten. In Kap. 4.2 werden anhand von Beispielen die Kosten einer Epidemie verglichen mit jenen für eine wirkungsvolle Prävention.

## 1.5 Ökologische Schäden

Tiger- und Buschmücke sind gebietsfremde invasive Arten, die **einheimische Arten verdrängen** können. Es ist schwer abzuschätzen, welche Konsequenzen dies für die einheimische Fauna hat. Gravierender sind vermutlich jene **Schäden an der Umwelt**, die durch **den Einsatz von Insektiziden** entstehen. Einerseits animiert die Ausbreitung der Mücken die Bevölkerung zum vermehrten Einsatz von Insektiziden. Das ist schwierig zu beeinflussen. Andererseits belastet auch die kontrollierte Bekämpfung der Stechmücken die Umwelt.

---

<sup>5</sup> Das BAG publiziert wöchentliche Fallzahlen, u.a. zu Dengue- und Chikungunya-Fieber (BAG, meldepflichtige Infektionskrankheiten).



**Abbildung 2** Durch die Tigermücke und ihre Bekämpfung verursachte Schäden

## 2 Verbreitung der Tigermücke

### 2.1 Verbreitungsarten

#### 2.1.1 Aktive Verbreitung via Flug

Die Tigermücke fliegt nur kurze Strecken, bei geringer Mückendichte nicht weiter als 100 bis 200 Meter von der Brutstelle. Einzelnen Quellen zufolge ist die Verbreitungsgeschwindigkeit dennoch grösser als 800 Meter in 6 Tagen (Honorio et al 2003).

#### 2.1.2 Passive Verbreitung über Transportwege

Sowohl Eier als auch Mücken werden über grössere Distanzen vor allem durch den Verkehr verbreitet, adulte Mücken häufig über die Strasse (Tigermücken wurden häufig an Autobahnraststätten nachgewiesen; Pluskota et al 2008; Deutschlandfunk 13.10.2012). Die Mückeneier werden eher mit Frachtgut über Bahn- und Wasserwege (u.a. Autofähren) transportiert, was eine rasche Verschleppung über grosse Distanzen ermöglicht. Mückeneier überleben im Transportgut in ausgetrocknetem Zustand und entwickeln sich anschliessend in feuchter Umgebung zum adulten Insekt. So nachweislich geschehen beim Transport von Bambuspflanzen („Lucky bamboo“ für den Gartenhandel) oder alten Autoreifen (s. Abbildung 3; Scholte und Schaffner 2007).



Glücksbambus (Lucky bamboo) im Gartenhandel  
Quelle: S. Biebinger



Altreifen  
Quelle: J. Jaritz

**Abbildung 3:** Transportgüter, mit denen die Tigermücke über weite Distanzen verbreitet wird.

Es ist anzunehmen, dass die adulten Mücken sich auch via Flugzeug verbreiten. Es werden daher an einigen internationalen Flughäfen stichprobenartig Kontrollen auf invasive Insekten durchgeführt; systematische Kontrollen sind allerdings heute nicht zwingend vorgeschrieben. Ausserdem werden bei Flügen aus befallenen Regionen die Passagierräume mit Insektiziden behandelt, vermutlich aber nicht die Frachträume. Gemäss Hans Peter Dien (Leiter der Pflanzenschutzbehörde des Flughafens Zürich) werden bei den Kontrollen allerdings nur ca. 20 Prozent der Insekten gefunden (DRS2 14.4.2012).

*Verbreitung über Zugvögel:* Gewisse Viren wie das West-Nil-Virus werden von Zugvögeln nach Europa eingeschleppt und können dort über lokale Mücken auf Mensch und Tier übertragen werden.

### **2.1.3 Weitere Gründe für die Verbreitung der Mücken und mückenübertragener Viruskrankheiten**

#### *Erhöhte Reisetätigkeit*

Personen, die sich im Ausland mit vektorübertragenen Viren infiziert haben, können nach ihrer Einreise in die Schweiz die lokale Mückenpopulationen infizieren und so autochthone Übertragungen ermöglichen.

#### *Klimaerwärmung*

Die Überlebensfähigkeit der Tigermücke und die Fähigkeit, sich an einem Ort fest zu etablieren, ist von verschiedenen klimatischen Parametern abhängig, insbesondere von der Höhe der Temperatur und der Niederschläge (vgl. Anhang II zu *Ae. albopictus*).

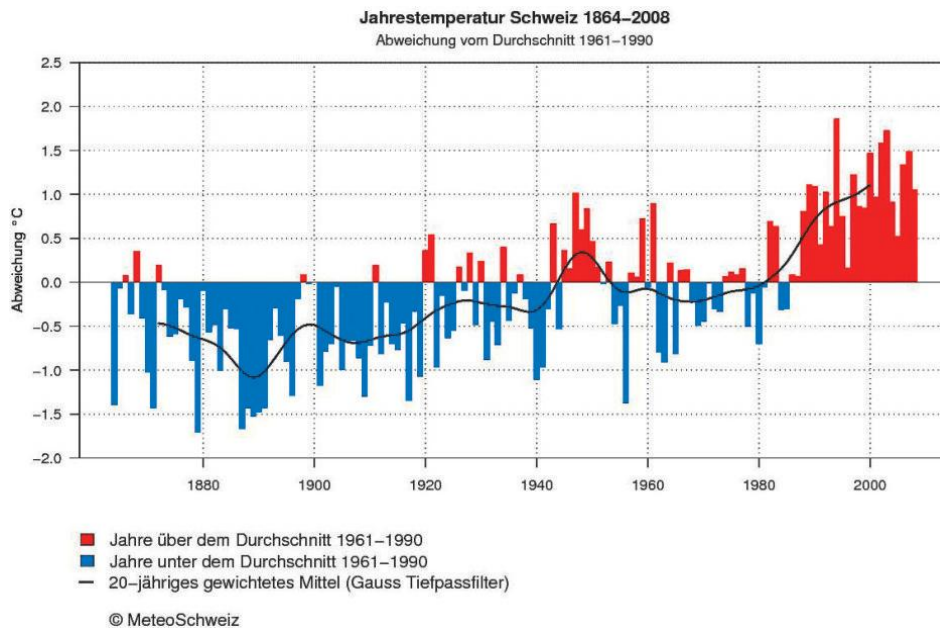
In den letzten 200 Jahren stieg die durchschnittliche Temperatur in der Schweiz an, seit 1970 um 1,5°C (vgl. Abbildung 4; Bassetti 2009; Kull 2008, OcCC 2007<sup>6</sup>). Die Strategie des Bundesrates zur Anpassung an den Klimawandel warnt explizit davor, dass der Klimawandel die Ausbreitung gebietsfremder Arten wie Tiger- und Buschmücke verstärkt (BAFU 2012). Dasselbe gilt für Infektionskrankheiten, die von solchen Vektoren verbreitet werden.

Der Einfluss des Klimas auf das Auftreten von vektorübertragenen Krankheiten wird kontrovers diskutiert. In einer Dissertation wurde das Risiko einer Etablierung von *Ae. albopictus* in Deutschland abgeschätzt: eine dauerhafte Etablierung wird darin unter den momentanen klimatischen Bedingungen weitgehend ausgeschlossen (Pluskota 2011). Hingegen deuten Studien über die Eignung des europäischen Klimas für die Tigermücke auf eine weitere Verbreitung hin (Caminade et al 2012; Fischer et al 2011), ein erhöhtes Risiko scheint besonders für Nordwest- und Zentraleuropa (u.a. Benelux-Länder, Westdeutschland, Nordschweiz) zu herrschen. Auch die europäische Seuchenkontrolle ECDC warnt, die klimatischen Bedingungen in weiten Teilen Zentraleuropas seien für die Ansiedlung von *Ae. albopictus* geeignet (ECDC Juli 2012).

Das Klima könnte auch einen Einfluss auf die übertragenen Erreger haben. Seit Herbst 2012 kursiert auf der portugiesischen Insel Madeira eine Dengue-Epidemie, die erste grössere Epidemie in Europa seit ca. 100 Jahren. Kürzlich wurde ein Projekt begonnen, in dem der Einfluss des Klimas auf die Übertragung des Chikungunya-Virus in Europa untersucht werden soll (ECDC Juli 2012).

---

<sup>6</sup> Gemäss Prognosen des OcCC ist bis 2050 in der Nordschweiz im Mittel mit einer Erwärmung von 1.8 °C im Winter und von 2.7 °C im Sommer zu rechnen, in der Südschweiz von 1.8 °C im Winter und von 2.8 °C im Sommer zu rechnen (OcCC 2007)



**Abbildung 4:**  
Jahrestemperatur der Schweiz 1964–2008;  
Quelle: Bassetti 2009

### *Anpassungsfähigkeit der Mücken und der Viren*

Die Tigermücke passt sich immer besser an längere Trockenheit und tiefe Temperaturen an, was ihre Ausbreitung weiter fördert (Anhang I). Zudem nistet sich die Mücke zunehmend in Gebäuden oder Gewächshäusern ein. So kann sie in der kalten Jahreszeit länger überleben und - durch den näheren Kontakt zum Menschen - mehr Blutmahlzeiten zu sich nehmen (Dieng et al 2010). Dies fördert ihre Verbreitung zusätzlich.

Eine Analyse einer Chikungunya-Epidemie auf der Insel La Réunion im Jahr 2005 zeigte, dass das dort kursierende Virus-Isolat eine Mutation aufwies, die eine Anpassung des Chikungunya-Virus an *Aedes albopictus* bewirkte und damit vermutlich das Übertragungsrisiko erhöhte (Gould und Higgs 2009).

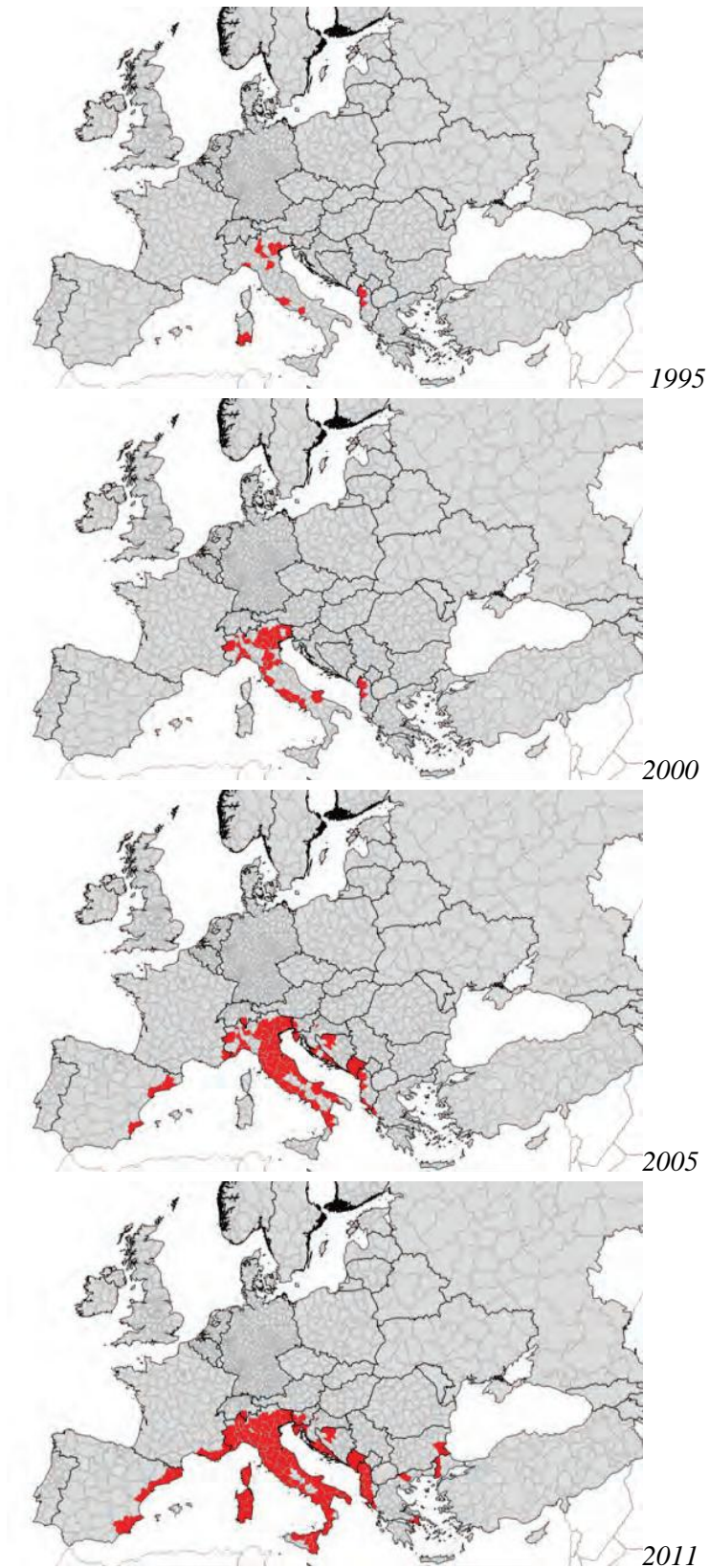
## **2.2 Verbreitung in Europa**

Die Tigermücke gilt als invasivster Vektor unter den Insekten. Innerhalb kurzer Zeit hat sie sich weltweit verbreitet (Gratz 2004). Das Bekämpfungskonzept von BAFU und BAG 2011 skizziert die sukzessive Ausbreitung. Eine detaillierte Analyse der Verbreitungswege in verschiedenen europäischen Ländern ist in Scholte und Schaffner 2007 beschrieben.

Ihren Ursprung hat die Tigermücke in Südostasien, wo sie als Waldbewohner vor allem in Baumhöhlen brütet. Mit zunehmender Verbreitung drang sie immer weiter in urbane Gebiete vor. 1979 gelangte die Tigermücke mit Altpneulieferungen erstmals nach Europa (Albanien). Danach drang sie nach Italien, Frankreich und Spanien vor (s. Abbildung 5; wie bereits erwähnt v.a. über Autopneus und später über Zierbambus). In den Niederlanden kommt sie seit 2005 in Gewächshäusern vor (Nentwig 2011). Gegenwärtig ist *Ae. albopictus* in 20 europäischen Ländern etabliert: Albanien, Belgien, Bosnien-Herzegowina, Bulgarien, Frankreich, Griechenland, Holland, Italien, Kroatien, Korsika, Malta, Monaco, Montenegro, San Marino, Schweiz (Tessin), Serbien, Slowenien, Spanien, Türkei, Vatikanstadt (Medlock et al 2012).

Das **VBornet**<sup>7</sup> publiziert jeden Monat aktualisierte Karten zur Verbreitung der Vektoren in Europa. Dies soll dazu beitragen, die Überwachung der Vektoren europaweit zu koordinieren (Van Bortel et al 2010).

<sup>7</sup> VBornet : European network for arthropod vector surveillance for human public health; [www.vbornet.eu](http://www.vbornet.eu)



**Abbildung 5:** Verbreitung der Tigermücke *Ae. albopictus* in Europa 1995–2011 (rote Markierung)  
 Quelle: ECDC *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe*, August 2012

Für gewisse Teile Europas ist die Datenlage zur Verbreitung von *Ae. albopictus* unbekannt, wie die Karten der ECDC/VBORNET zeigen (ECDC, VBORNET maps Mosquitoes, Stand September 2012).

### Jüngstes Auftreten der Tigermücke oder von ihr übertragener Krankheiten in Europa:

- **Sept. 2012:** Autochthone Dengue-Übertragung in Griechenland (*Ae. albopictus* ist dort seit 2003 endemisch; The disease daily 2.12.2012)
- **Sept. 2012:** Auf Mallorca wurde eine Tigermückenpopulation festgestellt (Mallorca-Zeitung 1.10.2012).
- **Okt. 2012:** Dengue-Epidemie auf Madeira, die erste grössere Epidemie in Europa seit 1920, übertragen durch *Aedes aegypti* (ECDC Oktober 2012)

Im Folgenden wird die Verbreitung der Tigermücke in der Schweiz und den Nachbarländern nachgezeichnet. Diese bilden ein Reservoir, aus dem die Mücken jederzeit in die Schweiz vordringen können.

#### **2.2.1 Italien**

- 1990 erstes Auftreten in Genua, eingeschleppt durch importierte Altreifen (Nentwig 2011; Knudsen 1996).
- Bis 1995 weitere Verbreitung in den nördlichen Regionen, bis 2000 in 30 Provinzen (u.a. Toskana), 2003 erstmals auch in bergigen Regionen.
- 2007 Die Tigermücke siedelt sich in der Grenzregion zur Schweiz an (bei Chiasso).
- 2007 Chikungunya-Epidemie (über 200 Personen) in der Emilia-Romagna bei Ravenna, ausgelöst durch einen erkrankten Tourist, der das Virus aus Indien einschleppte, das sich danach über lokal etablierte Tigermücken verbreitete (Rezza et al 2007; Poletti et al 2011; Angelini et al 2007; Seminar *Chikungunya e Dengue in Emilia-Romagna*, Bologna, 2 maggio 2012)
- Heute sind Tigermücken in Italien weit verbreitet (von Norditalien bis Rom und darüber hinaus; Nordosten, Lombardei, Emilia Romagna, Küstenregion Mittelitaliens). Italien ist in Europa am stärksten betroffen (ECDC Technical Report 2009).

#### **2.2.2 Frankreich**

- 1999 wurde die Tigermücke erstmals nachgewiesen (Schaffner und Karch 2000). Sie wurde höchstwahrscheinlich in Altreifen importiert.
- Obwohl einige lokale Populationen dezimiert oder sogar ausgerottet werden konnten, breitete sich die Mücke weiter aus<sup>8</sup> (Ledrans et al 2007). Im Mai 2010 hatte sie sich bereits in fünf Departementen etabliert, und es wird befürchtet, dass bald auch Paris betroffen sein könnte. Der Grund dafür ist möglicherweise, dass die Tigermücke nur bei Krankheitsfällen oder Epidemien bekämpft, aber keine dauernde Prävention betrieben wird (persönl. Mitteilung M. Tonolla, Kap. 7.2.2)
- 2010 Autochthone Übertragung von Chikungunya-Viren durch ansässige Tigermücken in Frejus (Südfrankreich, 2 Fälle)
- 2010 Autochthone Übertragung von Dengue-Viren in Nizza (2 Fälle; La Ruche et al 2010, Gould et al 2010, Grandadam et al 2011)

---

<sup>8</sup> Animierte Karte mit dem Verlauf der Ausbreitung der Tigermücke seit 2004:  
[www.albopictus.eid-med.org/index.php/veille-et-surveillance/69-la-surveillance](http://www.albopictus.eid-med.org/index.php/veille-et-surveillance/69-la-surveillance)

### 2.2.3 Deutschland

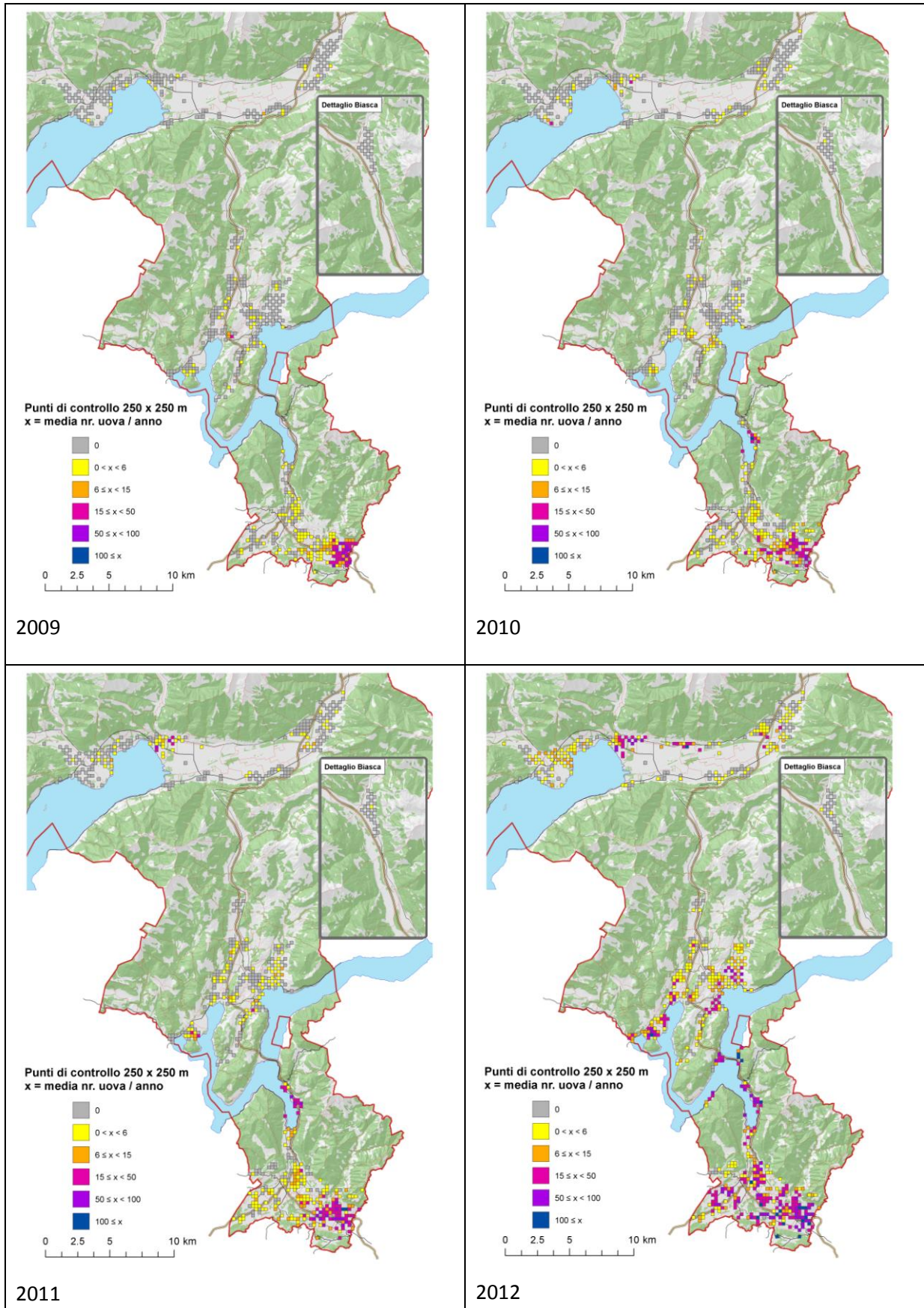
- Bisher kommt die Tigermücke in Deutschland erst vereinzelt vor. Vermutlich kann sie gegenwärtig nur in der süddeutschen Oberrheinebene überleben. Die kalten Winter der letzten Jahren könnten die Verbreitung behindert haben (persönl. Mitteilung A. Jöst der KABS).
- Der erste Nachweis von fünf *Ae. albopictus*-Eiern in der Nähe der Autobahn A5 (bei Bad Bellingen, auf einem Parkplatz nahe der Schweizer Grenze) im Jahr 2007 ist ein Indiz dafür, dass die Tigermücke durch Fahrzeuge von Italien her über die Schweiz nach Deutschland eingeführt wurde (Pluskota et al 2008).
- Im Juli und August 2011 erstmals Nachweis einzelner, adulter Tigermücken-Weibchen entlang der A5, die höchstwahrscheinlich vom Süden her eingeschleppt wurden (Werner et al 2011).
- Im Sommer 2012 Fund in Bayern (Bayerisches Fernsehen 27.11.2012)
- Im September und Oktober 2012 wurden an zwei Raststätten der A5 adulte Tigermücken nachgewiesen. Das Auftreten mehrerer Mücken innerhalb kurzer Zeit am gleichen Standort deutet darauf hin, dass die Mücken aus einem Eigelege geschlüpft sind, d.h dass die Mücken sich an diesem Ort reproduzieren konnten (Deutschlandfunk 13.10.2012).
- Seit 2009 Nachweis und sukzessive Verbreitung der Buschmücke *Ae. japonicus* (Becker et al 2011)

### 2.2.4 Schweiz

Schon **seit 2000**, vor dem Auftreten der ersten Tigermücke, wurde im Tessin an der Grenze zu Italien sowie entlang der A2 bei Haltestationen des Einreise-Verkehrs ein systematisches **Mücken-Monitoring** betrieben (an Tankstellen, Zoll, Parkplätzen, Einkaufszentren, Industriearealen, Flughäfen Agno und Locarno-Magadino, im Hafen Locarno).

**2003** wurde *Ae. albopictus* **erstmals nachgewiesen** (an der Raststätte Coldrerio Ost und am Flughafen von Locarno-Magadino). Seitdem breitet sie sich im Tessin aus. Nach punktuellen Auftreten in den ersten Jahren gibt es **seit 2007 eine starke Zunahme**, mit einem deutlichen Süd-Nordgefälle (s. Abbildung 6; BAFU/BAG 2011, BAFU Fachtagung Biotechnologie 2009):

- in den Grenzregionen (u.a. nahe Chiasso); wegen des ständigen Nachschubs an Mücken aus Italien (dort ist die Tigermücke bereits fest etabliert)
- im Bereich der Städte (auf Grund ihres warmen Mikroklimas und der Nähe zum Menschen)
- In den Einzugsgebieten des Mendrisiotto
- Besonders exponiert ist die Raststätte bei Coldrerio
- Seit 2011 Region um Lugano
- Seit 2012 auch um Locarno



**Abbildung 6 Verbreitung der Tigermücke im Tessin:** Zunahme der Populationsdichte  
 Dargestellt wird die mittlere Dichte an Tigermücken-Eiern, die pro Kontrollpunkt gefunden wurde.  
 Quelle: mit freundlicher Genehmigung von Mauro Tonolla, ICM

### *Aedes japonicus* (Buschmücke)

2007 wurde in der Schweiz erstmals auch die mit der Tigermücke verwandte asiatische Buschmücke (*Ae. japonicus*) nachgewiesen (BAFU/BAG 2011). Gemäss neueren Untersuchungen hat sie sich seitdem bereits in 13 Kantonen etabliert (Mathis Präsentation 2011). Sie erwies sich bei Feld- und Laborstudien als Vektor für das West-Nil-Virus; für das Dengue- und das Chikungunya-Virus konnte eine Übertragung aber bisher nur im Labor gezeigt werden (Schaffner et al 2011; s. Anhang I). Weltweit wurde noch keine Übertragung durch die Buschmücke nachgewiesen, weshalb ihre Bedeutung als Vektor umstritten ist.

### *Einheimische Mücken*

Für einen Teil der in der Schweiz vorkommenden einheimischen Mücken ist bei Labor- oder Feldversuchen gezeigt worden, dass sie Krankheiten übertragen können, und sie sind andernorts für Epidemien verantwortlich (s. Anhang I und II). Die meisten Experten gehen davon aus, dass in der Schweiz das Risiko unter den heutigen Bedingungen gering ist. Da die Voraussetzungen für eine Übertragung aber noch nicht alle bekannt sind, ist eine Prognose schwierig und Gegenstand weiterer Forschung.

## **2.2.5 Prognose für die Schweiz**

Es wird erwartet, dass sich mit fortschreitender Klimaerwärmung der Verbreitungsradius der Tigermücke vergrössert. Eine Studie im Auftrag des BAFU hat die klimatischen Veränderungen in der Schweiz untersucht (noch nicht publiziert). Die Analyse soll zeigen, welche Gebiete auf Grund ihres warmen Klimas ein erhöhtes Risiko für eine Besiedlung aufweisen und soll eine Prognose der künftigen Verbreitung erlauben.

Laut Experten könnte die Tigermücke von Frankreich her entlang des Rhonetals in Richtung Genf und von dort in die Schweiz verschleppt werden. Auch **Regionen mit wärmerem Mikroklima** und an **kritischen Verkehrsachsen** (z.B. Regionen um Basel, Genf, Wallis und Bodensee) sollten besonders beobachtet werden. Für Pie Müller, einen Mückenexperten vom SwissTPH ist „wegen der mildereren Temperaturen eine Besiedlung entlang des Rhonetals in Richtung Genf und im Raum Basel ein mögliches Szenario“ (NZZ am Sonntag 26.8.2012). Beobachtungen deuten darauf hin, dass sich die Tigermücke rasch an ein kühleres Klima anpassen kann. In Albanien wurde in den vergangenen Jahren eine Ausbreitung vom Flachland in die kühleren Berge beobachtet (persönl. Mitteilung N. Becker von der deutschen KABS).

**Im Tessin breitet sich die Tigermücke trotz Bekämpfung aus.** Ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit mit eigener Kraft (via Flug) wurde noch nicht genauer bestimmt. Mit zunehmender Dichte wird vermutlich auch die Verschleppung via Transport über Strassen, Schienen und Wasserwege häufiger. Die besiedelte Fläche ist inzwischen so gross, dass die Bekämpfung mit den zur Verfügung stehenden Mitteln kaum mehr möglich ist (persönl. Mitteilung P. Lüthy, Prof. em. ETH Zürich).

Andere Stechmückenarten, die ihre Eier ebenfalls in Astlöchern und in stehendem Wasser ablegen, sind vermutlich keine grosse Konkurrenz für die Tigermücke, da diese Arten sich nicht so sehr – wie die Tigermücke – in menschlicher Umgebung ansiedeln (Wikipedia Tigermücke Sept. 2012). Es gibt Hinweise, dass *Ae. albopictus* gegenüber einheimischen Mücken wie *Culex pipiens* sogar kompetitive Vorteile hat (Carrieri et al 2003).

Auch **in Deutschland** rechnen Fachleute mit einer Einschleppung von Süden her über die Süd-Nordachse. Vor einigen Jahren haben daher verschiedene Bundesländer ein Monitoring begonnen, seit 2011 gibt es eine bundesweite Überwachung (Kap. 5.1.5). Die Tatsache, dass die bisher gefundenen Tigermücken höchstwahrscheinlich via Schweiz eingeschleppt wurden, kann als weiterer Hinweis gesehen werden, dass hierzulande eine weitere Verbreitung - auch in die Nordwestschweiz - bevorstehen könnte.

## 3 Ausgangslage und Zuständigkeiten in der Schweiz

### 3.1 Rechtliche Grundlagen

Im Folgenden sind die **wichtigsten Rechtsvorschriften**, die das Thema Tigermücke betreffen, kurz zusammengefasst. **Anhang III** stellt die rechtlichen Grundlagen ausführlicher dar. Dort ist auch erläutert, welche Bedeutung diese für die Thematik der invasiven Krankheitsvektoren haben, inwieweit sie schon umgesetzt sind, resp. wo noch Klärungs- oder Handlungsbedarf besteht.

Invasive Neobiota: Die **Freisetzungsverordnung** regelt u.a. das Monitoring und die Bekämpfung invasiver gebietsfremder Spezies, zu denen auch Stechmücken gehören. Darin sind vor allem die Zuständigkeiten der Bundesbehörden (Koordination, Monitoring) und der Kantone (Bekämpfung) geregelt.

Gesundheit: Die Überwachung und Bekämpfung von übertragbaren Krankheiten des Menschen sind im **Epidemiengesetz** geregelt. Mit der anstehenden Revision sollen die Zusammenarbeit und Koordination im Gebiet der Krankheitsvektoren verbessert und bestehende Lücken geschlossen werden. Das **Tierseuchengesetz** und die **Tierseuchenverordnung** befassen sich mit den Erregern von Tierseuchen.

Kantonale Rechtsgrundlagen: Zusätzlich zu den nationalen Rechtsgrundlagen gibt es in einzelnen Kantonen (TI) auch kantonale Rechtserlasse, die im Gebiet der invasiven Vektoren relevant sind. Diese regeln die Zuständigkeiten innerhalb des Kantons, z.B. die Aufgaben der Gemeinden bei Prävention und Bekämpfung und wer die Kosten dafür trägt (Anhang III).

Chemikalien/Biozide: Biozide Wirkstoffe und Produkte bergen ein human- und ökotoxisches Potenzial. Die gegen Stechmücken eingesetzten Insektizide unterliegen den Vorschriften des Chemikalienrechts.

Die **Biozidprodukteverordnung** enthält Vorschriften für das Inverkehrbringen von Biozidprodukten und ihren Wirkstoffen, insbesondere für die Einstufung, Zulassung, Verpackung, Kennzeichnung, den Umgang und zum Sicherheitsdatenblatt.

Die **Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung** verbietet den Umgang mit bestimmten, besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen oder schränkt ihn ein. Es regelt auch die persönlichen Voraussetzungen für den Umgang damit und legt fest, für welche Chemikalienanwendungen eine Fachbewilligung erforderlich ist.

**Die Verordnung über die Fachbewilligung für die allgemeine Schädlingsbekämpfung** legt fest, dass die beruflichen Verwender von Insektiziden von einer Person mit Fachbewilligung eingewiesen werden müssen.

### 3.2 Zuständigkeiten

Im Konzept 2011 des BAFU und BAG sind wichtige Zuständigkeiten beschrieben, die hier noch genauer erläutert werden. Die Verantwortung und die Aufgaben im Gebiet der invasiven Vektoren verteilen sich auf **Bund und Kantone**. In einigen Teilbereichen sind die Zuständigkeiten noch zu klären (Kap. 8).

## Bund

Der Bund koordiniert und erarbeitet Grundlagen und Empfehlungen für die Überwachung und Bekämpfung von invasiven Vektoren. Er unterstützt das Monitoring und überwacht die Massnahmen der Kantone. **Anhang VI** enthält eine übersichtliche Darstellung der wichtigsten Aufgaben des BAFU und des BAG im Gebiet der invasiven, gebietsfremden Vektoren für humanpathogene Erreger.

**Tabelle 1:** Zuständigkeiten und Aufgaben der verschiedenen Bundesbehörden

	<b>Zuständigkeit</b>	<b>Aktivitäten/Massnahmen</b> (Auswahl)
<b>BAFU</b>	Neobiota und invasive Vektoren (ohne Erreger).  Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Insektiziden	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erarbeiten von Grundlagen für die Kantone</li><li>• Finanzielle Unterstützung der Überwachung und der Bekämpfung der Mücken</li><li>• Beurteilung von Zulassungsanträgen für Insektizide bezüglich Umwelt</li><li>• Beurteilung von Freisetzungsversuchen mit biologischen Bekämpfungsmittel</li><li>• Beobachtung und Beurteilung der Bekämpfungsmassnahmen der Kantone (Erfolg, Auswirkungen auf Umweltschutz)</li><li>• Informationen für die Bevölkerung</li></ul>
<b>BAG</b>	Koordination bei der Bekämpfung von humanen Krankheiten und Epidemien, die von vektorübertragenen Viren verursacht werden  Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen von Insektiziden	<ul style="list-style-type: none"><li>• Koordination der Massnahmen im Gesundheitsbereich beim Auftreten von autochthonen Krankheitsfällen, Epidemien und infizierten Mücken</li><li>• Finanzielle Unterstützung der Mückenüberwachung</li><li>• Beurteilung von Zulassungsanträgen für Insektizide bezüglich Toxizität</li></ul>
<b>BVET</b>	Bekämpfung von Tierseuchen und Zoonosen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Koordination der Massnahmen beim Auftreten von Krankheitsfällen oder Epidemien mit tierpathogenen Viren</li><li>• Finanzielle Unterstützung der Virenüberwachung</li><li>• Durchführung von Früherkennungs- und Überwachungsprogrammen</li></ul>
<b>BABS</b>	Monitoring und Forschung im Bereich vektorübertragener Krankheiten	<ul style="list-style-type: none"><li>• Methodenentwicklung (Labor Spiez)</li></ul>

Bei den Zuständigkeiten der Bundesbehörden herrscht im Bereich der vektorübertragenen Krankheiten noch Klärungsbedarf und es bestehen Lücken. Dies gilt insbesondere für nicht invasive Krankheits-

vektoren (derzeit nicht durch die Freisetzungsverordnung geregelt) und Vektoren, die Träger von Krankheitserregern sind.

### Kantone

Treten Organismen auf, die Menschen, Tiere oder die Umwelt schädigen könnten, so sind gemäss Freisetzungsverordnung die Kantone für deren Bekämpfung zuständig. In diesem Rahmen haben sie verschiedene Aufgaben, die in **Kapitel 8.3** detaillierter behandelt werden. **Anhang VI** enthält zudem eine übersichtliche Darstellung ihrer Aufgaben im Gebiet der invasiven, gebietsfremden Vektoren. Im **Tessin**, wo die Tigermücke seit 2003 bekämpft wird, hat eine kantonale Arbeitsgruppe die Koordination inne (Kap. 7.1).

In den meisten anderen **Kantonen** hingegen sind die Verantwortlichkeiten noch nicht geklärt. Es sind zwar in allen Kantonen die **für Neobiota zuständigen Stellen** benannt worden<sup>9</sup>. Die meisten von diesen haben sich allerdings noch nicht vertieft mit dem Thema der invasiven Stechmücken beschäftigt. Es ist dringend zu klären, ob diese Stellen auch die **Koordination** der Massnahmen gegen invasive Stechmücken übernehmen, oder ob diese Aufgaben an eine andere Stelle im Kanton delegiert werden.

Einzelne Kantone (z.B. Genf) haben zwar - in Zusammenarbeit mit Mückenexperten - mit einem Monitoring begonnen. Es wurden aber bisher keine Vorbereitungen für eine Bekämpfung getroffen, da kein Handlungsbedarf festgestellt wurde. Nötige finanzielle und personelle Ressourcen fehlen, wie Abklärungen ergeben haben, die im Rahmen dieser Arbeit bei den kantonalen Fachstellen für Neobiota sowie biologische Risiken gemacht wurden. Einzig im Kanton Zürich beschäftigt man sich bereits mit der Bekämpfung invasiver Mücken, wobei der Fokus dabei auf *Ae. japonicus* liegt (Anhang I). Es ist zu befürchten, dass die Kantone erst aktiv werden, wenn die Tigermücke oder gar eine Krankheitsübertragung auf ihrem Gebiet auftritt. Die erforderlichen Strukturen müssten dann erst noch etabliert werden. Den Kantonen muss deshalb der **Handlungsbedarf** aufgezeigt werden (Kap. 8).

### Forschung:

Eine Auflistung der Institutionen in der Schweiz, die sich mit invasiven Stechmücken befassen und in der Forschung oder im Monitoring aktiv sind, findet sich in **Kap. 5.1**. In **Anhang IV** sind deren wichtigste Tätigkeitsfelder und aktuellen Projekte aufgeführt.

#### **Handlungsbedarf: Klärung der Zuständigkeiten und Zusammenarbeit**

Auf **Bundesebene** sind vor allem die Zuständigkeiten des BAG und des BAFU in Zusammenhang mit invasiven Vektoren zu klären und voneinander abzugrenzen sowie bestehende Lücken zu schliessen.

Bei den **Kantonen** ist zu klären, ob die schon bestehende Koordinationsstelle für Neobiota auch die **Koordination der Bekämpfung invasiver Stechmücken** übernimmt, oder ob dafür eine andere Stelle eingesetzt wird. Die meisten Kantone müssen dafür erst die **Ressourcen** bereitstellen und die verantwortlichen Stellen müssen sich das nötige Fachwissen aneignen, um **das Risiko und den Handlungsbedarf abschätzen** zu können. Zudem sollten sie rechtzeitig relevante kantonale **Behörden, Interessensvertreter und Experten beiziehen**.

<sup>9</sup> Eine Liste der für Neobiota zuständigen Stellen in den 26 Kantonen findet sich auf der Homepage der KVU:  
[http://kvu.ch/d\\_afu\\_adressen.cfm?Nav.Command=Fachbereiche&Module.Method=showFachbereiche&fach\\_id=34](http://kvu.ch/d_afu_adressen.cfm?Nav.Command=Fachbereiche&Module.Method=showFachbereiche&fach_id=34)

### 3.3 Interdisziplinäre Zusammenarbeit und Koordination

Der Umgang mit der Tigermücke verlangt eine **Zusammenarbeit zwischen Disziplinen und betroffenen Stellen** auf verschiedenen Ebenen. Abbildung 7 gibt einen Überblick.

- **National:** Um die Zuständigkeiten der Bundesstellen für Krankheitsvektoren zu klären und zu koordinieren, wurde die **IDAV** (Interdepartementale Arbeitsgruppe für Vektoren) gegründet, die mehrmals im Jahr zusammenkommt.
- **Innerkantonal:** Jeder Kanton sollte eine Koordinationsstelle festlegen. Für Prävention und Bekämpfung braucht es die Bildung eines **kantonalen Gremiums**, in dem die relevanten Stellen vertreten sind. Im Kanton Tessin steuert eine solche interdisziplinäre Arbeitsgruppe (Gruppo di lavoro zanzare, GLZ, Kap. 7.1) die Bekämpfung der Tigermücke. Auch die WHO empfiehlt in ihren *‘Dengue guidelines for diagnosis, prevention, treatment and control’* den Einsatz eines multidisziplinären Gremiums (WHO 2009b).  
**Kap. 8.3.4 enthält eine Liste wichtiger Funktionen**, die einbezogen werden sollten – neben der koordinierenden Stelle u.a. Vertreter der Gesundheits- (Kantonsarzt) und Veterinärbehörden. Der Einsatz von Insektiziden muss durch die Umweltbehörden (Boden, Gewässer) und Chemikalienfachstellen (Auswahl und Einsatz der Insektizide) beurteilt und begleitet werden. Auch die für Bekämpfungsmassnahmen zuständigen Stellen (Gemeindevertreter, Schädlingsbekämpfungsunternehmen) sollten vertreten sein.
- **Interkantonal:** Die Massnahmen der Kantone sollten untereinander abgestimmt werden (bspw. durch eine Zusammenarbeit bei der Bekämpfung im Rahmen der Arbeitsgruppe für invasive Neobiota, AGIN<sup>10</sup>).
- **Bund/Kantone:** Der Bund kann die Aktivitäten der Kantone mit Konzepten und Empfehlungen steuern und unterstützen. Betroffene Kantone und der Bund sollten sich bei Bedarf austauschen. Dies kann geschehen in einem Koordinationsorgan resp. Unterorgan, wie es im revidierten Epidemiengesetz (Anhang III) vorgesehen ist. Darin sollten neben den Bundesbehörden auch kantonale Stellen, die für die Bekämpfung invasiver Vektoren zuständig sind, Einsitz haben. Wichtig ist vor allem die Zusammenarbeit mit den Experten und Expertinnen des Kantons Tessin, die ihre Erfahrung aus Prävention und Bekämpfung einbringen können.
- **Vernetzung mit Fachpersonen (Entomologen, Klimatologen und Public Health-Experten):** Um eine effiziente Bekämpfungsstrategie entwickeln zu können, muss man die Biologie und Lebenszyklen der Insekten (Anhang I) kennen. Aus diesem Grund müssen Wissenschaftler einbezogen werden. Dies auch bei der laufenden Lagebeurteilung während des Monitorings, der Prävention und der Bekämpfung.
- **Wissenschaft:** Die Swiss Vector Entomology Group (**SVEG**) soll Forschung und Praxis koordinieren, besonders im humanen und tierischen Gesundheitsbereich. Die personellen Ressourcen und das Wissen sollen so erhöht werden. In der SVEG sind die wichtigsten im Bereich der invasiven Stechmücken aktiven Institutionen der Schweiz sowie diverse Bundesbehörden vertreten<sup>11</sup>.
- **Weitere:** Je nach Situation braucht es die Mitarbeit weiterer Experten von Meteo Schweiz, Datenbanknetzwerken (CSCF), Statistikern, betroffenen Wirtschaftskreisen (Lager, Transport, Gartenhandel) oder der Medien.

---

<sup>10</sup> Die AGIN beschäftigte sich bisher schwerpunktmässig mit invasiven Neophyten (gebietsfremden Pflanzen) sowie mit invasiven Neozoen (gebietsfremde Tiere), die einen unmittelbar schädlichen Einfluss auf die Ökosysteme haben. Vektoren von Krankheiten wurden bisher noch nicht vertieft behandelt.

<sup>11</sup> Mitglieder der SVEG sind u.a. BAG, BVET, BAFU, BABS, die ETH ZH, die Uni NE, das ICM TI, das IPZ ZH (Koordination der SVEG), das Swiss TPH BS, das Zoologische Museum der UZH, die Museen für Zoologie von Lausanne und Genf sowie das Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF).

## Internationale Zusammenarbeit

Angesichts vieler Fragen und ungelöster Aufgaben im Gebiet der invasiven Stechmücken ist die Gemeinde der Experten in der Schweiz klein. Umso wichtiger ist die internationale Zusammenarbeit, an der die Schweizer Fachleute beteiligt sind<sup>12</sup>.

- **ECDC** (European center for disease prevention and control ([www.ecdc.europa.eu](http://www.ecdc.europa.eu)): Diese Agentur überwacht die epidemiologische Lage in Europa, indem sie aktuelle Daten zu infektiösen Humankrankheiten erhebt und kommuniziert (Risikokarten). Die ECDC hat im August 2012 *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe* publiziert (ECDC 2012; Butler 2012). Durch die Abgabe dieser Richtlinie soll ein einheitliches Vorgehen der EU-Staaten beim Monitoring und bei der Berichterstattung erreicht werden. Weitere Ziele sind der Aufbau eines europaweiten Frühwarnsystems und die Untersuchung der Verbindung zwischen der Verbreitung der Tigermücke und verschiedenen Umweltfaktoren.
- **VBORNET** (European network for arthropod vector surveillance for human public health) [www.vbornet.eu](http://www.vbornet.eu): Organisation aus Entomologen, Mikrobiologen und Public Health-Spezialisten, die ein Netzwerk zur Vorbereitung auf vektorübertragene Krankheiten aufbaut. U.a. publiziert das VBornet regelmässig aktualisierte Karten zur Vektorverbreitung<sup>13</sup>.
- **VECMAP PROJECT**, <http://iap.esa.int/vecmap>, Entwicklung einer Software für Modellrechnungen zur Verbreitung von Mückenvektoren, in Zusammenarbeit mit der European space agency (ESA)<sup>14</sup>.
- **EMCA** (European mosquito control association) [www.emca-online.eu/sites/visitors/about/emca.html](http://www.emca-online.eu/sites/visitors/about/emca.html)  
Diverse Aktivitäten: Informationsaustausch, Erarbeitung von Bekämpfungskonzepten, Konferenzen, Newsletter (SVEG 2012)<sup>15</sup>.
- **EDENEXT**, [www.edenext.eu](http://www.edenext.eu)  
(EDEN: *Emerging Diseases in a changing European environment*) Internationales Projekt, das die Erforschung der Biologie, Ökologie und Epidemiologie von Krankheitsvektoren durch 46 internationale Teams koordiniert (unter Beteiligung der Uni ZH). Ziele: Untersuchung und Modellierung der Prozesse, die zur Einführung, Etablierung und Verbreitung von Vektoren und vektorübertragenen Krankheiten führen; Entwicklung von Kontrollstrategien.  
Das Teilprojekt „*Biology and control of vector-borne infections in Europe*“ 2011 – 2014 ([www.edenextdata.com](http://www.edenextdata.com)) prüft einen neuen Ansatz der Mückenbekämpfung: Gefangene Mückenweibchen werden mit einem Larvizid (hormonell aktiver Wachstumsregulator) präpariert. Nach der Freilassung sollen die Mücken bei der Eiablage die Brutstätten mit dem Larvizid beimpfen (persönl. Mitteilung A. Mathis). Das Vorgängerprojekt EDEN (Emerging diseases in a changing European environment) untersuchte den Einfluss von Ökosystemen und Umweltbedingungen auf die Verbreitung der Mücken.
- **ENIVD** (*European Network for the Diagnostics of "Imported" Viral Diseases*) [www.enivd.de/index.htm](http://www.enivd.de/index.htm) Netzwerk, das gemeinsame Standards für die Diagnostik vektorübertragener Krankheiten entwickelt<sup>16</sup>.

---

<sup>12</sup> Die meisten dieser Projekte und Institutionen der internationalen Zusammenarbeit sind auch im Konzept zusammengestellt, das die Swiss Vector Entomology Group aktuell erarbeitet.

<sup>13</sup> F. Schaffner vom IPZ ist massgeblich beteiligt.

<sup>14</sup> In die Demophase (2011-2012) ist F. Schaffner vom IPZ ZH involviert, mit eigenen Daten aus der Schweiz. Das IPZ verwendete die entwickelte Software für die 2011 – 2012 durchgeführte, vom BAFU finanzierte Studie *Spatio-temporal diversity of mosquito fauna in Switzerland* (SVEG 2012).

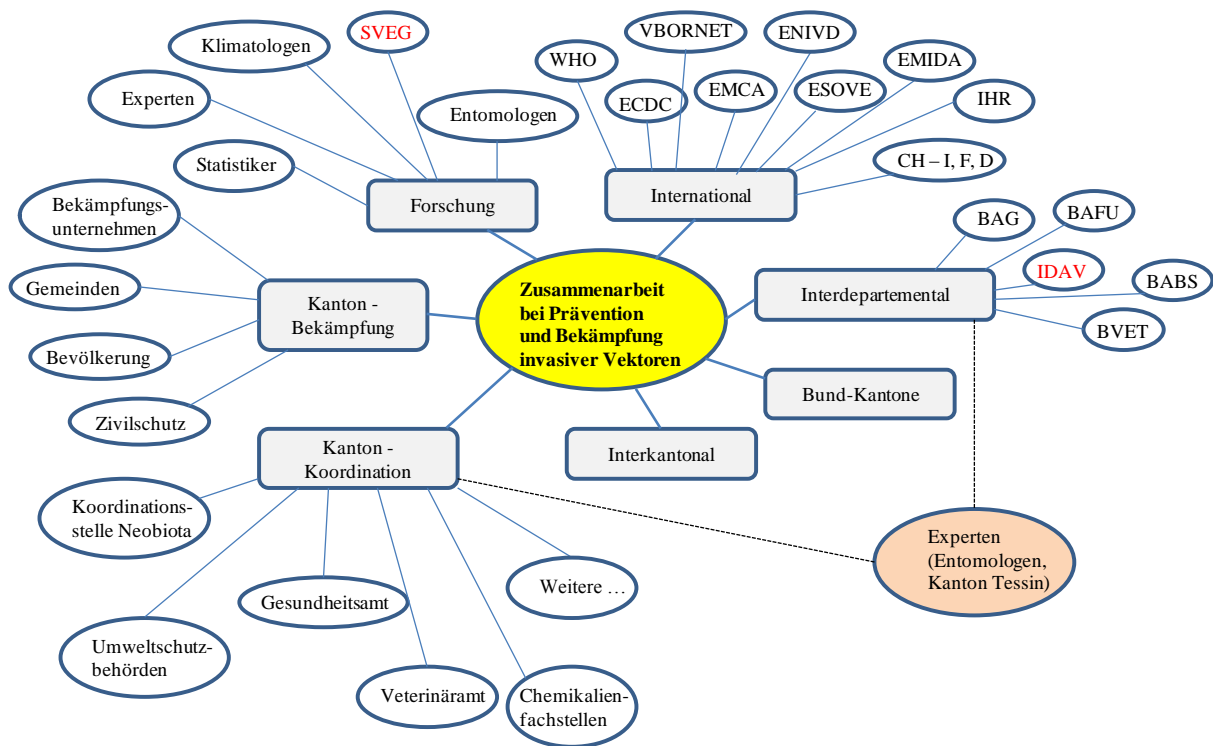
<sup>15</sup> Peter Lüthy (ETHZ) ist aktiv beteiligt (Mitglied Board of directors).

<sup>16</sup> Die Schweiz ist mit dem Labor Spiez (Olivier Engler, Marc Strasser), Detlev Schultze (Institut für klinische Mikrobiologie und Immunologie) und Pascal Cherpillod (Unispital Genf) vertreten (Stand Nov. 2012).

- **EMIDA** (Emerging and Major Infectious Diseases in Livestock Animals)  
[www.emida-era.net/](http://www.emida-era.net/)  
Durch die EU unterstütztes Projekt zum Informationsaustausch und der Koordination von Forschung und Aktivitäten auf dem Gebiet der Infektionskrankheiten bei Nutztieren
- **ESOVE** (European Society for Vector Ecology)  
[www.esove2012.eu/fr/previous-events/conferences-precedentes](http://www.esove2012.eu/fr/previous-events/conferences-precedentes)  
Internationaler Austausch (jährliche Konferenz) u.a. zu Vektorbiologie, Pathogene, Epidemiologie, Bekämpfung, Ökotoxikologie der Bekämpfungsmittel
- **IHR** (International Health Regulations der WHO)  
[http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241580410\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241580410_eng.pdf)  
Richtlinien der WHO zur Prävention und Kontrolle der internationalen Verbreitung von Krankheiten. Sie enthalten für die Mitgliedstaaten<sup>17</sup> verbindliche Vereinbarungen, die den Import und die Einschleppung infektiöser Erreger und Krankheitsvektoren über Häfen und Flughäfen verhindern sollen. Unter anderem sind darin die Überwachung von Transportgütern und Containern, Bekämpfungsmassnahmen sowie ein rascher Informationsaustausch im Fall des Auftretens von Krankheiten und Krankheitsüberträgern geregelt.
- **ICUP** (International Conference on Urban Pests; [www.icup.org.uk](http://www.icup.org.uk))  
Non-Profit-Organisation für den wissenschaftlichen Austausch über urbane Schädlinge, die alle drei Jahre einen Kongress zum Thema veranstaltet.
- **Zusammenarbeit mit den angrenzenden Nachbarländern**, v.a. Italien, Frankreich und Deutschland, da diese potentielle Eintrittsorte der Tigermücke sind.

---

<sup>17</sup> Auch die Schweiz (BAG) hat diese Vereinbarung unterzeichnet.



**Abbildung 7:** Ebenen der Zusammenarbeit und Koordination

Die Bekämpfung invasiver Vektoren ist ohne die Zusammenarbeit zwischen Akteuren und Institutionen kaum möglich. IDAV: Interdepartementale Arbeitsgruppe für Vektoren; SVEG: Swiss vector entomology group

### Handlungsbedarf Zusammenarbeit

Mit der seit einiger Zeit bestehenden interdepartementalen Arbeitsgruppe IDAV und der Expertengruppe SVEG ist ein Grundstein gelegt für die Zusammenarbeit zwischen den Bundesbehörden und den relevanten Experten. Sie sollte weitergeführt und noch ausgebaut werden. Auch auf internationaler Ebene ist die gute Vernetzung der Schweizer Experten auszubauen.

Sind zukünftig neben dem Tessin auch andere **Kantone** von der Tigermücke betroffen, so sollte auch bei diesen eine Organisation aufgebaut werden. Empfohlen wird jeweils die Bildung einer interdisziplinären, **kantonalen Arbeitsgruppe**, in der die involvierten Behörden des jeweiligen Kantons und die wichtigsten Interessensvertreter Einsitz haben und die die wichtigsten Aufgaben übernimmt (Kap. 8). Die Kommunikation **zwischen den Kantonen** sowie **zwischen Bund und Kantonen** sollte im Bereich der invasiven Krankheitsvektoren langfristig ausgebaut werden.

## 4 Ziele und Strategie

### 4.1 Ziele der Prävention und der Bekämpfung

Die wichtigsten Ziele im Hinblick auf die Tigermücke sind in den Grundzügen bereits im Konzept 2011 des BAFU und BAG beschrieben (BAFU/BAG 2011):

- Das Hauptziel besteht darin, **autochthone Übertragungen und Epidemien zu verhindern**. Neben diesen gesundheitlichen Folgen gilt es aber auch, wirtschaftliche Schäden abzuwenden, die durch die Tigermücke entstehen (Kap. 1.4).
- Daher soll die **Ausbreitung der Tigermücke verhindert oder verzögert werden**. Wo sie bereits nicht mehr ausgerottet werden kann, soll die **Populationsdichte reduziert** werden.
- Die **Bekämpfung soll die Umwelt so wenig wie möglich schädigen**, einerseits beim Einsatz der chemischen Insektizide, andererseits muss beim Einsatz neuer biologischer Bekämpfungsmittel deren Einfluss auf die Biodiversität und Nichtzielorganismen geprüft werden.

Bevor **konkrete Massnahmen** gegen die Tigermücke beschlossen werden, sollte deren **Ziel definiert** werden: Sollen die Mücken in einer Region ausgerottet werden? Oder die Population so reduziert werden, dass das Risiko einer Krankheitsübertragung minim ist? Oder richtet sich das Ziel nach der Lästigkeit der Mücken (maximale Anzahl Stiche pro Zeiteinheit, Toleranz der Bevölkerung)?

Je nach Ausgangslage und Region kann dies unterschiedlich sein. So wird im Tessin in den Grenzregionen, in denen sich die Tigermücke bereits fest etabliert hat, nur eine Reduktion der Populationsdichte angestrebt - die Ausrottung wäre gar nicht mehr möglich, nicht zuletzt wegen der ständigen Einschleppung aus Italien.

Werden solche Abwägungen nicht frühzeitig gemacht, so besteht die Gefahr, dass die Massnahmen entweder keinen Erfolg bringen oder durch übertriebenen Einsatz von Insektiziden die Umwelt unnötig belastet wird.

### 4.2 Präventions- und Bekämpfungsstrategien

#### 4.2.1 Prävention als Strategie

Bei der Strategie gegen Krankheitsvektoren wie der Tigermücke ist grundsätzlich zu entscheiden, ob man eher auf ein **proaktives Vorgehen** setzt, das den Schwerpunkt auf die Überwachung und Prävention legt, oder aber auf ein **reaktives Vorgehen**, bei dem erst auf Grund einer unmittelbaren Bedrohungslage Bekämpfungsmassnahmen ergriffen werden. Verschiedene Gründe sprechen **eher für die Prävention**:

- Ein **frühzeitiger und regelmässiger Insektizid-Einsatz**, wie er im Kanton Tessin seit Jahren praktiziert wird, kann die Tigermücken-Population unterhalb einer kritischen Dichte halten. Das Risiko für das Auftreten von autochthonen Übertragungen oder Epidemien – mit den damit verbundenen hohen Gesundheitskosten - wird so erheblich reduziert. Zwar wird so die Umwelt laufend den Insektiziden ausgesetzt und das Risiko erhöht sich, dass die Insekten Resistenzen

entwickeln. Die Menge an Insektiziden kann aber an das Auftreten und die Dichte der Mücken angepasst werden<sup>18</sup>.

- Die Alternative ist ein **reaktives Vorgehen**: Erst wenn in einer etablierten Mückenpopulation humanpathogene Viren auftreten oder es bereits zu Krankheitsfällen gekommen ist, werden die Mücken bekämpft. Dies hat wegen der anfallenden Gesundheitskosten (Kap. 1.4) langfristig deutlich höhere ökonomische Schäden zur Folge. Es ist auch zu befürchten, dass **um so massiver bekämpft** werden muss, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt. Zudem kann sich die Tigermücke so rascher etablieren und ist dann sicher **nicht mehr auszurotten** (ECDC *Technical Report* 2009).

### Ökonomische Überlegungen

Verschiedene Studien haben erwiesen, dass es **deutlich günstiger** ist, mit **präventiven Massnahmen** vorzubeugen, als erst auf eine unmittelbare Bedrohungslage zu reagieren. Gelingt es, die Etablierung der Tigermücke bereits im Ansatz zu **verhindern oder ihre Populationsdichte zu reduzieren**, können die Gesamtkosten begrenzt werden. Personal- und Materialaufwand sind abschätzbar. Sobald sich die **Tigermücke etabliert und eine kritische Dichte erreicht**, steigen die Kosten für Gesundheit (u.a. allergische Reaktionen), Tourismus (Einbussen) und Umwelt (wegen dem Einsatz von Bekämpfungsmitteln). Dazu sinkt die Lebensqualität der Bevölkerung. Im Fall einer **Epidemie** kommen hohe Gesundheitskosten (Labortests, medizinische Behandlung<sup>19</sup>, Information der Bevölkerung), Kosten für Bekämpfungsmassnahmen (massiver Einsatz von Insektiziden, mit Folgen für die Umwelt), hohe Einbussen für den Tourismus sowie direkte Kosten für die Bevölkerung (Moskitoschutz, Netze, Medizin etc.) hinzu. Einige **Kostenbeispiele**:

**Tessin**: Zwischen 2000 und 2009 wurde ca. 550'000 SFr. für die Prävention (einschliesslich Bekämpfung) ausgegeben. Im Jahr 2006 beliefen sich diese auf ca. 80 000 SFr. (GLZ 2006). In Zukunft wird mit 200'000-250'000 SFr. jährlich gerechnet. Zum Vergleich: Eine Studie hat die medizinischen Behandlungskosten eines Dengue-Falls in acht Ländern Asiens und Amerikas untersucht; die durchschnittlichen Kosten für die Behandlung eines Dengue-Falls liegen demnach zwischen \$514 und \$1394 (Suaya et al 2009); für die Schweiz wurden keine Angaben gefunden.

**Magadinoebene**: Kosten für die Bekämpfung von *Aedes vexans* in den Überschennungsgebieten der Magadinoebene (grossflächige Behandlung mittels Helikopter) im Jahr 2007, geschätzt durch die GLZ (BAFU-Fachtagung 2009):

- Kosten der regelmässigen Bekämpfung: 50'000 SFr.
- Wenn keine Bekämpfung gemacht würde, wären die Kosten etwa **50 Mal höher**: 2,6 Mio. SFr. (Verluste bei Tourismus 2 Mio. SFr., Restaurants 500'000 SFr., private Schutzmassnahmen 100'000 SFr.)

Die Bekämpfung von *Ae. albopictus* ist damit nicht direkt vergleichbar, da hier einzelne Brutstätten behandelt werden müssen, was deutlich aufwändiger ist.

**Chikungunya-Epidemie auf der Insel La Réunion**: Gemäss einer Kostenanalyse des ECDC **verursachte die Epidemie** Kosten von 3,9 Mio. Euro, davon 60 Prozent für direkte medizinische Ausgaben und 40 Prozent für die Produktivitätseinbussen (ECDC August 2012). Die gleiche Summe war zusätzlich nötig für die Bekämpfung des Vektors. **Kosten pro Einwohner: 56 Euro.**

---

<sup>18</sup> Es gibt kaum Studien darüber, ob ein kurzfristiger Einsatz von hochdosierten Bekämpfungsmitteln oder eine permanente Behandlung mit niedrigen Dosen die Umwelt mehr belastet.

<sup>19</sup> Bsp. Region Emilia Romagna nach der Epidemie 2007 (Kap 1.1): geschätzte 2-3 Mio. Euro Behandlungskosten

Die Studie vergleicht diesen Fall mit jenem in der italienischen Region Emilia-Romagna, bei der auf **Prävention** gesetzt wird. Dort ist seit zwei Jahren ein Präventionsplan für Dengue und Chikungunya in Kraft, der 2011 5,5 Mio. Euro kostete – was **1,4 Euro pro Einwohner** entspricht.

**Mückenbekämpfung im deutschen Oberrheingebiet:** Eine repräsentative Umfrage durch die Mückenbekämpfungsorganisation KABS ergab, dass die betroffene Bevölkerung bis vier Mal mehr bezahlen würde, als die laufende Bekämpfung gegenwärtig kostet (Von Hirsch und Becker 2009).

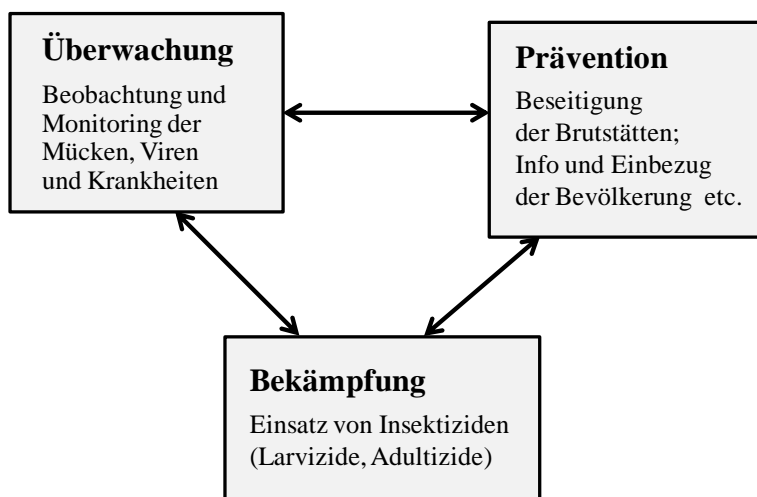
#### 4.2.2 Kombinierte Massnahmen gegen die Tigermücke

Seit Jahrzehnten werden krankheitsübertragende Vektoren mit chemischen Insektiziden bekämpft. Die Erfahrungen zeigen, dass negative Auswirkungen auf die Umwelt sich nicht vermeiden lassen. Oft kann auch der dauerhafte Einsatz von Insektiziden die Insekten nicht ausrotten. Gemäss Experten gelingt der Kampf gegen die Tigermücke nur durch eine **Kombination verschiedener Massnahmen**, die sich ergänzen (Medlock et al 2012):

- **Überwachung:** Beobachtung und Monitoring der Mücken, Krankheitserreger und Krankheiten (Kap. 5.1)
- **Prävention:** u.a. Beseitigung der Brutstätten der Mücken, Information und Einbezug der Bevölkerung, Verhinderung des Imports von Mücken und Krankheiten (Kap. 5.2 und 5.3)
- **Bekämpfung:** Einsatz von Insektiziden gegen die Mücken (Kap. 6).

Dieses „integrierte Vektormanagement“ nutzt die additive Wirkung dieser verschiedenen Massnahmen (Abbildung 8). Das Hauptgewicht liegt dabei auf den präventiven Massnahmen, durch die sich in der Regel der Einsatz umweltschädlicher Bekämpfungsmittel minimieren lässt.

Überwachung, Prävention und Bekämpfung greifen dabei ineinander: Das **Monitoring** kann auch als Teil der **Prävention** gesehen werden. Es wird **auch begleitend zur Bekämpfung** eingesetzt, um deren Erfolg zu messen. Die Bekämpfung einzelner Tigermückenherde durch Insektizide gegen Larven und adulte Mücken kann ebenfalls als Prävention gesehen werden.



**Abbildung 8:**  
Die Pfeiler des integrierten Vektormanagements

In den **Kapiteln 5 und 6** sind die **wichtigsten Elemente der Überwachung, Prävention und Bekämpfung** beschrieben. Eingeflossen sind dabei vor allem die Empfehlungen der internationalen Organisationen *European Center for Disease Control and Prevention*, der *World Health Organization* und der *European Mosquito Control Association* (ECDC 2012, WHO 2012b, WHO/EMCA Mai

2011). Die meisten darin aufgezeigten Massnahmen decken sich auch mit dem Vorgehen des Kantons Tessin, das als vorbildlich gilt.

### 4.3 Konzepte für die Schweiz

Folgende bereits heute vorliegenden Konzepte legen in der Schweiz den Grundstein für das weitere Vorgehen mit invasiven Vektoren:

Das von **BAFU und BAG** erstellte *Konzept 2011 für die Bekämpfung der Tigermücke Aedes albopictus und der von ihnen übertragenen Krankheiten in der Schweiz* kann als Rahmenkonzept betrachtet werden. Es enthält neben Grundlagen eine umfassende Auflistung von Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen. Neben den schon vorhandenen Hilfsmitteln des Kantons Tessin zeigt es auch den Handlungsbedarf auf und macht deutlich, in welchen Bereichen eine Konkretisierung erforderlich ist.

In dem ebenfalls im **2011 von BVET und BAG** erstellten *Konzept zur Überwachung und Prävention von West-Nil-Fieber* wird das in der Schweiz bestehende Risiko durch das West-Nil-Virus analysiert. Das Dokument ist fokussiert auf Zoonosen und die Tierpathogenität des West-Nil-Virus. Die darin vorgeschlagene Strategie zielt auf eine Überwachung der Krankheiten und infizierter Tiere (Vögel, Pferde), nicht hingegen auf eine Kontrolle der Überträgermücken. In dem Konzept werden verschiedene epidemiologische Situationen unterschieden, und davon jeweils die erforderlichen Massnahmen abgeleitet.

Die Erfahrungen und die Vorgehensweise des **Kantons Tessin** sind bereits in das Konzept 2011 des BAFU und BAG eingeflossen (*Roadmap*). E. Flacio (ICM) hat eine Reihe **konkreter Anleitungen** verfasst, in denen das Vorgehen im Kanton Tessin bei Monitoring, Prävention und Bekämpfung festgehalten sind (Flacio E, GLZ, Lotta contro la zanzara tigre: SOPs). Die Dokumente beschreiben auch die wichtigsten Akteure und die Organisation der GLZ (Details s. Kap. 7.1). Diese Dokumente sollten übersetzt und so den anderen Kantonen als Hilfsmittel zugänglich gemacht werden.

### 4.4 Risikoabschätzung und szenarienabhängiges Vorgehen

Ob es zu einer autochthonen Übertragung oder gar einer Epidemie von Dengue oder Chikunguya kommen kann, hängt von vielen Faktoren ab. Die wichtigsten davon sind:

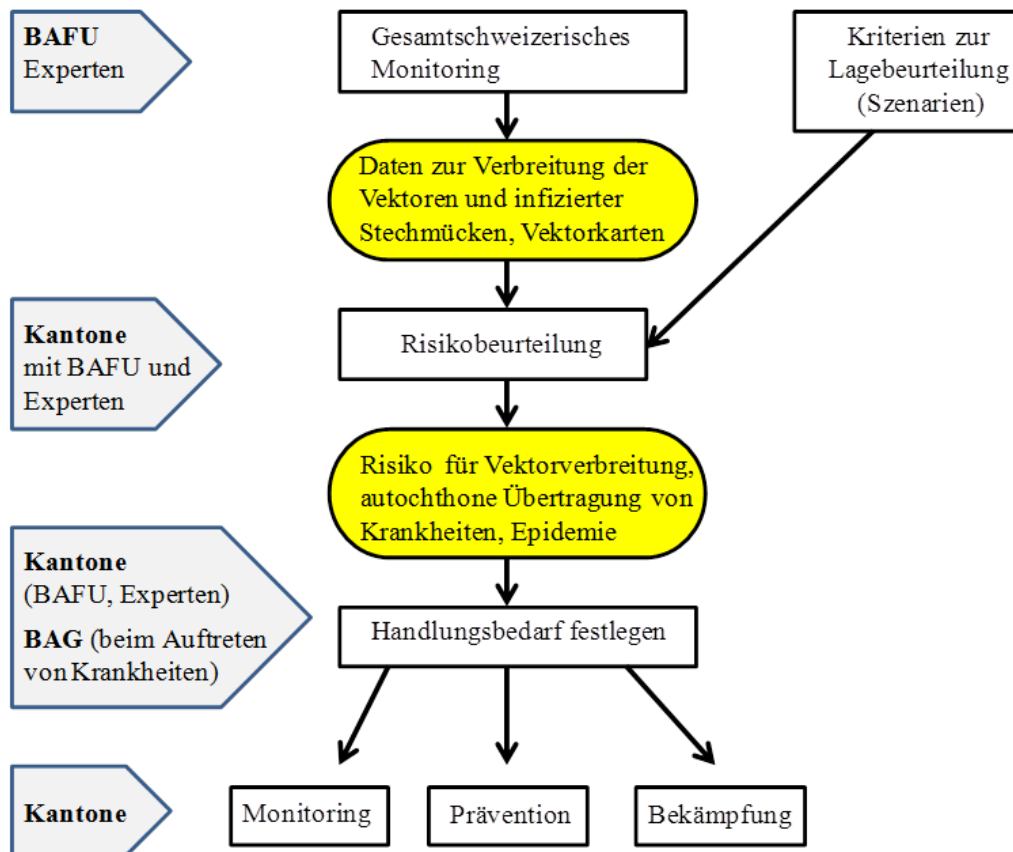
- die Verbreitung und Populationsdichte der Tigermücke
- die Anzahl von Einreisenden, die mit vektorübertragenen Krankheiten infiziert sind.

Je grösser die Verbreitung und je höher die Populationsdichte der Mücke sind, desto höher ist das Risiko, dass in der Mückensaison bei der Einreise einer infizierten Person eine Epidemie ausgelöst wird. Eine fundiertere Risikoabschätzung ist komplex und erfordert das Fachwissen von Experten<sup>20</sup> (Kap.1.1).

Das **Monitoring** der Vektoren, der übertragenen Erreger und der durch sie verursachten Krankheiten (Kap. 5.1) bildet eine wichtige **Grundlage für die Risikobeurteilung**. Ergänzt werden diese Angaben durch eine **Analyse der klimatischen und anderer Umweltbedingungen**. Aufgrund dieser Erkenntnisse entwickeln die nationalen und kantonalen Behörden Strategien zur Prävention und Bekämpfung (s. Abbildung 9).

---

<sup>20</sup> Die ECDC führt in ihren 2012 publizierten Richtlinien für die Überwachung invasiver Mücken die verschiedenen Parameter auf, die nötig sind, um den epidemiologischen Status der Mückenpopulation und ein Übertragungsrisiko abzuschätzen (ECDC 2012).



**Abbildung 9:** Beurteilung des Risikos durch die Tigermücke und daraus abgeleiteter Handlungsbedarf. Die Verantwortlichkeiten des Bundes und der Kantone sind angegeben.

Mit einer **Szenarienanalyse** kann die Bedrohungslage am Besten beurteilt werden. Mit Hilfe definierter Szenarien wird das **Risiko** abgeschätzt und man analysiert, welche **Massnahmen** in einem bestimmten Fall ergriffen werden sollten. Auch die WHO hat in ihren Guidelines unterschiedliche Verbreitungsszenarien (*Risk levels*) definiert und empfiehlt dieses Vorgehen (WHO/EMCA Mai 2011).

Tabelle 2 enthält verschiedene **Verbreitungsszenarien** und jeweils eine Empfehlung, mit welchen **Massnahmen** darauf reagiert werden sollte. Diese wurden von der Verfasserin zusammengestellt und basieren auf den Empfehlungen internationaler Organisationen (ECDC 2012, WHO/EMCA Mai 2011, WHO 2012b) und dem Vorgehen des Kantons Tessin, das international anerkannt ist. **Die einzelnen Massnahmen sind in Kap. 5 und 6 genauer ausgeführt.**

Die Schweiz ist gleichzeitig mit unterschiedlichen Szenarien konfrontiert. Während das Tessin schon heute besonders betroffen ist, wurde in den meisten übrigen Kantonen bisher noch keine Tigermücke nachgewiesen.

**Tabelle 2:** Verschiedene Ausbreitungsszenarien und jeweils empfohlene Massnahmen

	<b>Szenario</b>	<b>Risiko für die Übertragung von Krankheiten</b>	<b>Empfohlene Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen</b> (die für ein Szenario empfohlenen Massnahmen gelten auch für alle nachfolgenden Szenarien)	<b>entspricht gegenwärtiger Situation in</b>
1.	Tigermücke auf Grund klimatischer Bedingungen nicht überlebensfähig	Kein Risiko	Keine	Meiste Länder nördlich der Alpen
2.	Klimatische Bedingungen möglicherweise günstig, aber noch keine Tigermücken nachgewiesen	Kein Risiko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoring an einigen repräsentativen Orten (in regelmässigen Abständen, nur in den Sommermonaten)</li> </ul>	Teil der Kantone (Kap. 2.2.5)
3.	Auftreten einzelner Tigermücken	Kein Risiko für autochthone Übertragung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmässiges Monitoring an repräsentativen Orten; stichprobenartiges Screening auf Viren</li> <li>• Bekämpfung der Tigermücken im Umkreis von 100 – 200 Meter um die Brutstätten mit Bioziden (Information und Beteiligung der betroffenen Kantone und Gemeinden)</li> <li>• Bereitstellung von Informationen zur Tigermücke, Risiken und Verbreitungsgrad</li> </ul>	Nördlich gelegene Teile des Tessins (u.a. Region Bellinzona)
4.	Tigermücke hat sich etabliert.	Geringes bis hohes Risiko einer autochthonen Übertragung bei Einreise infizierter Person	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmässige Bekämpfung mit Larvizid Bti und chemischen Insektiziden, um die Populationsdichte der Mücken zu reduzieren</li> <li>• Monitoring an repräsentativen Orten, um die Populationsdichte und den Erfolg der Bekämpfung zu messen</li> <li>• Beseitigung von Brutstätten auf öffentlichem Grund</li> </ul>	Wachsende Teile des Tessins (z.B. Regionen um Chiasso, Lugano und Locarno)

	<b>Szenario</b>	<b>Risiko für die Übertragung von Krankheiten</b>	<b>Empfohlene Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen</b> (die für ein Szenario empfohlenen Massnahmen gelten auch für alle nachfolgenden Szenarien)	<b>entspricht gegenwärtiger Situation in</b>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufforderung der Bevölkerung über geeignete Medien (z.B. Internet, Presse, Newsletters) <ul style="list-style-type: none"> <li>• verdächtige Mücken zu melden (Hotline)</li> <li>• Brutstätten auf privatem Grund zu beseitigen</li> </ul> </li> </ul>	
5.	<p>Tigermücke etabliert und einzelne Krankheitsfälle (eingereiste infizierte Person) oder</p> <p>Auftreten einer autochthonen Übertragung in der Schweiz</p> <p>oder</p> <p>mit Viren infizierte Mücken nachgewiesen</p>	Erhöhtes Risiko einer autochthonen Übertragung und/oder Verbreitung von Krankheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensivierte Bekämpfung und Screening von Mücken auf Viren</li> <li>• Information und – bei Krankheitsfällen – Einbezug von örtlichen Gesundheitsbehörden und Ärzten</li> </ul> <p>Übrige Schweiz: Vorgehen wie oben</p>	<p>In der Schweiz ist bisher keine autochthone Übertragung aufgetreten. Infizierte Einreisende mit Chikungunya sind selten, mit Dengue jedoch zunehmend.</p> <p><u>Bsp. im Ausland:</u> Frankreich 2010 (autochthone Übertragung von Dengue und Chikungunya)</p>
6.	Etablierte Population infizierter Mücken	Epidemie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensivierung sämtlicher Massnahmen</li> <li>• Medizinische Massnahmen (Sensibilisierung der Ärzte, Sicherstellung Diagnostik)</li> <li>• Einbezug der Bevölkerung (s. oben), zusätzlich Aufforderung zur Expositionsprophylaxe (Insektenschutzmittel etc.)</li> </ul>	<p><u>Bsp. im Ausland:</u> Italien 2007 (lokale Chikungunya-Epidemie)</p> <p>La Réunion 2006/2007 Chikungunya-Epidemie mit mehr als 250 000 Infizierten</p>

## 5 Prävention

### 5.1 Überwachung

Um über Massnahmen gegen die Tigermücke entscheiden zu können, braucht es eine Risikobeurteilung. Die Grundlage dafür ist das **Monitoring** der Vektoren und der von ihnen übertragenen Erreger sowie die Erfassung und Beobachtung der Krankheiten (Nentwig 2011, Braks 2011). Zentral ist der Aufbau eines **Überwachungssystem** für die Mücken: Nach dem ersten Nachweis eines Eindringens müssen schnelle Beschlüsse über das weitere Vorgehen gefasst werden (Hulme et al 2009). Dies ist deshalb von grosser Bedeutung, da gemäss Experten eine Ausrottung der Mücken nicht mehr möglich ist, wenn diese sich in einem Gebiet etabliert haben.

*„Um eine mögliche Etablierung von *Aedes albopictus* zu verhindern, ist es wichtig, frisch eingeschleppte Individuen oder schon kleinere Populationen **so früh wie möglich festzustellen**. ... Wurde nach einer Neubesiedelung eine gewisse Populationsgrösse erreicht und ein ausreichend grosses Areal besiedelt, ist es schwer, vor allem in besiedelten Bereichen, diese in den Griff zu bekommen.“*

Quelle: KABS (Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage)  
[www.kabsev.de](http://www.kabsev.de)

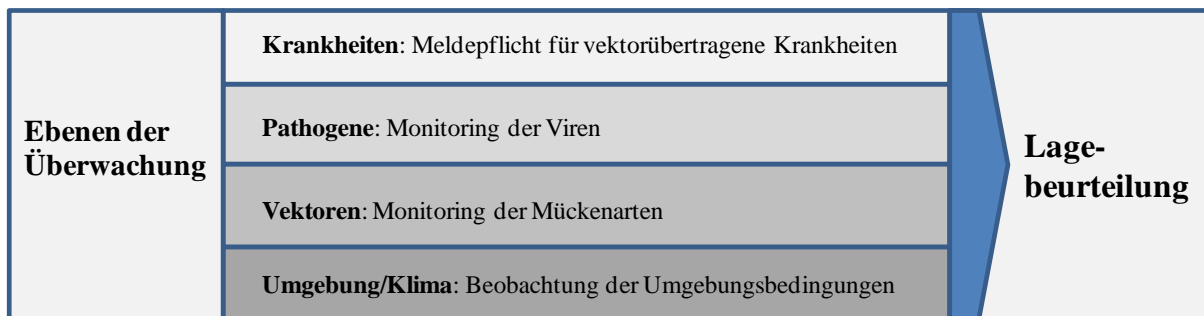
Die **ECDC** hat im Sommer 2012 **Richtlinien für die Überwachung invasiver Mücken** herausgegeben, die die europäischen Länder beim Aufbau eines Überwachungssystems unterstützen sollen. Sie haben zum Ziel, dass die Länder bei der Erhebung von Daten ähnlich vorgehen. Die Daten aus ganz Europa sollen gesammelt werden. Darauf basierend werden regelmässige Lageberichte und Vektorkarten zur Verbreitung der Mücken erstellt, die eine laufende Lagebeurteilung und Prognosen erlauben (ECDC 2012 *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe*; ECDC Meeting Report 2011).

An verschiedenen **Institutionen** der Schweiz werden Forschungs- und Monitoring-Projekte im Gebiet der invasiven Stechmücken durchgeführt, die wichtigsten davon:

- Kantonales Institut für Mikrobiologie (M. Tonolla, **ICM** Tessin);  
ab Juni 2013 neu: Laboratorio di microbiologia applicata der Tessiner Fachhochschule (**SUPSI**, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana)
- Institut für Parasitologie Universität ZH (**IPZ**; F. Schaffner, A. Mathis)
- Schweiz. Tropen- und Public Health-Institut (**SwissTPH**; P. Müller, C. Lengeler)
- **ETH Zürich** (P. Lüthy)
- **Labor Spiez** (O. Engler)

Die Tätigkeitsfelder dieser Institutionen sind in **Anhang IV** aufgeführt. Die **Swiss Vector Entomology Group** (Kap. 3.3) erstellt im Auftrag des BAFU einen Bericht, der einen Überblick über die Forschungslandschaft und wichtigsten Aktivitäten in der Schweiz im Gebiet der Insektenvektoren gibt. Er enthält die wichtigsten Akteure, Kollaborationen sowie Massnahmen zu Monitoring und Bekämpfung (SVEG 2012).

Eine **Überwachung** ist auf verschiedenen Ebenen erforderlich (s. Abbildung 10). Auf Grund der gesammelten Beobachtungen und erhobenen Daten kann das Risiko abgeschätzt werden, dass vektorübertragene Krankheiten auftreten.



**Abbildung 10:** Ebenen der Überwachung

### 5.1.1 Monitoring der Mücken(arten)

Um sich ein Bild über das Vorkommen und die Verbreitung bestimmter Mückenarten zu machen, müssen diese mit Insektenfallen gefangen, analysiert und erfasst werden. Das im Folgenden beschriebene Vorgehen entspricht im Wesentlichen dem des Kantons Tessin, deckt sich aber auch mit dem Vorgehen anderer Länder Europas.

#### Ziel des Monitorings

- Feststellen von Mücken, um angemessen reagieren zu können, wenn sie auftreten.
- Bestimmen der Populationsdichte, im Hinblick auf die Schwellenwerte mit epidemischem Potential. Auch aus den Meldungen der Bevölkerung (Anzahl Insektenstiche) oder der Messung der Anzahl Stiche können Rückschlüsse auf die Populationsdichte gezogen werden.
- Erstellung von Risikokarten (Präsenz, Dichte der Mückenpopulation) für das Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF in Neuchatel) und die ECDC
- Prüfung des Erfolgs von Bekämpfungsmassnahmen

#### Überwachte Orte

- Potentielle Brutstätten und Habitate müssen kartiert werden, unterstützt durch geographische Informationssysteme. Die Auswahl und repräsentative Verteilung der Monitoring-Stellen ist wichtig. In der Regel werden die Orte mit der grössten Mückenwahrscheinlichkeit gewählt, v.a. Importrouten wie Einkaufszentren, Raststätten und Parkplätze entlang von Autobahnen (ruhender Verkehr), Güterbahnhöfe, Schiffsstationen, Häfen, Flugplätze sowie grenznahe Industriebetriebe, Zollstationen und Parks.
- Stichprobenkontrollen von kritischen Gütern (Pneus, Pflanzen...)
- Untersuchung von verdächtigen Mücken, die von der Bevölkerung eingeschickt werden (Hotline, mit genauer Ortsangabe)

#### Vorgehen

Eine Übersicht verschiedener Monitoringmethoden enthalten die Guidelines der WHO/EMCA von Mai 2011. Die 2012 publizierten Richtlinien für die Überwachung invasiver Mücken der ECDC enthalten detaillierte Vorgaben, wie beim Monitoring vorzugehen ist. Darin werden - abhängig von Fragestellung und Ort - verschiedene Fallentypen und ihre Verwendung (Dichte der Fallen, Häufigkeit und jahreszeitliche Periode) beschrieben (ECDC 2012).

Es können Proben verschiedener Mückenstadien gesammelt werden:

- **Eier:** Die Eier können im Labor ausgezählt werden.
- **Larven:** Das Monitoring konzentriert sich im Allgemeinen auf den Nachweis dieses Lebensstadiums, da er rasch und vergleichsweise günstig ist. Es kommen sogen. *Ovitrap*s (Ovitrap-Fallen, Abbildung 11) zum Einsatz. Diese sind gut für einen qualitativen Nachweis, jedoch nur mässig dafür geeignet, die Populationsdichte zu bestimmen. Die gefangene Menge hängt von der Zahl an attraktiven Brutstätten in der Umgebung ab. Eine statistische Aussage ist erst mit einer ausreichenden Anzahl Fallen möglich (persönl. Mitteilung M. Tonolla).



**Abbildung 11:** Mückenfalle (*Ovitrap*)

Die Mückenweibchen legen ihre Eier in der Mückenfalle ab. Die braunen Körner in der Falle geben das Larvizid Bti ab, das ausschlüpfende Larven abtötet.

Quelle: Wikipedia Asiatische Tigermücke

- **Puppen:** Sie müssen zur Identifizierung im Labor zum Schlüpfen gebracht werden.
- **Adulte Mücken:** Verschiedene Fangmethoden sind Aspirator, Netz, Futterfallen, CO<sub>2</sub>-Fallen und klebrige Fallen (z.B. Digitraps, persönl. Mitteilung N. Becker). Am effizientesten sind Fallen, die die Mücken anziehen (chemische Lockstoffe, Einsaugen), z.B. batteriebetriebene CDC traps. Der Vorteil des Nachweises von adulten Mücken ist, dass diese rasch identifiziert werden können, was eine schnelle Reaktion ermöglicht. Sofern ein Import adulter Mücken ausgeschlossen werden kann, zeigt der Nachweis an, dass unter den gegebenen Bedingungen ein kompletter Entwicklungszyklus möglich ist.

#### Einbezug der Bevölkerung beim Monitoring

Die Bevölkerung kann das Monitoring aktiv unterstützen. Es können Informationsblätter verteilt werden mit der Aufforderung, Mücken zu sammeln und zur Analyse einzuschicken (Gruppo operativo del Gruppo di lavoro zanzare 2010). Es können auch Monitoring-Kits abgegeben werden (in Spanien an der Costa Brava praktiziert).

#### Erfassung und Verarbeitung der Monitoringdaten

Auf Grund der Monitoring-Ergebnisse können Karten erstellt werden, die die Präsenz und Populationsdichte der Tigermücke illustrieren. Sie bilden die Grundlage zur Risikobeurteilung und Erarbeitung der Bekämpfungsstrategie und sie haben unmittelbaren Einfluss auf die zu ergreifenden Massnahmen. Die Funde sind daher den betroffenen Gemeinden und Kantonen mitzuteilen.

Zusätzlich dienen die Daten und Karten für Prognosen, da sie den zeitlichen und örtlichen Verlauf der Ausbreitung darstellen und eine Vorhersage für verschiedene Regionen erlauben. Die Monitoring-Daten der Schweiz finden auch Eingang in europäische Datenbanken und Risikokarten (ECDC, VBORNET). 2009 wurden im Auftrag des ECDC auf Basis entomologischer sowie Umwelt- und Klimadaten Verbreitungskarten für die Tigermücke erstellt (ECDC Technical Report 2009). Das Projekt wurde koordiniert durch F. Schaffner (IPZ ZH); für die Erstellung der Karten wurden zwei alternative Modelle eingesetzt, die auf geographische Informationssysteme basieren.

### Bisherige Aktivitäten in der Schweiz

Verschiedene Institutionen betreiben ein Monitoring der Mückenarten (Anhang IV). Im Kanton Tessin wurden im grenznahen Gebiet und entlang der Autobahnen Mückenfallen aufgestellt und Zählungen von Eiern, Larven und Mücken durchgeführt (BAFU/BAG 2011). Die Federführung liegt bei der Gruppo di lavoro zanzare (E. Flacio). Das Monitoring liefert die Entscheidungsgrundlage dafür, ob eine Bekämpfung ausgelöst wird. Ein Monitoring fand im Rahmen verschiedener Projekte auch schon in anderen Kantonen statt (u.a. durch das IPZ ZH und das ICM TI).

### Handlungsbedarf

Das Monitoring sollte im Sinne eines Früherkennungssystems auf die nationale Ebene ausgeweitet werden (Kap. 8.2.4). Dies betrifft vor allem die wichtigen Transportachsen von Süden nach Norden (A2 zwischen Bellinzona und Basel), von Westen nach Osten (vom Rhonetal) sowie die Region Basel, die aufgrund des Rheinhafens, des Flughafens und des internationalen Gütertransports per Bahn und Lastwagen ein besonderer Verkehrsknotenpunkt ist. Ein Projektvorschlag wird ausgearbeitet und sollte durch das BAFU unterstützt werden (Kap. 8.2.4).

## **5.1.2 Überwachung der Viren und infizierter Mücken**

Der Fachbereich Biologie des Labor Spiez untersucht während eines dreijährigen Projekts einheimische (*Cx. pipiens*, *Ae. vexans*) und eingewanderte Mückenarten (*Ae. albopictus*) auf human- und tierpathogene Viren (West-Nil-, Dengue-, Chikungunya-, Usutu-Virus)<sup>21</sup>. Zum Nachweis werden molekularbiologische Methoden eingesetzt. Nach einer Pilotstudie lagen 2011 erste Daten vor: Es wurden in über 10 Prozent der Mücken genetische Viren-Spuren gefunden (ausschliesslich ungefährliche Virusarten). Diese Überwachung von Mücken im Tessin soll weitergeführt werden (Strasser et al 2010).

Das Monitoring der Viren hat allerdings **Grenzen**, denn negative Befunde schliessen das Vorkommen von Viren nicht aus. Andererseits bedeutet ein Nachweis der Viren in den Mücken nicht unbedingt, dass diese auch übertragen werden. Im *Konzept zur Überwachung und Prävention von West-Nil-Fieber* des BVET (Konzept BVET 2011) wird erwähnt, dass das Verfahren extrem zeitaufwändig ist. Mindestens für das West-Nil-Virus sei die Prävalenz nicht besonders hoch und der Nachweiserfolg somit gering (es wird von maximal zwei Prozent ausgegangen, selbst in endemischen Gebieten). Das Monitoring dieser Viren wird daher als nicht kosteneffizient eingeschätzt.

Solche Untersuchungen können ein **Bild über die generelle Prävalenz eines Virus** geben. Solange die Nachweisverfahren zu zeitaufwändig sind, erscheinen sie jedoch **nicht geeignet für eine schnelle Lagebeurteilung** und das Ergreifen von Sofortmassnahmen.

## **5.1.3 Überwachung öffentliche Gesundheit**

Um beim Auftreten von vektorübertragenen Krankheitsfällen rechtzeitig und adäquat reagieren zu können, ist ein **Frühwarnsystem nötig, inklusive der Labordiagnostik**. Beim BAG besteht daher eine **Meldepflicht**<sup>22</sup> für mückenübertragbare Krankheiten wie das West-Nil-, Chikungunya- und Dengue-Fieber. Die Fallzahlen werden wöchentlich publiziert (BAG-Bulletin). Das nationale Referenzzentrum für neu auftretende Viruserkrankungen (NAVI; u.a. für Dengue-, Chikungunya- und

---

<sup>21</sup> Zusammenarbeit mit dem ICM Bellinzona, der Fondazione Bolle di Magadino und dem IPZ ZH (A. Mathys)

<sup>22</sup> *Verordnung des EDI über Arzt- und Labormeldungen* (s. Anhang III)

West-Nil-Viren) ist am Universitätsspital Genf (Hôpitaux Universitaires de Genève HUG, Dr. P. Cherpillod) lokalisiert.

Das Dengue-Fieber wird bei mildem Krankheitsverlauf häufig mit anderen grippalen Infektionen verwechselt. Es ist daher von einer Untererfassung auf Grund nicht durchgeführter Diagnostik auszugehen (RKI 2012, Spiegel 18.5.2012).

**Ärzte müssen für typische Symptome dieser Krankheiten sensibilisiert werden.** Für Rückreisende aus Gebieten, in denen die vektorübertragenen Viren endemisch sind, ist im Krankheitsfall eine Reiseanamnese zu erstellen. **Reisende in solche Endemiegebiete sollten vorab informiert werden** (Expositionsprophylaxe). Schliesslich müssten entsprechende Aspekte vermehrt in die Ausbildung von Ärzten aufgenommen werden.

Das **grösste Risiko für die Entstehung einer Epidemie** ist heute gegeben, wenn eine Person nach der Rückkehr aus einem Endemiegebiet an Dengue- oder Chikungunya-Fieber erkrankt und sich dann während der Mückensaison (in den Sommermonaten) in einem Gebiet wie dem Tessin mit einer hohen Populationsdichte der Tigermücke aufhält. Es ist dringend zu prüfen, welche Konsequenzen in einem solchen Fall gezogen werden müssten (Kap. 8) und inwiefern diese schon heute definiert sind (z.B. Aufforderung des Betroffenen zur strikten Expositionsprophylaxe, intensivierete Bekämpfung der Mücken im Umfeld der erkrankten Person, Sensibilisierung der Ärzte und Bevölkerung im betroffenen Gebiet). Das BAG sollte Empfehlungen erarbeiten, mit welchen Massnahmen die kantonalen Gesundheitsbehörden auf das Auftreten vektorübertragener Krankheiten reagieren sollen (Kap. 8.2.10).

Das *European Network for the Diagnostics of Imported Viral Diseases* (ENIVD) entwickelt gemeinsame Standards für die **Diagnostik vektorübertragener Krankheiten** (s. Kap. 3.3). Die WHO hat für den Fall von Chikungunya-Infektionen oder einer Epidemie die wichtigsten Massnahmen im Bereich Diagnostik, Meldepflicht, Kommunikation und den Handlungsbedarf für lokale und nationale Gesundheitsbehörden zusammengestellt (WHO 2009a).

#### 5.1.4 Überwachung Insektizidresistenz

Wo bereits chemische oder biologische Bekämpfungsmittel eingesetzt werden, können Mücken Resistenzen entwickeln. Häufig wird in der Folge die Dosis erhöht und häufiger behandelt, was die Umwelt zusätzlich belastet.

Durch stichprobenartiges Monitoring können Resistenzen rasch erkannt werden, damit frühzeitig gehandelt werden kann, z.B. indem man die Mittel anders einsetzt oder auswählt. Wird zu spät reagiert, kann sich eine resistente Population so stark manifestieren, dass sie trotz Massnahmen (z.B. Wechsel des Wirkstoffs) nur langsam zurückgedrängt werden kann. In der Schweiz wurden bisher keine Resistenzen festgestellt. Solange chemische Larvizide und Adultizide wie im Tessin nur in beschränktem Umfang (Adultizide z.B. nur in sensiblen Bereichen wie in der Umgebung von Schulen und Spitälern) und saisonabhängig verwendet werden, ist die Entstehung von Resistenzen unwahrscheinlich (persönl. Mitteilung von M. Tonolla; Kap. 6.10).

#### 5.1.5 Monitoring in Deutschland

In den vergangenen Jahren betrieben verschiedene Institutionen und Bundesländer ein Monitoring vor allem entlang von Transportachsen und Transitstrecken (Umweltbundesamt 2010 *Klimawandel und Gesundheit - Forschungsfelder*). Bisher wurden nur vereinzelt Tigermücken gefunden. Dies deutet auf eine gelegentliche Einschleppung hin. Im Folgenden sind einige Projekte aufgeführt:

- 2005-2007 Doktorarbeit der KABS<sup>23</sup> zu invasiven Mücken, in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg
- 2008 – 2011 Senckenberginstitut: Monitoring an der A5 im Sommer zum Zeitpunkt des Rückreiseverkehrs im Bereich der Raststätten.
- Projekt Monitoring Arboviren 2009 – 2010 (DGMEA 2011)
- Seit 2007 untersuchen die KABS und das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNI) Stechmücken als Krankheitsüberträger. Dabei wurden mehrere humanpathogene Viren entdeckt, deren Bedeutung für die Menschen im Oberrheingebiet zurzeit untersucht wird.
- Seit 2009 führt die KABS ein Überwachungsprogramm für die asiatische Buschmücke durch (Deutschlandfunk 29.1.2012).
- Auch am Friedrich-Loeffler-Institut für Tiergesundheit wird seit Jahren in medizinischer Entomologie geforscht.

### Projekt Mückenatlas

Seit April 2012 können Bürger Stechmücken einschicken, die sie nach einem bestimmten Prozedere gefangen haben. Es wird ihnen mitgeteilt, um welche Art es sich handelt und sie können den Fangort im **Mückenatlas**<sup>24</sup> für Deutschland eintragen lassen. So entstehen Verbreitungskarten der verschiedenen Mückenarten.

### Nationales Monitoring-Projekt

In Deutschland wurde ein **nationales Monitoring-Projekt** gestartet (2011 -2014), das **potentielle Importwege** exotischer Stechmückenarten erfassen und das **Potential ihrer Ansiedlung und Verbreitung** untersuchen soll (Universität Oldenburg 2012; Bayerisches Fernsehen 3.8.2012; Informationsdienst Wissenschaft 18.02.2011). Überwacht werden die Haupttransportachsen und andere kritische Orte (grenzüberschreitende Autobahnen, See- und Flughäfen, Güterbahnhöfe). Das Projekt wird finanziert durch das Umweltbundesamt und koordiniert durch das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (Prof. Dr. Tannich, Dr. Schmidt-Chanasit). Bis jetzt beteiligen sich an dem Projekt etwa zehn Forschungseinrichtungen (Stand Sept. 2012).

## **5.2 Informationskonzept**

Monitoring und Bekämpfung sollten durch Informierung der Bevölkerung und verschiedener Akteure unterstützt werden. Das Konzept des BAFU und des BAG von 2011 gibt eine Übersicht über die Bedeutung der Kommunikation und wie diese eingesetzt werden kann (BAFU/BAG 2011).

### **Informationen für Importeure, Zollämter und Verantwortliche für Umschlagplätze kritischer Güter**

Diese Stellen sollten soweit möglich mit Informationen über invasive Vektoren sensibilisiert werden. Sie sollten wissen, wie die Tiere eingeschleppt werden, wie sie sich ausbreiten und welches die kritischen Güter sind. Dies betrifft vor allem den Import und die Lagerung von Altreifen (in der Schweiz vorwiegend letzteres). Ein Verbot des Imports von *Lucky Bamboo* aus Ländern (NL), in denen die Tigermücke endemisch ist, sollte geprüft werden.

---

<sup>23</sup> KABS: Kommunale Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage

<sup>24</sup> [www.mueckenatlas.de](http://www.mueckenatlas.de), Bis 30. November 2012 wurden 650 Tiere eingesandt.

## **Information der Bevölkerung**

Dafür bieten sich verschiedenste Medien und Kommunikationskanäle an, z.B. Printmedien, Telemedien, das Internet, Broschüren, Flugblätter, Hotline, öffentliche Veranstaltungen, Unterrichtsmaterial für Schulen oder Infoveranstaltungen in Gemeinden. Ob die Bevölkerung nur mit allgemeinen Informationen versorgt wird oder sogar zu Selbsthilfemassnahmen aufgefordert wird, ist abhängig von der Gefahrenstufe und vom Leidensdruck (Kap. 4.4). Auch die Inhalte hängen davon ab.

### Allgemeine Informationen

- zur Tigermücke (Aussehen, Entwicklung und Lebensweise) und ihrer Verbreitung (Risikokarten);
- zu zuständigen Behörden und ihren Aufgaben;
- zu den Risiken (Krankheiten und Verhalten im Fall einer Epidemie)

### Aufforderung an die Bevölkerung:

- zu Selbsthilfemassnahmen: Beseitigen oder Abdecken von möglichen Brutstätten der Tigermücke (stehendes Wasser in Altreifen, Untersätze von Pflanzentöpfen, Regenwassertonnen; in natürlichen Gewässern und Gartenteichen sind in der Regel genügend Fressfeinde vorhanden);
- stehende Wasser, Sickergruben u.ä. zu melden, damit diese untersucht und behandelt werden können;
- zur sofortigen Meldung von verdächtigen Mücken über Hotline (um einen Hinweis zur Mückendichte zu erhalten und bei Bedarf eine gezielte Bekämpfung einleiten zu können);
- verdächtige Mücken einzuschicken (im Tessin an die GLZ) mit Information zum Fundort (s. BAFU-Homepage; BAFU Magazin «umwelt» 3/2009)

Beispiele für solche Informationen finden sich in den Infoblättern für die Bevölkerung, wie sie von der GLZ TI und von französischen Stellen herausgegeben wurden (Flugblatt zur Tigermücke 2012; Kap. 7.2.2).

Abgabe von Hilfsmitteln: Verteilen von Bekämpfungsmitteln, z.B. Tabletten mit dem biologischen Larvizid *Bacillus israelensis thuringiensis* (in Deutschland über Gemeinden finanziert). So kann der schlecht kontrollierbare private Gebrauch von umweltschädlichen, chemischen Insektiziden reduziert werden.

## **5.3 Weitere präventive Massnahmen**

Das Konzept von BAFU/BAG von 2011 enthält eine umfassende Übersicht weiterer präventiver Massnahmen. Diese werden hier nochmals aufgeführt und ergänzt:

### Verhindern des Einschleppens von Vektoren oder übertragenen Viren

- Identifizieren der Güter und Verkehrswege, die kritisch für das Einschleppen von Vektoren sind.
- Importrestriktionen kritischer Güter, v.a. Bambuspflanzen (Lucky bamboo) aus den Niederlanden, Autoreifen aus Ländern mit endemischer Tigermückenpopulation und Information der Importeure. Bei den Bundesbehörden (z.B. in der IDAV) ist zu klären, wer dafür zuständig ist und die nötigen Schritte unternehmen müsste. Gemäss dem Entwurf des revidierten Epidemiengesetzes (Stand März 2013) soll zukünftig der Transport bestimmter Waren eingeschränkt oder verboten werden. Im internationalen Verkehr sollen kritische Waren vermehrt überwacht werden (Anhang III).
- Lager von kritischen Gütern im Freien kontrollieren
- Insektenbekämpfung in Flugzeugen oder Schiffen, die aus Risikozonen kommen (häufige Epidemien mit Dengue- oder Chikungunyaviren, wie Teile Afrikas, Zentralamerika,

Karibik, Teile Asiens). Ein spezielles Problem sind die Frachträume der Flugzeuge, die vermutlich nicht behandelt werden (persönl. Mitteilung C. Lengeler). Die International Health Regulations der WHO enthalten verbindliche Vereinbarungen, die durch geeignete Massnahmen die Einschleppung infektiöser Erreger und Krankheitsvektoren über Häfen und Flughäfen verhindern sollen (Kap. 3.3). Der Entwurf des revidierten Epidemiengesetzes will Unternehmen, die im Eisenbahn-, Bus-, Schiffs- oder Flugverkehr tätig sind, Betreiber von Hafenanlagen, Bahnhöfen und Busstationen sowie Flughafenhalter zur Mitwirkung bei der Bekämpfung von Organismen verpflichten (Anhang III).

- Empfehlungen für Reisende in Gebieten mit Chikungunya-, Dengue- oder West-Nil-Epidemie, sich konsequent vor Mückenstichen schützen. Mit Chikungunya infizierte Personen sollen die Erkrankung melden und nach der Rückreise durch Expositionsprophylaxe verhindern, dass Tigermücken beim Stechen den Erreger aufnehmen und weitere Personen anstecken (vgl. Anhang III Bestimmungen des revidierten EpG)
- Die grenzsanitären Massnahmen beschränken sich (Stand Sept. 2012) auf das obligatorische Tuberkulosescreening zur Früherfassung und Behandlung erkrankter Asylbewerber und Flüchtlingen. Untersuchungen zu Chikungunya-, Dengue- oder West-Nil-Viren sind nicht vorgesehen, sind aber bei einem erhöhten Risiko (hohe Anzahl erkrankte Einreisende, fortgeschrittene Verbreitung der Tigermücke) zu prüfen.

#### Verhinderung der Etablierung der Tigermücke (Entstehung von Populationen)

##### *Auf öffentlichem Grund*

durch Behörden und Spezialisten, öffentliche Institutionen (unter Mitwirkung von Kommunen), u.a. durch

- Identifikation und prophylaktische Beseitigung möglicher Brutstätten (Habitatmanagement)
- Zufüllen von Baumhöhlen mit Sand
- Beseitigung von Debris in Abwasseranlagen, Filterung des Abwassers, periodische Drainage und Austrocknung von Wasserbecken (Becker 2010)
- Förderung natürlicher Fressfeinde (z.B. Ruderfusskrebse in Kombination mit Larviziden, wird in der Schweiz aber bisher noch nicht angewandt)

##### *Auf privatem Grund*

Wichtig ist die Verhinderung und Beseitigung von Brutstätten in Gärten und auf privatem Grund durch die Bevölkerung selbst. Dies erfordert ein gutes Konzept für die Information der Bevölkerung und Hilfsmittel mit entsprechenden Aufforderungen (s. Kap. 5.2). Die für die Bekämpfung verantwortlichen Experten sollten zudem den direkten Kontakt zu den Haushalten suchen und sich für die Bekämpfung der Mückenlarven Zutritt zu den privaten Grundstücken verschaffen. Dies wird seit längerem erfolgreich im Kanton Tessin praktiziert. Das Vorgehen ist allerdings aufwändig und muss immer an die lokalen Bedingungen angepasst sein.

### Expositionsprophylaxe (beim Auftreten von infizierten Mücken oder Epidemie)

- Aufenthalt in Gebäuden, Abdichten von Fenstern und Türen
- Kleidung, die Arme und Beine bedeckt.
- Verteilung und Benutzung von Moskitonetzen (an Erkrankte zur Verhinderung einer Epidemie)<sup>25</sup>
- Verwendung von **Insektenschutzmitteln/Repellents** zum Schutz vor Stichen<sup>26</sup>
- Verdampfung oder Zerstäubung von Insektiziden durch **Räucherspiralen** (Pyrethrum), elektrische Mosquito-Matten oder Verdampfer (von flüssigen Insektiziden); alternative Produkte funktionieren ohne Hitze und sind daher sicherer. Diese Produkte bergen gesundheitliche Risiken und sollten nur im Freien verwendet werden.

#### **Bedarf für weitere präventive Massnahmen**

Eine **Ausweitung des bisherigen Monitorings auf alle Teile der Schweiz** im Sinne eines Frühwarnsystems wird von den meisten Experten als eine der dringlichsten Massnahmen gesehen.

Der **Import** von Produkten, bei denen die Gefahr einer Einschleppung der Tigermücke besonders hoch ist, **sollte kontrolliert werden**. Der Import von **Altreifen** aus Regionen mit endemischen Tigermückenpopulationen sollte verboten werden, wenn auch nur wenige Altreifen in die Schweiz importiert werden. Auch **Altreifenlager** sollten **verstärkt kontrolliert** werden. Ein weiteres kritisches Produkt ist Zierbambus (**Lucky Bamboo**), da im Importland (NL) die Tigermücke teilweise in Gewächshäusern etabliert ist. Die wichtigsten Massnahmen wären Kontrollen am Ort der Ausfuhr und eine Überwachung der Importrouten. Zudem sollten Importeure und Transporteure informiert und sensibilisiert werden. Die Bundesbehörden (z.B. IDAV) sollten klären, wer dafür zuständig ist und die nötigen Schritte unternehmen müsste.

Im Bereich der **öffentlichen Gesundheit obliegen die vorsorglichen Massnahmen dem BAG und den kantonalen Gesundheitsbehörden**. Abhängig von der Situation und Dringlichkeit sind zusätzliche Schritte erforderlich. Dies betrifft etwa Empfehlungen für Reisende in Gebiete mit endemischem Chikungunya-, Dengue- oder West-Nil-Virus. Zudem sollten bei Bedarf **grenzsanitarische Untersuchungen** auf vektorübertragene Krankheiten eingeführt werden.

**Ärzte und kantonale Gesundheitsbehörden** sollten für das Auftreten vektorübertragener Krankheiten weiter sensibilisiert werden. Die kantonalen Gesundheitsbehörden sollten **Vorgehen und Sofortmassnahmen festlegen** für den Fall, dass in ihrem Kanton eine Krankheit durch Mücken übertragen wird oder Stechmücken gefunden werden, die Träger der Erreger sind. Das BAG sollte sie dabei mit Empfehlungen zu geeigneten Massnahmen, wie bspw. für die Expositionsprophylaxe oder die Sicherstellung der Diagnostik, unterstützen.

---

<sup>25</sup> Gemäss WHO 2007 sind für die Imprägnierung von Bettnetzen geeignet: Alphacypermethrin, Cyfluthrin, Deltamethrin, Etofenprox, Lambdacyhalothrin, Permethrin.

<sup>26</sup> Mückensprays wie Antibrumm oder Autan. Als Repellent: DEET (Diethyl-m-Toluamid, vom BAG empfohlen), Benzylbenzoat, Butylethylpropandiol, Dibutylphtalat, Dimethylphtalat, Ethylhexandiol, Butopyronoxyl, 2-Chlordiethylbenzamid, acylierte 1,3 Amino-Propanol-Derivate (Becker 2010).

## 6 Bekämpfung

In der Schweiz werden seit Jahren Stechmücken (u.a. *Aedes vexans*) in Überschwemmungsgebieten bekämpft, bspw. seit 1987 im Naturschutzgebiet der vorderen Magadinoebene und im Auenwald am oberen Ende des Greyerzensees. Der Grund ist die Beeinträchtigung der Lebensqualität von Bevölkerung und Touristen. Die Bekämpfung basiert vor allem auf dem Einsatz des biologischen Larvizids *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti).

Die **Tigermücke** hat andere Eigenschaften und Verhaltensweisen als die einheimischen Stechmücken und stellt daher ganz **neue Anforderungen an die Bekämpfung**. Der Kanton Tessin hat als einziger unmittelbar betroffener Kanton ein Bekämpfungskonzept entwickelt und wertvolle Erfahrungen sammeln können. Wesentliche Elemente seines Vorgehens (Kap 7.1), das international anerkannt ist, sind daher in die nachfolgenden Kapitel zur Bekämpfung eingeflossen.

Darin sind die zur Verfügung stehenden **Bekämpfungsmittel, ihre Vor- und Nachteile sowie korrekte Anwendung** beschrieben. Zudem werden darin **Voraussetzungen und Prinzipien bei der Bekämpfung** aufgezeigt.

### 6.1 Welche Mückenstadien können bekämpft werden?

Die verschiedenen Mückenstadien (Anhang I) sind für eine Bekämpfung in unterschiedlichem Mass zugänglich:

**Eier:** Es gibt hormonell aktive Substanzen, die verhindern, dass die Larven schlüpfen<sup>27</sup>. Sie wirken sehr unspezifisch und werden daher nicht eingesetzt.

**Larven:** Die Bekämpfung konzentriert sich meist auf dieses Stadium. Es gibt unspezifisch wirkende chemische Larvizide sowie solche, die wie Nahrung aufgenommen werden und weitgehend spezifisch wirken (Kap. 6.2.1).

**Nymphen** nehmen keine Nahrung auf, so dass die Verwendung von Frassgiften nicht möglich ist. Kontaktgifte werden nicht eingesetzt, da sie unspezifisch wirken. Mittel, die die Spannung der Wasseroberfläche verändern, beeinträchtigen den Gasaustausch und bewirken innert kurzem eine Sauerstoffarmut im Wasser. Dies schädigt viele aquatische Lebewesen. Auf diese Mittel sollte daher verzichtet werden.

**Adulte Mücken** können nur mit unspezifischen Mitteln bekämpft werden, die auch andere Organismen schädigen können. Dazu kommt, dass die Ausbreitungsfläche der Mücken – und damit die zu behandelnde Fläche - im Vergleich zu Larven viel grösser ist. Die Bekämpfung der adulten Insekten ist daher immer Ultima ratio.

### 6.2 Insektizide

#### 6.2.1 Biologische Larvizide

Zu den biologischen Bekämpfungsmitteln gehören Produkte, die aus pathogenen Organismen bestehen oder solche enthalten: *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) und *Bacillus sphaericus* (Bsph). Sie gelten wie die chemischen Varianten als Biozidprodukte, unterstehen der Biozidprodukteverordnung und sind zulassungspflichtig. Wenn die eingesetzten biologischen Organismen gebietsfremd sind, ist

---

<sup>27</sup> [www.eid-rhonealpes.com](http://www.eid-rhonealpes.com)

vor dem Einsatz in Pilotversuchen zu prüfen, welche Auswirkungen sie auf die Umwelt haben, und es ist ein Freisetzungsgesuch notwendig. Detaillierte Informationen über Wirkung, Verwendung, Resistenzbildung und Beurteilungskriterien für biologische Larvizide bietet eine Richtlinie der WHO (WHOPES 1999).

### ***Bacillus thuringiensis subsp. israelensis (Bti)***

*B. thuringiensis israelensis* (Bti) ist ein Boden-Bakterium. Es produziert ein Frassgift, das Larven der Stechmücken (Culicidae) und weniger anderer Familien der Zweiflügler (Diptera: Nematocera) abtötet. Es wurde 1976 in Israel zum ersten Mal aus Stechmückenlarven isoliert. Bti wird zur Bekämpfung der Larven im Wasser eingesetzt, im Tessin gegen *Ae. vexans* und *Ae. albopictus*. In Deutschland behandelt die KABS<sup>28</sup> damit seit Jahrzehnten grossflächig die Überschwemmungsgebiete am Oberrhein.

Wirkung: Das aktive Agens von Bti ist ein Protoxin, das im Darm der Mückenlarven aktiviert und gespalten wird und das den Darmtrakt der Larven zerstört. Es wirkt gegen ein breites Spektrum von Mückenspezies. In sauberem und gering verschmutztem Wasser ist Bti sehr wirksam, in verschmutztem Wasser weniger. Es ist UV-sensitiv und wird relativ schnell abgebaut.

Resistenzbildung: Trotz jahrzehntelangem Einsatz wurde bisher keine Resistenzbildung beobachtet. Gründe dafür sind die Kurzlebigkeit von Bti (wirkt nur auf eine Mückengeneration) und sein komplexer Wirkmechanismus.

Monitoring: Im Lac de la Gruyère und in der Magadinoebene werden schon länger Mücken mit dem Bti-Präparat VectoBac G behandelt. Die eingesetzten Mengen beschränken sich auf 14 bis 20 Kilogramm pro Hektar und Behandlung bei zwei bis drei Behandlungen pro Jahr. Der Einsatz in der Magadinoebene wurde überwacht: Die Bti-Sporen werden im Boden kontinuierlich abgebaut und waren nach ca. 200 Tagen nicht mehr nachweisbar (BAFU Fachtagung Biotechnologie 2009).

Anwendung: Das Produkt braucht eine bestimmte Formulierung, damit es an der Wasseroberfläche bleibt und dort wirken kann. Es wird in verschiedenen Rezepturen angewendet ([www.culinex.de](http://www.culinex.de)): Granulate (für grossflächige Anwendung per Helikopter), Suspensionen (als Sprühnebel für Behandlung des Bodens) und Tabletten (für Regenfässer etc.). Die neueste und beste Rezeptur sind Eisgranulate (persönliche Mitteilung N. Becker KABS; [www.icybac.de](http://www.icybac.de)). Ihre Herstellung lohnt sich allerdings nur im grossen Massstab; sie sind daher für die Schweiz vorerst keine Option.

Auswirkungen auf die Umwelt: Bti gilt im Gegensatz zu den meisten chemischen Insektiziden als unschädlich für Mensch, Tier und Umwelt. Die toxische Wirkung beschränkt sich auf wenige Insektenarten (WHO 1999; EPA 2012).

Zulassung: Bti ist als Wirkstoff in den Positivlisten der EU (Anhang I der RL 98/8/EG) und der Schweiz (Anhang I der VBP) aufgeführt. Produkte auf Basis des Bti<sup>29</sup> haben heute in der Schweiz eine befristete Zulassung Z<sub>N</sub><sup>30</sup> (Anmeldestelle Chemikalien 2012).

---

28 [www.kabsev.de](http://www.kabsev.de)

29 Bti-Produkte auf dem europ. Markt: Vectobac, Bio Garden Trauermücken-Stopp, Coop Oecoplan Biocontrol Mücken-Tabletten, Gnatrol 2X, Skeetal, Skeetal 12AS, Solbac, Solbac-Tabs von Andermatt Biocontrol ([www.biocontrol.ch](http://www.biocontrol.ch)).

30 Nach Aufnahme in die Wirkstoffliste der EU (1. Oktober 2013) muss für diese in der Schweiz innert zwei Jahren (Übergangsfrist) ein neuer Zulassungsantrag (ZL) gestellt werden. Hierfür muss entweder ein ganz neues Dossier eingereicht werden oder es kann eine in diesem Zeitraum in einem EU-Land erhaltene Zulassung in der Schweiz anerkannt werden.

### ***Bacillus sphaericus* (Bsph, auch *Lysinibacillus sphaericus*)**

Auch das Bsph-Bakterium kann gegen Mückenlarven eingesetzt werden. Es wurde ausserhalb Europas isoliert (z.B. der kommerzielle Stamm 2362 in Nigeria) und gilt daher als gebietsfremd (Art.18.2 FrSV). Ein Bsph-Stamm wird in den USA als probiotischer Inhaltsstoff von Nahrungsmitteln eingesetzt und lebt im menschlichen Darmtrakt<sup>31</sup>.

Wirkung: Die Eiweisstoxine von Bsph haben eine ähnliche, jedoch weniger komplexe Wirkungsweise als das Bti-Toxin. Das Bsph-Toxin hat ein schmaleres Wirkspektrum. Es wirkt gut gegen *Culex*, aber nicht so effizient gegen *Ae. albopictus* (Becker 2010; Kalifornien Orange County Vector Control District 2010). Zudem wirkt es in verschmutztem Wasser besser als Bti (vorteilhaft z.B. in Altireifenlagern). Seine Wirkung setzt nach dem Ausbringen verzögert ein (etwa zwei Tage später).

Auswirkungen auf die Umwelt: Eine Reihe von Tests hat keinen schädlichen Effekt auf die Umwelt ergeben (EPA 2012). Die Auswirkungen von Bsph sind aber weniger bekannt als jene von Bti. Bsph ist persistenter als Bti und wirkt auf mehrere Mücken-Generationen, weil sich die Bakterien in getöteten Insektenlarven reproduzieren. Es ist daher eher mit Resistenzbildung zu rechnen; das wurde etwa in Frankreich beobachtet (Mulla et al 2003). Ein grossflächiger Einsatz ist daher wohl nicht ratsam.

Zulassung: Bsph ist als Wirkstoff nicht in den Positivlisten der EU (Anhang I der RL 98/8/EG) und der Schweiz (Anhang I der VBP) aufgeführt. Es wurde aber in der EU als Wirkstoff notifiziert, d.h. es soll hinsichtlich seines Risikos für Mensch und Umwelt und seiner Wirksamkeit beurteilt werden, um zu prüfen, ob es in die Positivlisten aufgenommen werden kann (Anmeldestelle Chemikalien). In der Schweiz sind daher bisher keine Biozidprodukte auf der Basis von Bsph zugelassen.

Das Produkt Vectolex enthält Bsph. Es wurde in Frankreich und im grossen Stil in den USA gegen Mücken eingesetzt, die das West-Nil-Virus übertragen. Eine Toxizität für Mensch und Tierpopulationen wurde nicht nachgewiesen; aber die Auswirkung auf die Umwelt wurde vermutlich nicht systematisch untersucht.

### **Kombinationspräparat aus Bti und Bsph**

Vectomax ist ein Kombinationspräparat und enthält Mikropartikel aus Bti und Bsph. Es wird vertrieben von Valent BioSciences (Valent BioSciences Corporation 2009). Die Patentanmeldung enthält Details zu Resistenzbildung und Wirkungsspektrum (Valent BioSciences, PatentDe 2007)

Wirkung: Bti und Bsph wirken synergistisch. Bsph erhöht die Stabilität und damit die Wirksamkeit von Bti in der Umwelt (Stabilität über drei Wochen statt 10 Tage; Wirksamkeit bis zu acht Wochen). Bti reduziert die natürliche Resistenz gegen Bsph (Becker 2010).

Einsatz: Wegen seiner Stabilität ist Vectomax vor allem dort interessant, wo Larven sich über längere Zeit entwickeln können, es ist daher z.B. für die Bekämpfung von *Ae. albopictus* in stehendem Wasser oder bei lang anhaltendem Hochwasser (Auen in Deutschland) geeignet. Bei einer zeitlich beschränkten und synchronen Entwicklung (die Regel in den Überschwemmungsgebieten) sind schneller abbaubare Mittel wie Bti vorzuziehen.

In **Deutschland** werden die Larvizide kombiniert eingesetzt: Bti als Erstbehandlung, danach Vectomax. Vectomax wird nur in Sickergruben eingesetzt und ist auch nur dort zugelassen. Der Einsatz ist auf das Ende der Saison beschränkt, weil es wegen seiner Persistenz über Monate abgebaut wird (persönl. Mitteilung N. Becker und M. Kinzig, KABS). Bisher wurden – vermutlich wegen des beschränkten Einsatzes von Vectomax – noch keine Resistenzen gegen Bsph beobachtet.

Zulassung: Für Vectomax liegt in der Schweiz noch keine Zulassung vor. Der Kanton **Tessin** (ICM) hat ein Gesuch für einen Freisetzungsvorversuch gestellt, das im Sept. 2012 vom BAFU bewilligt wurde. Nun soll dessen Wirksamkeit gegen die Tigermücke und dessen Auswirkung auf Nichtzielorganismen

---

31 [www.probiotic.org/bacillus-sphaericus.htm](http://www.probiotic.org/bacillus-sphaericus.htm)

untersucht werden (M. Tonolla, persönl. Mitteilung). Insbesondere sollen Effizienz, Wirkungsdauer und Persistenz von BspH und Diflubenzuron verglichen werden (Kap. 6.7).

In Deutschland ist Vectomax zur Zeit zulassungsfrei verkehrsfähig (BAUA Präsentation 7.3.2012). Ab Herbst 2013 müssen aber für die Zulassung von Biozidprodukten sämtliche darin enthaltenen Wirkstoffe in einer EU-weit geltenden „Positivliste“ aufgenommen worden sein (Anhang III); auch für Vectomax ist dann ein neues Zulassungsverfahren erforderlich.

## 6.2.2 Chemische Insektizide

Chemische Insektizide spielen bei der Bekämpfung von Insekten eine wichtige Rolle – besonders dort, wo die menschliche oder tierische Gesundheit durch vektorübertragene Krankheiten bedroht ist, aber auch in der Landwirtschaft, wo Insekten erhebliche Schäden verursachen können. Neben einer guten Wirksamkeit weisen sie in der Regel aber auch Nachteile auf (Kap. 6.7).

Eine Zusammenstellung der weltweit am häufigsten für die Vektorkontrolle verwendeten Insektizide bietet Becker 2010. Darin wird auch die Wirkungsweise der wichtigsten Stoffgruppen und Produkte beschrieben. Die WHO empfiehlt eine Einteilung der Pestizide nach ihrem Risikopotential und ihrer Toxizität (WHO 2009c).

Das *WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES)* publiziert regelmässig aktuelle **Empfehlungen für Substanzen und Rezepturen zum Einsatz gegen Mückenlarven sowie gegen adulte Mücken** (WHOPES Juli 2012; WHOPES Sept. 2012).

### Klassifizierung

Die chemischen Mittel zur Mückenbekämpfung lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen:

- Wirkstoffgruppe (s. Tabelle 3 und Unterkapitel)
- Anorganische, natürliche organische und synthetische organische Substanzen
- Insektenstadium, für das sie wirksam sind (Larvizide/Adultizide)
- Wirkungsweise (Magen-, Kontaktgift)
- Toxizität (LD<sub>50</sub> für Ratten)

**Tabelle 3:** Die wichtigsten Wirkstoffgruppen der Insektizide

Wirkstoffgruppe	Beispiele
Pyrethroide	Permethrin; Cypermethrin; Deltamethrin; Cyfluthrin; Tetramethrin; D-Phenothrin ; Prallethrin; Pyrethrum, Cyhalothrin
IGRs (Insect Growth Regulators, Wachstumsregulatoren)	Diflubenzuron (1-(4-Chlorphenyl)-3-(2,6-Difluorbenzoyl)-Harnstoff); Novaluron; Methopren; Fenoxycarb; Pyriproxyfen
Carbamate	Propoxur, Bendiocarb, Primidicarb
Organophosphate	Malathion, Naled, Fenthion, Temephos, Diazinon
Organochloride	DDT

Im Folgenden werden Wirkung, Umweltverhalten und bisheriger Einsatz der wichtigsten Wirkstoffgruppen beschrieben:

#### a.) Pyrethroide

Wirkung: Pyrethroide wirken neurotoxisch, ähnlich wie DDT. Sie haben ein breites Wirkungsspektrum, aber eine geringe Toxizität für Säuger. Synthetische Pyrethroide sind unter UV-Licht wesentlich stabiler und wirksamer als das aus Chrysanthemenblüten hergestellte Pyrethrum.

Produktbeispiele:

- **Permethrin und Cypermethrin:** zur Behandlung der Vegetation gegen adulte Mücken, auch gegen Fliegen u. Bremsen; sie sind im Gegensatz zu anderen Pyrethroiden photostabil (Cypermethrin mehr als Permethrin)
- **Cyhalothrin** Kontaktgift und Repellens, wird in der Tiermedizin gegen Insekten eingesetzt
- **Weitere** Deltamethrin; Cyfluthrin; Tetramethrin; D-Phenothrin; Prallethrin; Pyrethrum
- Pyrethroide werden meist kombiniert mit dem synergistisch wirkenden Piperonylbutoxid (verstärkt die Wirksamkeit).

Bisheriger Einsatz: Permethrin ist das einzige von der WHO zugelassene Insektizid für Bettnetze (Afrika), auch für Mückenspiralen, in Flugzeugen und Haushaltsprodukten (Goddard 2010). Im **Tessin** wird heute **Permethrin als Adultizid** verwendet.

Umweltverhalten: Permethrin gilt beim Gebrauch im Trinkwasser als sicher und wird schnell abgebaut. Pyrethroide sind aber als umweltschädlich (u.a. toxisch für andere Insekten, Bienen, Fische und kleinere Warmblüter) einzustufen und dürfen nicht in Gewässer gelangen. (Zur Stabilität von Permethrin in der Umwelt: Schleier und Peterson 2010; EPA 2006 Fact sheet zu Permethrin; EPA 2012 *Synthetic Pyrethroids For Mosquito Control*; Registrierungs dossiers zu Pyrethroiden). Resistenzen gegen Permethrin sind verbreitet (Maxmen 2012).

#### b.) IGRs (Insect Growth Regulators, Wachstumsregulatoren)

Wirkung: IGRs stören Wachstum und Entwicklung der Insekten und wirken gegen verschiedene Larvenstadien. Es gibt zwei Gruppen mit unterschiedlicher Wirkungsweise:

- *Chitinsynthese-Hemmer:* z.B. **Diflubenzuron**, Insektizid aus der Gruppe der Benzamide (steht als Difluorbenzamid auf der Liste der notifizierten Wirkstoffe). Es wird eingesetzt gegen Raupen in der Forstwirtschaft, gegen Stallfliegen oder gegen Larven von Stechmücken. Es unterbindet die Entwicklung von Stechmückenlarven zu adulten Tieren für einen Zeitraum von mindestens 30 Tagen und ist für die ersten beiden Larvenstadien (L1 und L2) am wirksamsten. Die Wirkung tritt verzögert ein (nach ein bis zwei Tagen)
- *Juvenile Hormonanaloga:* z.B. **Methopren** gilt als für die Umwelt relativ sicheres Mückenbekämpfungsmittel und ist auf der Liste der notifizierten Wirkstoffe; JHA Pyriproxyfen

Bisheriger Einsatz: Im **Tessin** wurde bisher das Produkt Device GR2 (**Diflubenzuron**, BAUA Registrierungs dossier zu Device GR2) **gegen Larven** eingesetzt, alternierend mit Bti. Auch eine Reihe von Pflanzenschädlingen werden damit bekämpft<sup>32</sup>. In Kalifornien ist **Methopren** für die Verwendung in temporären und permanenten Wasserkörpern zugelassen. In Italien wird **Pyriproxifen** eingesetzt.

Umweltverhalten: Die Wirkung der IGRs ist gegen physiologische Systeme gerichtet, die spezifisch für Insekten sind. Innerhalb der Gruppe der Insekten wirken sie allerdings recht unspezifisch. Sie gelten als gewässergefährdend<sup>33</sup>. Sie wurden aber bei richtiger Dosierung als nicht toxisch für diverse

---

<sup>32</sup> Diflubenzuron im Pflanzenschutzmittelverzeichnis CH (Stand: 04.05.2012)

[www.blw.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=de&item=1604](http://www.blw.admin.ch/psm/produkte/index.html?lang=de&item=1604)

<sup>33</sup> Diflubenzuron in der Gestis-Stoffdatenbank

[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis\\_de/490707.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/490707.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0)

andere Tiere (Fische etc.) und als nicht bienengefährlich eingestuft. Die JHA haben eine sehr niedrige Toxizität für Vertebraten. Die Chemikalienfachstelle des Kantons Tessin (SPAAS, Sezione protectione Aria, Acqua e Suolo) untersucht zur Zeit die Persistenz von Diflubenzuron und allfälligen Rückständen in Gewässern.

### c.) Carbamate

Wirkung: Akute toxische Wirkung durch Hemmung der Acetylcholinesterase. Carbamate sind in höheren Konzentrationen auch für Säugetiere und den Menschen toxisch.

Produktbeispiel: Primidicarb als Wirkstoff in Pflanzenschutzmitteln gegen Blattläuse

Bisheriger Einsatz: Carbamate werden gegen eine Vielzahl wirbelloser Tiere inkl. Insekten verwendet, aber kaum noch gegen Stechmücken.

Umweltverhalten: Carbamate töten neben den Schädlingen auch viele nützliche Insekten, Bienen und Crustaceen, werden aber in der Umwelt rasch abgebaut. Die Entwicklung von Resistenzen ist bekannt.

### d.) Organophosphate (Phosphorsäurederivate)

Wirkung: Hohe Toxizität, unspezifische Wirkung gegen eine Vielzahl verschiedener Insektenarten

Produktbeispiele

- Temephos: zur Bekämpfung von Mücken- und Sandmücken-Larven in Gewässern (wirkt gegen alle Larvenstadien von Aedes, Culex u.a.).
- Diazinon: wird gegen Blatt- und Bodeninsekten eingesetzt. Wirkt sehr unspezifisch und greift fast alle Insekten an.
- Malathion: zur Schädlingsbekämpfung, u.a. grossflächigen Bekämpfung von Mücken eingesetzt

Bisheriger Einsatz: Temephos wird u.a. in den USA verwendet.

Umweltverhalten: Organophosphate sind in hohen Konzentrationen akut toxisch für viele nützliche Insekten und Warmblüter, werden aber in der Umwelt rasch abgebaut. Die Entwicklung von Resistenzen ist bekannt.

### e.) Organochloride

Wirkung: Hohe Toxizität

Produktbeispiele: DDT, Chlordan, Dieldrin

Bisheriger Einsatz: Der Einsatz von Organochloriden ist in entwickelten Ländern verboten; sie werden aber teilweise noch in endemischen Gebieten zur Malariabekämpfung (v.a. in Afrika) eingesetzt.

Umweltverhalten: Umweltschädigend, da sehr persistent und bioakkumulierend (Produktion und Verwendung sind daher in der Stockholm-Konvention über persistente organische Verbindungen strikt geregelt). Die Entwicklung von Resistenzen ist bekannt.

*Weiterführende Literatur zu Insektiziden*

1. **International programme on chemical safety (IPCS<sup>34</sup>)** Die Seite enthält Links zu weiterführender Literatur, z.B. Environmental health criteria mit Grunddaten zu einzelnen Substanzen: Anwendung, kommerzielle Produkte, Toxikologie bei Mensch und Tier (WHO 2012c)
2. **Pflanzenschutzmittelverzeichnis der Schweiz 2012**
3. **Liste zugelassener Biozide der Schweiz** (Anmeldestelle Chemikalien: Öffentliches Produktregister)

---

<sup>34</sup> IPCS <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>

### 6.3 Weitere Massnahmen zur Bekämpfung der Tigermücke

Weitere Methoden zur Bekämpfung von Mücken sind Gegenstand intensiver Forschung. Die meisten sind allerdings noch nicht einsatzbereit oder mit Problemen behaftet. Dazu gehören die geringe Akzeptanz von gentechnisch veränderten Organismen, die Auswirkungen der Mittel auf Nützlinge, die teure Produktion oder ihre schlechte Transport- und Lagerfähigkeit. Einzelne Mittel könnten dennoch unterstützend oder an ausgewählten Standorten eingesetzt werden.

- **Einsatz von natürlichen Frassfeinden der Mücken**

Die wichtigsten Frassfeinde wie Fische, Amphibien, Fledermäuse oder Wirbellose sind im Buch *Mosquitoes and their control* aufgelistet (Becker 2010). Bekanntes Beispiel ist der Fisch *Gambusia affinis*, der in den USA eingesetzt wurde, allerdings mit Nebenwirkungen (frisst andere Invertebraten und Eier und Larven anderer Fische). Die meisten Frassfeinde der Mücken sind wie die Fische für natürliche Gewässer oder grössere Wasserkörper (z.B. Reisfelder) geeignet, aber in den typischen Brutstätten der Tigermücke (künstliche Container) nicht einsetzbar. Von grösserem Interesse sind Copepoden (Ruderfusskrebse wie Cyclops, Mesocyclops), die in Süss- und Salzwasser weit verbreitet sind. In tropischen Ländern wie Thailand, Costa Rica oder Vietnam versucht man erfolgreich, damit die Moskito-Produktion zu kontrollieren. Copepoden könnten möglicherweise auch in den typischen Habitaten der Tigermücke verwendet werden.

- **Sterile-Insekten-Technik (SIT; Alphey et al. 2010, Boyer 2012)**

- Züchten und Freilassen grosser Mengen an Mücken-Männchen, die durch Bestrahlung sterilisiert wurden. Begattung der Weibchen mit sterilen Spermien, keine Nachkommen (2. Generation lethal).
- Umweltfreundliche Methode, da sehr spezifische Wirkung. Die Bestrahlung schwächt aber die Mücken, so dass die Wirksamkeit der Methode in der Natur beeinträchtigt sein könnte.
- Die Methode wird zur Zeit in Italien getestet. Sie funktioniert v.a. im Labor gut und ist vielversprechend, da sie artspezifisch ist und geringe Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit hat. Mögliche Konsequenzen müssen aber noch weiter erforscht werden.

- **Gentechnisch veränderte Mücken**

- Gentechnische Veränderung der Mücken: Ein Fremdgen lässt die Mücken sterben, wenn sie kein Gegengift bekommen. Vorgehen: Die transgenen Mücken werden im Beisein des Gegengiftes gezüchtet. Nach dem Aussetzen paaren sie sich mit Weibchen und die Nachkommen sterben.
- Die Firma Oxitec (Oxford) sowie das IPZ ZH (A. Mathis) erforschen diese Methode (DRS 2 14.4.2012).

- **Verdrängung von unerwünschten Populationen**

Freisetzung von Mücken, die keine Krankheit übertragen können (SVEG 2012).

- **Populationskontrolle mit Wolbachia-infizierten Mücken**

Mücken, die mit *Wolbachia*, einer parasitisch lebenden Bakteriengattung, infiziert sind, verlieren teilweise die Fähigkeit, Krankheiten zu übertragen. In Australien gab es dazu bereits erfolgreiche Feldversuche (Eliminate Dengue Project 2012; Hoffmann et al 2011).

- **Mononukleare Filme auf der Wasseroberfläche**

In Larvenhabitaten können Mittel eingesetzt werden, die mononukleare Filme auf der Wasseroberfläche bilden und so verhindern, dass Larven sich an der Wasseroberfläche aufhalten können. Sie sind während späten Larven- und Puppenstadien nützlich, für die die üblichen biologischen oder chemischen Larvizide unwirksam sind. Ein kombinierter Einsatz von

monomolekularem Film und dem Wirkstoff (S)-Methopren ermöglicht für mehr als 32 Tage eine Mückenkontrolle besser als 95 Prozent (Nelder et al 2010). Diese Mittel beeinträchtigen allerdings den Gasaustausch und bewirken innert kurzem eine Sauerstoffarmut im Wasser, die Konsequenzen für alle aquatischen Lebewesen hat. Auf diese Mittel sollte daher verzichtet werden (Entente interdepartementale de Demoustication 2012).

- **Schwimmende Schicht von Polystyrol-Beads**

Auch diese setzt die Spannung an der Wasseroberfläche herab, und eignet sich für die Bekämpfung von Larven und adulten Mücken. Polystyrol-Beads haben langdauernde Wirkung und wurden bisher v.a. in Latrinen eingesetzt, zur Bekämpfung von krankheitsübertragenden Arthropoden in Endemiegebieten.

- **Petroleum-Öl auf der Wasseroberfläche**

- Physikalische Wirkung durch Hemmung des Sauerstoffaustauschs und Verhinderung der Eiablage
- Die im Öl enthaltenen aromatischen und flüchtigen Verbindungen wirken toxisch und betreffen so eine Vielzahl von Wasserinsekten und -pflanzen.

- **Einsatz von Kupfer in Blumenvasen**

Der Einsatz von Schwermetallen ist problematisch für die Umwelt, daher nicht mehr eingesetzt.

- **Digitraps Insektenklebefanggeräte**

Mückenfallen, die mit Klebestreifen versehen werden. Sie erwiesen sich aber bisher als ineffizient.

- **BG-Sentinel-Traps**

Die Firma Biogents in Regensburg<sup>35</sup> vertreibt Sentinel-Insektenfallen, die heute weltweit angewendet werden. Diese emittieren synthetische Stoffe, die menschliche Ausdünstungen imitieren und die Mücken aktiv einsaugen.

- **Biologische Kontrolle durch Spinosad**

Das Mittel wird produziert durch das Bakterium *Saccharopolyspora spinosa* (ESOVE Oktober 2012) und gilt als unschädlich für den Menschen und die meisten Nützlinge. Es wurde 2011 in den USA zugelassen zur Bekämpfung von Stechmücken und kommt dort insbesondere bei Resistenzproblemen zur Anwendung. Israelische Wissenschaftler berichten von einem erfolgreichen Einsatz gegen adulte Stechmücken (Wikipedia Stechmückenbekämpfung 2012).

- **Massenfallen für adulte Mücken:** Die Mücken werden mit Licht, CO<sub>2</sub>, Wasserdampf, Hitze und Octenol angezogen (Becker 2010) und durch Austrocknung oder Elektrizität getötet. Studien zeigen aber, dass für eine erfolgreiche Bekämpfung eine Reduktion einer Population um mindestens 40 Prozent erforderlich ist. Für den Einsatz gegen Massen von Mücken ist die Methode vermutlich zu wenig effizient. Im Fall der Tigermücke kommt dazu, dass die Brutstätten wohl zu verteilt sind. Zudem sind diese Methoden teuer und technisch aufwändig.

---

<sup>35</sup> Firma Biogents in Regensburg: [www.bg-sentinel.com](http://www.bg-sentinel.com)

## 6.4 Wer führt die Bekämpfung aus?

Eine Bekämpfung ist am effizientesten und nachhaltigsten, wenn sie dezentral – durch lokale Behörden und Gemeinden – koordiniert wird (WHO 2012). Wie im Tessin können **Mitarbeiter der Gemeinden** die Mücken bekämpfen; die Zuständigkeit wurde dort in einer kantonalen Verordnung festgelegt (Kap. 7.1). Dieses dezentrale Vorgehen verlangt eine gute Organisation, einen effizienten Informationsaustausch und die Instruktion durch Experten (mit Fachbewilligung).

Eine **gemeinde- oder kantonsübergreifende Organisation** hätte bei grossflächiger Verbreitung der Tigermücke den Vorteil, dass die Kompetenz dort gebündelt wäre und sie weniger Koordination erfordert. Die Bereitschaft der Bevölkerung, dies zu finanzieren, dürfte aber gering sein, solange nur ein potentielles Risiko der Krankheitsübertragung durch die Mücken besteht (in Deutschland wird die für die Bekämpfung zuständige KABS durch die Gemeinden finanziert, bedingt durch das Ausmass der Mückenplage in der Oberrheinebene (Kap. 7.2.3).

Auch **externe Unternehmen** können die Bekämpfung übernehmen, wie es in Italien und Frankreich teilweise geschieht. In diesem Fall muss das Vorgehen mit Entomologen und Fachleuten abgesprochen werden. In Frage kämen Schädlingsbekämpfungsunternehmen, die in Fachverbänden organisiert sind<sup>36</sup>. Diese beschäftigen sich traditionell mit Vorratsschädlingen, Hygiene und Gebäudeschutz, waren aber bisher nicht in die Bekämpfung der Tigermücke involviert. Um die Bekämpfung invasiver Stechmücken übernehmen zu können, müssten sich die Unternehmen das Knowhow in Zusammenarbeit mit Experten erwerben und Material und Gerätschaften zulegen (persönl. Mitteilung R. Ott, Fachverband Allpeco, all-pest-control).

Die Beratungsstelle Schädlingsbekämpfung der Stadt Zürich publizierte 2012 ein Merkblatt zur Bekämpfung der Buschmücke und bietet für die Bevölkerung eine Beratung an (Beratungsstelle Schädlingsbekämpfung der Stadt Zürich 2012). Schweizweit ist dies die einzige derartige Beratungsstelle (persönl. Mitteilung M. Schmidt). Längerfristig wäre das Angebot einer zentralen Beratung für die Schädlingsbekämpfung – z.B. durch eine beim Bund angesiedelte Stelle – wünschenswert; dafür müssten allerdings die Ressourcen erst geschaffen werden (Kap. 8).

## 6.5 Vorbereitung

Bevor die Mücken bekämpft werden, definiert man **Zeitpunkt, Ort, Dauer und die Art der Behandlung**. Diese sind abhängig vom Ausmass der Gefahr und den örtlichen Verhältnissen und müssen **immer wieder der Situation angepasst** werden. Dabei ist immer zu unterscheiden zwischen kurzfristigen Massnahmen – zur raschen Bekämpfung aufgetretener Mücken – und langfristigen Massnahmen, die die Mücken langfristig und dauerhaft dezimieren sollen.

Damit die Mücken möglichst **gezielt** bekämpft werden können, müssen vor allem **ihre Brutstätten identifiziert** werden. Sie sollten möglichst exakt auf digitalen Karten erfasst werden (sog. **geografische Informationssysteme**, GIS). Wie sich im Kanton Tessin zeigt, ist eine wirksame Bekämpfung, aber auch das Monitoring (Aufstellen von Insektenfallen), ohne diese Hilfsmittel nicht möglich. Die geographischen Daten sind nicht nur essentiell für die Planung, sie dienen auch der **Auswertung und Kommunikation** (grafische Darstellung der Monitoringstandorte und -ergebnisse). Die Monitoring- und Bekämpfungsorte müssen anhand geeigneter Kriterien (Importtrouten, Dichte der Mückenpopulation etc.) **laufend priorisiert** werden, insbesondere wenn die zur Verfügung stehenden Ressourcen beschränkt sind.

Die Bekämpfungsmittel sollten vor ihrem Einsatz in Bioassays und **Pilotstudien** auf ihre Wirksamkeit, Effizienz, optimale Dosis und Umweltverträglichkeit untersucht werden.

---

<sup>36</sup> Verband schweizerischer Schädlingsbekämpfer, VSS, [www.fsd-vss.ch](http://www.fsd-vss.ch); Allpeco (all-pest-control) [www.allpeco.ch](http://www.allpeco.ch)

## 6.6 Wo muss bekämpft werden?

Die Tigermücke brütet im Freien in jeglicher Art von **stehendem Wasser** in Behältern. Dafür reichen kleinste Wasservolumen. Die GLZ des Kantons Tessin hat eine Anleitung verfasst, die potentielle Brutstätten im Detail auflistet (Kap. 7.1). Im Hinblick auf die Zuständigkeiten bei der Bekämpfung sind zwei Kategorien zu unterscheiden:

Auf **öffentlichem Grund** führt ausgebildetes Personal die Bekämpfung durch. Dies betrifft z.B. Parks, Friedhöfe (Blumenvasen) und Strassendolen. Auf Grund der Verbreitung über Autobahnen gehören vor allem Raststätten sowie Parkplätze von stark frequentierten Geschäftszentren zu den Hot spots. Die Behandlung der **Brutstätten auf privatem Grund** erfordert eine Beteiligung der Bevölkerung. Betroffen sind z.B. Regentonnen und Pflanzenuntersetzer.

Nach dem **erstmaligen Auftreten der Tigermücke** wird üblicherweise die **Umgebung der Fundstelle** im Umkreis von 100 Meter behandelt, bei Clustern ein Umkreis von 300 Meter (Vorgehen Tessin sowie in Italien bei der Epidemie in Ravenna). Noch nicht ganz geklärt ist der Umgang mit Brutstätten in der Vegetation (Baumhöhlen), deren Behandlung meist nur beschränkt möglich ist.

## 6.7 Auswahl der Bekämpfungsmittel

Ein Bekämpfungsmittel (Biozid) benötigt eine **Zulassung**, damit es eingesetzt werden kann (s. Anhang III). Mit dieser werden jeweils eine bestimmte Anwendung, Dosierung, Rezeptur und Applikationstechnik definiert (Becker 2010).

Insektizide üben oftmals negative Effekte auf die Umwelt aus. Vor- und Nachteile der Wirkstoffe, aber auch der Einsatzstrategie, müssen daher abgewogen werden und es braucht eine Nutzen-Risiko-Analyse. Pauschale Bewertungen bestimmter Massnahmen oder konkrete Empfehlungen sind schwierig, da die Auswahl der Mittel von verschiedenen Faktoren abhängt. Die Richtlinien der WHO zur Beschaffung von Pestiziden im Gesundheitswesen nennen einige wichtige Kriterien (WHO 2012a).

Im Folgenden sind einige **Kriterien** aufgelistet, **die bei der Festlegung des Vorgehens und der Auswahl der Bekämpfungsmittel berücksichtigt werden müssen**:

### 1. Wirksamkeit für den Zielorganismus

Jedes Mittel ist auf Grund seiner Eigenschaften für bestimmte Zielorganismen mehr oder weniger geeignet. Gewisse Insektizide wirken sofort, andere eher verzögert. Diese Eigenschaften sind zu berücksichtigen. Zum Beispiel wirkt das Larvizid Bti rasch und ist vorzuziehen, wenn ein hoher Zeitdruck besteht (z.B. bei bereits fortgeschrittener Mückenentwicklung). Dagegen setzt die Wirkung des chemischen Larvizids Diflubenzuron erst nach 1 bis 2 Tagen ein und hält dafür länger an.

### 2. Wirksamkeit für verschiedene Lebensstadien der Mücke

Der Ausbreitungsradius der adulten Fluginsekten ist mindestens 100 Mal grösser als die Fläche der Brutgebiete. Adultizide müssen folglich auf viel grösseren Flächen eingesetzt werden. Deswegen sollten Adultizide als letztes Mittel eingesetzt werden. An urbanen Orten mit besonderer Empfindlichkeit – z.B. bei Kindergärten oder Spitalern – kann ihr Einsatz aber vertretbar sein (gängige Praxis im Tessin).

### 3. Wirkungsspektrum/Spezifität

Die Mittel sollten möglichst spezifisch wirken, d.h. einen geringstmöglichen Effekt auf Nichtzielorganismen haben. Das Larvizid Bti z.B. tötet hochselektiv Stechmücken- (Culicinae) und Kriebelmückenlarven (Simuliidae) ab. Nur bei vielfacher Überdosierung sind auch andere Mücken betroffen, während alle anderen Organismen und der Mensch nicht geschädigt werden.

Die meisten chemischen Insektizide wirken hingegen relativ unspezifisch und schädigen eine Vielzahl von Organismen, die nicht Ziel der Behandlung sind (s. Tabelle 4).

4. Toxizität für Mensch, Tier und Umwelt (z.B. Bodenbakterien)

Die Mittel müssen auf ihre Toxizität für Mensch und Umwelt geprüft werden (Ökotoxizität für Tiere, Pflanzen, Bodenbakterien).

5. Stabilität/Mobilität in der Umwelt

Es sollten Mittel bevorzugt werden, die in der Umwelt nicht stabil sind. Dies gilt insbesondere in sensiblen Gebieten wie Naturschutzgebieten oder Auen.

Eines der wenigen Mückenbekämpfungsmittel mit geringer Persistenz in der Umwelt und hoher Spezifität ist das biologische Larvizid Bti. Chemische Insektizide hingegen besitzen als Kontaktgifte lipophile Eigenschaften, sind schlecht wasserlöslich und in der Umwelt stabil. Ist ihr Einsatz unumgänglich, so sollte dieser Aspekt bei der Auswahl berücksichtigt werden. Die kurzfristige Verwendung eines in der Umwelt stabilen Mittels kann aber sinnvoll und vertretbar sein an Orten, an denen Wasser über einen längeren Zeitraum steht (ohne direkten Ablauf in ein Gewässer). In Deutschland ist z.B. die Verwendung des stabileren Larvizids *B. sphaericus* ausschliesslich in stillgelegten Sickergruben zugelassen und wird dort auch nur gegen Ende der Saison verwendet (persönl. Mitteilung N. Becker).

6. Ausbringung

Je nach Zielort und dessen Grösse, sind unterschiedliche Mittel und Rezepturen (Flüssigkeit, Granulat etc.) geeignet (Kap. 6.8).

7. Resistenzen:

Je nach Eigenschaften der Insektizide und abhängig von Dauer und Häufigkeit des Einsatzes können Resistenzen entstehen (Kap. 6.10). Dies gilt besonders für Mittel, die in der Umwelt stabil sind. Wird ein Mittel auch als Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft oder als Insektizid in Haushalten (Bsp. Pyrethroide) eingesetzt, so besteht ein erhöhtes Risiko für Resistenzen<sup>37</sup>. Nach Auftreten von Resistenzen wird oft die Menge der eingesetzten Insektizide erhöht, wodurch die Belastung der Umwelt noch erhöht wird.

8. Kosten(effizienz):

Zu berücksichtigen sind Kosten für Material und personelle Ressourcen (s. Kap. 4.2.1). Das Verhältnis von Aufwand und Kosten zu Erfolg und Nachhaltigkeit ist einzubeziehen.

Je nach Situation sind diese Kriterien anders zu gewichten. So wird man die Umweltschädlichkeit der Bekämpfungsmittel stärker berücksichtigen, wenn diese als präventive Massnahme eingesetzt werden, als wenn eine unmittelbare Gefahrensituation – z.B. eine drohende Epidemie – vorliegt.

Es stehen derzeit **nur wenige biologische Bekämpfungsmittel** zur Verfügung. Auf chemische Insektizide, die in der Regel länger wirken, kann nicht vollständig verzichtet werden. Dies gilt besonders für Situationen, in denen eine unmittelbare Bedrohung durch vektorübertragene Krankheiten besteht. Es ist jedoch wichtig, ihren Einsatz zu minimieren und möglichst umweltschonende Produkte zu wählen (s. Tabelle 4).

---

<sup>37</sup> Beispiel: Die beiden Pflanzenschutzmittel Cypermethrin und Deltamethrin haben die gleiche Wirkstoffgruppe wie das im Tessin gegen Mücken eingesetzte Permethrin, was das Auftreten von Kreuzresistenzen zur Folge haben kann (Prüfbericht Zulassung von Clothianidin Okt. 2012).

**Tabelle 4 Vor- und Nachteile biologischer und chemischer Insektizide**

<b>Biologisches Larvizid Bti</b>	
<p><b>Vorteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegen Bti entstehen wegen seiner komplexen Wirkungsweise keine Resistenzen.</li> <li>• Bti wird in der Umwelt relativ schnell abgebaut (wirkt nur während einer Mückengeneration)</li> <li>• Umweltbelastung: Zahlreiche Studien zeigten, dass Bti keine Störung des Ökosystems und der biologischen Vielfalt bewirkt (Becker 2010). Es ist daher v.a. für den privaten Gebrauch und ökologisch sensible Gebiete geeignet. Durch den Einsatz von Bti können die toxikologischen und ökotoxikologischen Wirkungen der chemischen Insektizide vermieden werden.</li> </ul>	<p><b>Nachteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwändige Anwendung: Da Bti sehr instabil ist, ist eine häufige Anwendung erforderlich, was einen grossen personellen Aufwand mit sich bringt.</li> <li>• Die Wirkung wird durch verschiedenste Faktoren beeinflusst (Becker 2010):             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entwicklungsstadium der Mücken (wirksam nur bei bestimmten Larvenstadien)</li> <li>2. Verschmutzung des Wassers</li> <li>3. Wassertemperatur (kann Einfluss auf die Nahrungsaufnahme der Mücken haben)</li> <li>4. Larvendichte</li> <li>5. Wassertiefe</li> <li>6. Sedimentationsrate</li> <li>7. Sonneneinstrahlung</li> </ol> </li> </ul>
<b>Chemische Insektizide</b>	
<p><b>Vorteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Herstellung chemischer Mittel ist im Allgemeinen günstiger als jene der biologischen Mittel.</li> <li>• Gewisse chemische Insektizide (z.B. Wachstumsregulatoren) sind schon in kleinsten Konzentrationen wirksam.</li> </ul>	<p><b>Nachteile</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemische Insektizide belasten die Umwelt und stören die biologische Vielfalt und die Ökosysteme:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie wirken praktisch immer unspezifisch, d.h. richten sich auch gegen Nichtzielorganismen.</li> <li>• Sie gelangen in die Nahrungskette von Amphibien und anderen Tieren.</li> <li>• Sie haben häufig eine toxische Wirkung auf Wasserlebewesen (AWEL 2004). Kritisch ist v.a. die Abschwemmung in Gewässer (z.B. nach der Behandlung von Strassendolen)</li> <li>• Toxische Wirkung für Menschen<sup>38</sup> (für die meisten heute verwendeten Insektizide kein Problem)</li> </ul> </li> </ul>

<sup>38</sup> Zur Bestimmung der Toxizität wird unter anderem der LD<sub>50</sub>-Wert (Letale Dosis: Dosis, bei der 50% der Tiere sterben) in Tierexperimenten gemessen. Zu unterscheiden sind akute und chronische Effekte. Erstere betreffen vor allem die Personen, die Umgang mit grossen Mengen und Konzentrationen einer Substanz haben. Die chronische Wirkung kann auch die Bevölkerung betreffen. Die Aufnahme eines Mittels ist entweder über verunreinigte Nahrungsmittel oder über durch Absorption über die Haut möglich. Die chronische Toxizität wird vor allem durch die Stabilität und die Lipophilie (Bioakkumulation im Fettgewebe) eines Stoffs beeinflusst.

Die **WHO** gibt regelmässig aktualisierte **Empfehlungen für Insektizide** heraus (WHO Pesticide Evaluation Scheme, WHOPEs Sept. 2012; WHOPEs Juli 2012). Die *Food and Agriculture Organization* hat einen Verhaltenskodex herausgegeben, der Empfehlungen für die Verteilung und den Gebrauch von Pestiziden enthält (FAO 2003).

#### **Die wichtigsten Prinzipien bei der Auswahl von Insektiziden:**

1. Larvizide sind gegenüber Adultiziden vorzuziehen.
2. Die Mittel sollen möglichst spezifisch wirken (biologische sind gegenüber chemischen Insektiziden vorzuziehen).
3. Bei der Auswahl chemischer Insektizide sollen ihre Umweltverträglichkeit und die Empfehlungen der WHO berücksichtigt werden (WHOPEs Sept. 2012).
4. Es sollen Mittel eingesetzt werden, gegen die keine Resistenzen zu erwarten sind.

### **6.8 Rezepturen und Applikationsformen**

Die Bekämpfungsmittel sind teilweise in verschiedenen Applikationsformen erhältlich. Welche Form geeignet ist, ist abhängig von verschiedenen Faktoren:

- Die **ökologischen Rahmenbedingungen** eines Brutgebietes bestimmen, auf welche Art die Bekämpfungsmittel eingesetzt werden (Vegetation, Schutzgebiete). Zum Beispiel sollte man Bereiche mit trittempfindlichen Pflanzengesellschaften oder empfindlichen Vögeln eher aus der Luft behandeln.
- Die **geographischen Gegebenheiten** beeinflussen, wie man die Mittel einsetzt. **Flache** Regionen (Mittelland CH, Camargue F oder Oberrheingebiet D) eignen sich eher für eine Bekämpfung per Helikopter. In **bergigen** Regionen (Bsp. Tessin) sind die Brutplätze oft kleinräumig (bei der Tigermücke die Regel) und befinden sich meist auf privatem Grund, so dass dort eine gezielte Bekämpfung und die Information der Bevölkerung besonders wichtig sind. Auf dem Boden werden die Mittel in der Regel durch manuelle Sprühgeräte und Vernebler ausgebracht.

Abhängig vom Standort (Wasser, Luft, Boden) ist eine **geeignete Rezeptur** (vorliegende Form des Mittels) zu wählen, Bsp.:

- Für Orte, an denen das Mittel rasch weggespült wird (Entwässerungs- und Abwassersysteme, sanitäre Anlagen) oder in Überschwemmungsgebieten gibt es Rezepturen mit einer Trägersubstanz, die möglichst lange auf der Wasseroberfläche schwimmt.
- Für den privaten Gebrauch in kleinen Behältern können Tabletten verwendet werden.
- Gewisse Rezepturen verbleiben länger am Wirkungsort (slow release-Rezeptur).
- Aus der Luft ausgebrachte Eisgranulate gelangen besser in die zu behandelnden Gewässer, da sie die Vegetation besser durchdringen als ein Sprühnebel mit Tröpfchen. Zudem verweilen sie länger in der Fresszone der Stechmückenlarven ([www icybac.de](http://www icybac.de)).
- Für den persönlichen Schutz kommen mit Insektizid behandelte Mückennetze und Insektizid-Sprays zum Einsatz.

## 6.9 Korrekte Anwendung der Mittel

Durch den richtigen Einsatz der Mittel kann die Belastung der Umwelt minimiert werden:

- **Chemische Insektizide** sollten nur für eine **gezielte Bekämpfung** (z.B. nach positivem Monitoring von Mücken) und in Hochrisikosituationen eingesetzt werden (keine dauernde chronische Anwendung wegen Umweltbelastung). Die Prävention ohne den Einsatz von Insektiziden sollte grundsätzlich Vorrang haben.
- Die Mittel sollten **räumlich** möglichst **eingegrenzt** eingesetzt werden, z.B. Larvizide gezielt in der Fresszone der Mückenlarven. Wichtig ist auch eine **kurze Verwendungsdauer** und die Wahl des **richtigen Zeitpunkts**, wenn die Larvenstadien tatsächlich vorhanden sind (abhängig von Saison und Regenfällen).
- Die Bekämpfung muss **schnell** erfolgen (solange das Ausbreitungsgebiet der Mücken noch gering ist), möglichst innert maximal 2 Wochen nach positivem Befund.
- Nach der Bekämpfung soll Erfolg und **Einfluss auf die Umwelt kontrolliert** werden.
- **Richtige Menge und Konzentration** (Verdünnung): Auswirkungen auf Nichtzielorganismen können besonders bei Überdosierung auftreten. Die Menge und Konzentration sollen nicht höher sein, als dies für eine gute Wirksamkeit des Mittels nötig ist. Verschiedene Stechmücken und ihre Entwicklungsstadien sind unterschiedlich sensitiv gegenüber bestimmten Mitteln. Dazu kommen weitere Faktoren wie Volumen, Tiefe und Temperatur des Wassers, Sonnenlicht, Verschmutzung, Larvendichte und Fressverhalten, die bei der Dosierung zu berücksichtigen sind.
- Die Behandlung mit gewissen chemischen Insektiziden (z.B. das Adultizid Permethrin) sollte von der Peripherie ins Zentrum erfolgen (Mücken flüchten davor und breiten sich sonst noch weiter aus, persönliche Mitteilung E. Flacio).
- Mit zunehmender Verbreitung der Tigermücke ist auch in **privaten Haushalten** mit einem **steigenden Verbrauch an Insektiziden und Repellentien** zu rechnen, die bei falschem Gebrauch gesundheits- und umweltschädlich sein können. Deren korrekter Einsatz im Privatbereich ist nur schwer kontrollierbar und sollte daher minimiert werden.

Das BAG<sup>39</sup> hat in Zusammenarbeit mit den kantonalen Chemikalienfachstellen im Zeitraum 2009 bis 2011 in einer nationalen Kampagne Schädlingsbekämpfungsbetriebe kontrolliert. Neben der verlangten Ausbildungsnachweise wurde auch die richtige Verwendung der Mittel geprüft. Dafür wurden Hilfsmittel erstellt, in denen **einige weitere Kriterien beim Einsatz der Bekämpfungsmittel** aufgeführt sind (BAG 2011).

## 6.10 Vermeidung von Resistenzen

Mit dem intensiveren Einsatz von Insektiziden steigt das Risiko der Entstehung von Resistenzen<sup>40</sup>. Dem wird oft mit einer höheren Dosierung sowie einer häufigeren Behandlung begegnet, was die Umwelt zusätzlich belastet. Resistenzen sind weltweit gegen die meisten der verfügbaren chemischen Insektizide bekannt (Maxman 2012; Ryan et al 2007; Kawada et al 2010; Tantely et al 2010; Nauen 2007).

---

<sup>39</sup> Kontaktperson Max Ziegler, BAG

<sup>40</sup> Resistenz wird in der Regel definiert als das Überleben von mindestens 20 Prozent der Population bei derjenigen Konzentration, die zum kompletten Abtöten nicht-resistenter Zielorganismen erforderlich ist (Becker 2010).

**Je höher die Persistenz** (Stabilität in der Umwelt, Verweildauer und Anreicherung) des eingesetzten Mittels, **desto höher ist das Resistenz-Risiko**. Ein besonderes Problem sind **Kreuzresistenzen**. Diese treten in der Regel zwischen verschiedenen Mitteln der gleichen Wirkstoffgruppe auf. Entwickeln Insekten eine Resistenz gegen ein Insektizid, so weisen sie oft auch eine Kreuzresistenz gegen andere Insektizide auf, die gegen den gleichen Angriffspunkt im Insekt gerichtet sind (z.B. DDT und Pyrethroide). Um aufzuzeigen, zwischen welchen Produkten es Kreuzresistenzen geben kann, hat das **IRAC** die wichtigsten Insektizide nach ihrem Zielpunkt klassifiziert (IRAC 2012).

Zu berücksichtigen ist auch die **Persistenz der Resistenz**, da Resistenzen auch nach Absetzen der Behandlung teilweise länger bestehen bleiben. Vielfach wurden sogar schon multiple Resistenzen festgestellt, d.h. ein Insekt entwickelt mehrere Typen von Resistenzen gegen ein bestimmtes Insektizid.

#### Wie können Resistenzen vermieden werden?

Das *Insecticide resistance action committee* (**IRAC**) hat ein Manual herausgegeben, in dem dargelegt wird, mit welchen Massnahmen Resistenzen vorgebeugt resp. wie darauf reagiert werden sollte (IRAC Manual 2010). Das **wichtigste Prinzip ist auch hier die Prävention**, da es kaum möglich ist, einmal entstandene Resistenzen zu eliminieren. Georghiou (1994) unterscheidet **drei grundlegende Strategien**:

1. Der Selektionsdruck wird begrenzt, indem chemische Mittel möglichst sparsam eingesetzt werden. Sie werden begleitet durch nichtchemische Mittel oder Massnahmen wie der Beseitigung der Brutstätten:
  - Möglichst geringe Insektizidmengen (nicht höher als nötig)
  - Zeitlich begrenzte Behandlung (nicht über mehrere Generationen von Mücken hinweg)
  - Der Einsatz sollte auch örtlich begrenzt sein. Einzelne, kleine Gebiete werden nicht behandelt, das bietet Mücken ohne Resistenz ein Rückzugsgebiet „Mosaikbehandlung“.
  - Insektizide verwenden, die in der Umwelt schnell abgebaut werden
2. Sättigung mit Insektiziden  
Dabei werden so hohe Mengen eines Insektizids verwendet, dass keine Überlebenden bleiben. Diese Strategie ist vor allem in den Stadien anwendbar, in denen sich noch wenige bis keine Resistenzen etabliert haben.
  - Kombination der Insektizide mit synergistisch wirkenden Substanzen (Piperonylbutoxid verstärkt die Wirksamkeit von Pyrethroiden durch Inhibition des detoxifizierenden Enzyms).
3. Multipler Angriff
  - Mehrere Mittel, die unterschiedlich wirken, werden gleichzeitig eingesetzt (es ist unwahrscheinlich, dass in einem Individuum gleichzeitig verschiedene Resistenzen entstehen; Busvine 1993).
  - Räumlich und zeitlich rotierender Einsatz verschiedener Insektizidklassen wie Wachstumsregulatoren und Pyrethroidderivate (in Kolumbien waren nach fünf Jahren Verzicht auf Pyrethroide Mücken wieder sensitiv dagegen (Maxmen 2012). In Deutschland werden die Larvizide Bti und BspH alternierend eingesetzt.

Welche Strategie erfolgreicher ist, ist bei Experten umstritten und u.a. abhängig vom Zielorganismus, der Wirkstoffgruppe der Insektizide und dem Resistenzmechanismus. Generell sollte sich der Insektizideinsatz auf eine gezielte Bekämpfung (z.B. nach positivem Monitoring von Mücken) und auf Hochrisikosituationen beschränken (Goddard 2010).

**Während der Bekämpfung** sollte die Resistenz der Mücken **überwacht** werden. **Treten Resistenzen auf**, so sollte **möglichst schnell** der Selektionsdruck durch das Insektizid verringert werden, indem der Einsatz des betreffenden Insektizids gestoppt wird (IRAC 2012).

## 6.11 Instruktion und fachliche Begleitung des Bekämpfungspersonals

Für den **Einsatz von Insektiziden** braucht es das nötige **Fachwissen**. Dazu gehören Kenntnisse über die geltenden Vorschriften und die zugelassenen Mittel. Für die verwendeten Insektizide muss bekannt sein, welche Eigenschaften diese in der Umwelt haben (u.a. Persistenz, Schädlichkeit für Nichtzielorganismen, Ökotoxizität) und wie sie zu verwenden sind.

Das Bekämpfungspersonal braucht daher für den Einsatz der Insektizide eine **Fachbewilligung** oder ist durch einen Fachbewilligungsinhaber zu **instruieren**. Ist ein grösseres Gebiet betroffen und es sind viele Personen mit der Bekämpfung beauftragt, braucht es für deren Anleitung und Kontrolle erhebliche personelle Ressourcen. Die Anforderungen an Organisation und Kommunikation mit den Betroffenen sind hoch.

Die Art und Verwendung der Bekämpfungsmittel sollte zudem mit einer **unabhängigen Kontrollstelle** (z.B. kantonale Chemikalienfachstelle) besprochen und durch diese regelmässig kontrolliert werden. Als demonstratives Beispiel kann das Vorgehen im Kanton Tessin gesehen werden, das in Kap. 7.1 genauer beschrieben ist.

## 6.12 Begleitmonitoring

Die Effizienz und die Folgen der Mückenbekämpfung sollte überwacht werden. Im Fall des Einsatzes von Vectobac (Bti) in der Magadinoebene war dies eine Auflage im Rahmen der Bewilligung des Bundes (BAG, BAFU, SECO); das Monitoring wurde durch das Institut für Mikrobiologie (ICM, M. Tonolla) durchgeführt (Präsentation BAFU-Fachtagung im Nov. 2009).

Kriterien, die geprüft werden sollten:

- Effizienz und Wirkung auf Zielorganismen
- Persistenz der Bekämpfungsmittel (biologische, chemische Insektizide)
- Auswirkungen auf die Umwelt und Nichtzielorganismen (Mikro- und Makrofauna)
- Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanze
- Resistenzbildung gegen die eingesetzten Mittel

### Handlungsbedarf bei der Bekämpfung

Für die Entwicklung geeigneter Massnahmen zur Prävention und Bekämpfung invasiver Stechmücken fehlt den meisten Kantonen das nötige Fachwissen. Sie brauchen Unterstützung bei der Risikoabschätzung und bei der Entscheidung, ob und welche Massnahmen zu treffen sind. Der Bund sollte zusammen mit Experten **konkrete Handlungsempfehlungen** erarbeiten und den Kantonen zur Verfügung stellen.

Die **Bekämpfung der Tigermücke** sollte **möglichst effizient und umweltverträglich** geschehen. Auch dafür sollte der Bund (noch zu bestimmende Stelle) **konkrete Empfehlungen** abgeben. Darin ist aufzuzeigen, **welche Insektizide** in der Schweiz **zugelassen und für welche Verwendung diese geeignet** sind, sowie konkrete Hinweise, **wie diese Mittel zu verwenden sind**. Die vorliegende Arbeit kann dafür einige Grundlagen liefern.

Der **Einsatz von Insektiziden** sollte von einem Monitoring begleitet werden, bei dem die **Persistenz und Auswirkungen auf die Umwelt untersucht** werden.

Die Wissenschaft ist gefordert, **umweltfreundlichere Methoden** der Mückenbekämpfung zu suchen, die chemische Insektizide ersetzen können.

## 7 Bestehende Bekämpfungsstrategien

### 7.1 Integriertes Vektormanagement am Beispiel des Kantons Tessin

*„Durch den steigenden Druck und die Ausbreitung mussten wir die Organisation anpassen; aus dem Pilotprojekt wird wohl eine dauerhafte Aufgabe“*

Stefano Radczuweit, Präsident GLZ Tessin bis 2011  
(BAFU Fachtagung 2009)

Seit ihrem erstmaligen Auftreten im Tessin dringt die Tigermücke von Italien her immer weiter in die Schweiz vor (Kap. 2.2.4). Der Kanton Tessin hat eine gute Organisation zur Bekämpfung der Tigermücke aufgebaut und geniesst daher in der europäischen Fachwelt grosse Anerkennung. Dies war vor allem deshalb möglich, weil schon Jahre vor dem Auftreten der Tigermücke die strukturellen und organisatorischen Voraussetzungen für die Bekämpfung geschaffen wurden. Auf Grund massiver Mückenplagen (*Aedes vexans*) in einigen Regionen des Kantons begann man schon frühzeitig mit der Bekämpfung.

1987 formierte sich eine kantonale Arbeitsgruppe, die **Gruppo di lavoro zanzare (GLZ)**, die die Mückenbekämpfung in den betroffenen Regionen koordiniert. Als die Tigermücke auf den Plan trat, waren die zuständigen Stellen bereits definiert, und es konnten rasch die für die Eindämmung der Tigermücke nötigen Schritte unternommen werden. Die GLZ hat diverse Berichte publiziert, in denen die Strategie und das Vorgehen des Kantons Tessin beschrieben sind (Gruppo di lavoro zanzare 2006; Lüthy et al 2006; Gruppo operativo del Gruppo di lavoro zanzare 2007). Ein Beitrag des Schweizer Fernsehens zeigt anschaulich, wie die Tessiner Experten bei der Prävention und Bekämpfung vorgehen (SRF Sept. 2009).

#### **Rechtliche Grundlagen**

Die Zuständigkeiten für die Kontrolle von krankheitsübertragenden Tieren sind festgelegt in der kantonalen Hygieneverordnung *Regolamento sull'igiene del suolo e dell'abitato*. Danach hat die Gesundheitsdirektion die Bekämpfung der Tigermücke zu koordinieren und zu überwachen. Die Verordnung legt auch fest, dass die Gemeinden die Kosten von Monitoring und Bekämpfung übernehmen müssen.

Besonders stark betroffene Gemeinden haben auf Empfehlung der GLZ eine **Ordinaria municipale** (Gemeindeverordnung) erlassen, die Bussen (bis zu 1000 SFr.) vorsieht für Fälle, in denen mehrmals Brutstellen auf privatem Grund vorgefunden werden und die Bewohner den Zutritt verweigern (bisher noch nicht angewendet).

#### **Zuständigkeiten:**

Mauro Tonolla vom ICM (*Istituto Cantonale di Microbiologia*; ab Juni 2013: SUPSI, *Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Laboratorio di microbiologia applicata* der Tessiner Fachhochschule) leitet auf Behördenseite die Mückenbekämpfung<sup>41</sup> (BAG Bulletin 26, 2006).

---

<sup>41</sup> Homepage des Kantons Tessin zur Tigermücke: [www4.ti.ch/dss/dsp/icm/cosa-facciamo/zanzare-e-zanzara-tigre/](http://www4.ti.ch/dss/dsp/icm/cosa-facciamo/zanzare-e-zanzara-tigre/)

Die Organisation und Koordination der Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen geschieht durch die **GLZ**, eine eigens eingesetzte kantonale Arbeitsgruppe, zu der verschiedene Interessensvertreter, Behörden und Experten gehören<sup>42</sup>. Die GLZ besteht aus **2 Gruppen**, deren Aufgaben in einer Anleitung<sup>43</sup> beschrieben sind.

In der **strategischen Gruppe der GLZ** sind vertreten: Istituto cantonale di microbiologica (ICM), Gesundheitsamt, Tourismus, das Museum für Naturschutz, Behörden für Naturschutz und Landschaft, Veterinäramt, Fondazione Bolle di Magadino und Gemeinden. Sie hat u.a. folgende Aufgaben:

- Prüfung der personellen und finanziellen Ressourcen. Entscheid über deren Einsatz
- Entwicklung von Überwachungs- und Bekämpfungsstrategien
- Im Fall des Nachweises infizierter Mücken oder Erkrankungen:
  - Festlegen von Massnahmen (Absperrung, intensivierte Bekämpfung im betroffenen Gebiet)
  - Meldung an kantonale Behörden, den Bund (BAG, BAFU) und das nationale Referenzzentrum NAVI
- Kommunikationsstrategie (Berichterstattung)
- Koordination aller Stellen, die an der Bekämpfung beteiligt sind
- Kontakt nach aussen (u.a. Behörden, Italien)
- Förderung von Forschungsprojekten
- Jährlicher Geschäftsbericht über Kontrolle und Bekämpfung (Analyse und Ableitung der zukünftigen Strategie)

Die **operative Gruppe der GLZ** wird durch die strategische Gruppe angeleitet und hat folgende Aufgaben:

- Aufforderung der Bevölkerung zu Selbsthilfemassnahmen (Beseitigung Brutstätten)
- Überwachung der Tigermücke und Viren
- Bekämpfung der Tigermücke
- Sammlung aller Daten zu Kontrolle und Ausbreitung in einer Datenbank (gemäss CSCF)

Die praktischen Massnahmen, wie Monitoring und Bekämpfung, werden angeleitet und koordiniert von Eleonora Flacio, Expertin der GLZ.

Die Experten der GLZ haben einen wesentlichen Beitrag zum Konzept des BAFU und des BAG geleistet (BAFU/BAG 2011). Dieses beschreibt das Vorgehen im Tessin und enthält die wichtigsten Akteure. Daneben wurden für das Tessin konkrete Handlungsanweisungen zu Monitoring und Kontrolle erstellt (Flacio, E. (GLZ) *Lotta contro la zanzara tigre*: diverse SOPs).

---

<sup>42</sup> **Zusammensetzung der Gruppo di lavoro zanzare (GLZ, Stand Nov. 2012):** Stefano Radczuweit, Capo dell'Ufficio di sanità, Presidente (Leitung); Charles Barras, Ente ticinese del turismo; Filippo Rampazzi, Museo di storia naturale, Dipartimento del territorio; Mirko Sulmoni, Ufficio natura e paesaggio, Dipartimento del territorio; Dr. Orlando Petrini, Direttore dell'Istituto di microbiologia (ICM); Dr.ssa Danuta Reinholz, Medico cantonale aggiunto; Dr. Tullio Vanzetti, Veterinario cantonale; Nicola Patocchi, Fondazione Bolle di Magadino, Segretario; Gionata Cavadini, Comune di Chiasso; Berater: Dr. Peter Lüthy, Mikrobiologe, ETHZ; Eleonora Flacio, Biologin ICM

<sup>43</sup> Flacio, GLZ, *Lotta contro la zanzara tigre: organizzazione del Gruppo di lavoro zanzare*

## Geschichte

- Seit **1988** besteht - auf Grund der Mückenplage in Magadinoebene - die vom Regierungsrat gegründete Arbeitsgruppe zur Mückenbekämpfung (Gruppo di lavoro zanzare, GLZ).
- Die Mückenbekämpfung in der Magadinoebene per Helikopter wird über die Stiftung Bolle die Magadino organisiert.
- Seit **2000** präventives Überwachungsprogramm um die Tigermücke durch die GLZ.
- **2003** Fund der ersten Tigermücke und Beginn der Bekämpfung (zuständige Gemeinde dann auch durch Zivilschutz unterstützt) und ausgedehntere Überwachung (Wymann et al 2008)
- **Seit 2007** Zusammenarbeit mit dem Bund (BAFU und BAG) und Auftrag, eine Strategie zu erarbeiten, die als Richtschnur für die Gesamtschweiz dienen kann.
- Im weiteren Verlauf stärkerer Einbezug der Bevölkerung und Gemeinden
- Das Monitoring wird **heute** in ca. 60 Gemeinden durchgeführt (Stand März 2013).
- Seit 2012 wird eine **Zusammenarbeit mit Italien** aufgebaut, mit den grenznahen Gemeinden (Comunità di lavoro Regio insubrica<sup>44</sup>; persönl. Mitteilung M. Tonolla).
- Dass sich die Tigermücke trotz ständiger Bekämpfung weiter ausbreitet, hat vermutlich seinen Grund darin, dass sie immer wieder von Italien her eindringt.

## Massnahmen

### Monitoring

Durchgeführt durch Eleonora Flacio und Luca Engeler. Im Sommer werden weitere Personen hinzugezogen, um die Mückenlarven in den Fallen zu zählen. Ein wichtiges Hilfsmittel ist die GPS-basierte Kartierung der Insektenfallen und Fundorte. Die Fallen (Ovitrap) werden dort aufgestellt, wo sich die Mücken mit grösster Wahrscheinlichkeit aufhalten. Dafür muss man das Verhalten der Mücken gut kennen. Zu den Hotspots gehören zurzeit die urbanen Gebiete um Chiasso, Lugano, Locarno und Bellinzona, die Autobahnraststätten, Parkplätze von Einkaufszentren und Friedhöfe (Vasen). Die städtischen Regionen werden in 250 m<sup>2</sup> grosse Areale eingeteilt, in denen je zwei Ovitrap platziert werden. Auch im grenznahen Gebiet und entlang der Autobahn werden Mückenfallen aufgestellt (2012: 1362 Fallen) unter aktiver Teilnahme der Gemeinden (ca. 13'000 – 15'000 Kontrollen pro Jahr). Ausserhalb der Gemeinden (Autobahnen, Tankstellen etc.) werden Fallen von den Gemeinden aufgestellt und durch technische Mitarbeiter der GLZ analysiert. Für das Monitoring adulter Mücken werden BG-Sentinel-Fallen der Firma Biogents AG verwendet.

Weil die finanziellen und personellen Ressourcen begrenzt sind, kann nur in den gefährdetsten Gemeinden überwacht und bekämpft werden. Das Risiko für eine Gemeinde wird regelmässig neu bewertet<sup>45</sup>. Die Bekämpfung wird priorisiert, indem jeweils der Anteil der positiven Ovitrap und die Anzahl der Eier pro positiver Ovitrap bestimmt wird.

In Gemeinden mit starkem Mückenbefall werden nur noch einzelne Fallen aufgestellt. Die Bürger können der GLZ Tigermücken-Funde melden und Tiere zur Bestimmung einschicken; das Ergebnis

---

<sup>44</sup> [www.regioinsubrica.org](http://www.regioinsubrica.org)

<sup>45</sup> Gemäss der Handlungsanweisung der GLZ für die Überwachung (*Lotta contro la zanzara tigre: sorveglianza istruzione operativa* Version Sept.2012) werden **folgende Orte prioritär überwacht**:  
Besiedelte Flächen unterhalb 400m Höhe, vorrangig Gemeinden mit hoher Bevölkerungsdichte, hohem Pendlerzustrom und Verkehrsaufkommen; Autobahnraststätten; Güterverkehr u.a. Transport- und Dienstleistungsunternehmen (SBB Cargo); Reifenlager; besondere Anziehungspunkte (Einkaufszentren; Sportstätten; Sehenswürdigkeiten; internationale und regionale Bahnhöfe und Flughäfen), Tourismus (Anzahl Hotelübernachtungen). Gemeinden mit positiven Funden in den Vorjahren oder, in deren Nachbarschaft die Tigermücke angesiedelt ist, werden jeweils weiter überwacht.

wird innert kurzer Frist mitgeteilt und bei der weiteren Planung von Überwachung und Bekämpfung berücksichtigt.

*Zeitraum der Überwachung:* ab April (Schlüpfen der Eier aus der Diapause<sup>46</sup>) bis Oktober (Eiablage der letzten Mücken); die Hauptaktivität der Mücken ist in den Sommermonaten Juli und August. Die Fallen werden alle zwei Wochen überprüft.

#### Prävention:

Effizient ist die Beseitigung von potentiellen Brutstätten. Da sie sich häufig auf privatem Grund befinden, spielt die Information der Bevölkerung eine wichtige Rolle. Sie wird u.a. aufgefordert, stehendes Wasser in Altreifen, Untersätzen von Pflanzentöpfen oder Regenwassertonnen zu beseitigen oder abzudecken. Es gibt eine Hotline für verdächtige Mücken<sup>47</sup>.

E. Flacio und Mitarbeiter besuchen (nach Voranmeldung) Haushalte, um dort potentielle Brutstätten zu identifizieren. Sie erhalten in der Regel Zutritt. In Gemeinden, in denen dies per Verordnung möglich ist, kann bei Zutrittsverweigerung mit einer Busse gedroht werden (dies wurde gemäss persönl. Mitteilung von E. Flacio bisher noch nie umgesetzt).

#### Bekämpfung:

##### **Ziel:**

Tritt die Tigermücke an einem Ort neu auf, soll eine konsequente Bekämpfung im Umkreis des Fundorts ihre Ansiedlung verhindern. Wo sie bereits fest etabliert ist, soll die Population klein gehalten werden, um das Risiko einer autochthonen Übertragung zu vermindern.

##### **Vorbereitung:**

Im Frühling (März/April) werden die Zuständigen der Gemeinden (mindestens ein politischer und ein technischer Vertreter) zu einer Versammlung eingeladen, an der die Bekämpfung instruiert wird und an der sie Fragen und Kritik anbringen können. Die hauptverantwortliche Person einer Gemeinde steht in regelmässigem Kontakt mit E. Flacio und ihrem Mitarbeiter (ca. alle zwei Wochen). Teilweise wird nach der Bekämpfungssaison Bilanz gezogen.

##### **Kriterien:**

Werden an einem neuen Ort Eier, Larven oder adulte Tigermücken entdeckt oder ist die Populationsdichte zu hoch, wird in der Regel gezielt mit biologischen und chemischen Mitteln bekämpft.

##### **Einsatz der Bekämpfungsmittel:**

**Larvizide:** Potentielle Brutstellen (stehendes Wasser, in der Regel weniger als 200 Liter) werden mit dem chemischen Larvizid **Diflubenzuron** (Device, 3-4 Wochen wirksam), zum Teil auch mit dem biologischen Larvizid Bti (**Vectobac**, 1 Tag wirksam) behandelt. Auch in Wasserschächten wird Bti sowie Diflubenzuron eingesetzt, um Eier und Larven abzutöten. Bekämpft wird nicht nur in den Sommermonaten, sondern auch prophylaktisch vor und nach der Mückensaison, um den Aufbau der Mückenpopulation zu verzögern. Seit Sept. 2012 liegt eine Bewilligung für einen Freisetzungsversuch mit dem biologischen Larvizid Vectomax vor (Kap. 6.2.1).

**Adultizide:** In besonders sensiblen Bereichen (z.B. im Umkreis von Spitälern und Kindergärten) wird darüberhinaus mit chemischen Adultiziden (Pyrethroid **Permethrin**) behandelt und die Vegetation bis 2 Meter Höhe bespritzt (nicht auf essbare Pflanzen, im Wald oder Naturhecken). Zum Einsatz kommen motorisierte Rückenspritzen und eine Motorspritze mit einem Fass von 500 l Inhalt. Vorher werden die Fallen eingezogen, um ihre Kontamination mit dem Insektizid zu vermeiden. Unmittelbar

---

<sup>46</sup> **Diapause:** Ruhestadium, in dem Tigermückeneier überwintern

<sup>47</sup> Flyer der GLZ für die Bevölkerung: [www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/VolantinoZT\\_DEU\\_2010.pdf](http://www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/VolantinoZT_DEU_2010.pdf)

nach dem Insektizideinsatz werden sie wieder aufgestellt, und zur Nachkontrolle einige Tage später auf Eigelege geprüft.

### ***Bekämpfungsorte***

#### ***Mit Larvizid:***

- Orte/Behälter mit stehendem Wasser (Behälter, Dachrinnen etc.)
- Strassendolen mit stehendem Wasser (bis zu 1000 pro Gemeinde)
- Zwei Altpneulager wurden mit Granulat von Bti (Vectobac-G) behandelt, eines davon aus der Luft mit Unterstützung der schweizerischen Luftwaffe (persönliche Mitteilung P. Lüthy).

#### ***Mit Adultizid:***

- Monitoring-Stellen, an denen Mücken auftraten: Je nach Ausdehnung der Standorte wird zur Elimination der Adultstadien die Vegetation in einem Umkreis von 100 Meter mit einer einprozentigen Suspension des Pyrethroids Permethrin behandelt.
- Nicht behandelt werden dürfen die Vegetation in der unmittelbaren Umgebung von Fließgewässern, essbare Pflanzen, Wald, Wiesen und Biotope.

### ***Bekämpfungspersonal***

E. Flacio und L. Engeler haben eine Fachbewilligung für den Einsatz der Insektizide und bekämpfen entweder selbst oder instruieren weitere Personen, heute v.a. Gemeindemitarbeiter und Zivilschutz (gem. P. Lüthy waren im März 2013 60 Gemeinden betroffen, in der über 50 Prozent der Tessiner Bevölkerung leben).

Personalbedarf: In Gebieten mit starker Verbreitung 2 bis 4 Gemeindeangestellte für die Bekämpfung, bei schwacher Verbreitung genügen 1 bis 2 Angestellte; bei grossflächiger Behandlung zusätzlich 6 bis 10 Mitarbeiter des Zivilschutz. Ausserhalb der Gemeinden, z.B. entlang Autobahnen und in SBB Güterbahnhöfen, führen E. Flacio und L. Engeler die Bekämpfung durch.

### ***Begleitung durch Fachpersonen***

Der Einsatz von Adultiziden und Larviziden geschieht durch die Gemeinden, unter Aufsicht der GLZ/ICM und E. Flacio und L. Engeler.

Seit einiger Zeit bereitet auch die Chemikalienfachstelle des Kantons die Bekämpfung vor (SPAAS, Sezione protezione Aria, Acqua e Suolo). Sie bespricht mit E. Flacio und L. Engeler, welche Produkte verwendet werden und wie (Applikation, Konzentration). Die SPAAS kontrolliert auch vor Ort, ob die Produkte korrekt angewendet werden.

### ***Häufigkeit***

Alle betroffenen Gebiete erfahren 2 bis 3 Insektizid-Behandlungen pro Jahr.

### ***Begleitmonitoring***

Die SPAAS testet die Gewässer zur Zeit auf Rückstände von Diflubenzuron<sup>48</sup>. Auch der bewilligte Freisetzungstest mit Vectomax soll durch ein Monitoring begleitet werden.

### ***Kosten/Finanzierung***

Zwischen 2000 und 2009 wurden im Kanton ca. 550'000 SFr. für Prävention und Bekämpfung (unter Mithilfe des Zivilschutzes) ausgegeben; seit 2009 liegt das kantonale Budget bei jährlich 170'000 SFr. (BAFU Fachtagung 2009). Wegen der starken Ausbreitung der Mücken werden zukünftig die Kosten steigen und Prioritäten gesetzt werden müssen (persönl. Mitteilung M. Tonolla). Die Kosten deckten bisher v.a. die Anstellung von E. Flacio und L. Engeler (Probenahme, Mückenanalytik) sowie das im Sommer angestellte Personal für die Bekämpfung und die Auswertung der Proben ab. Die Gemeinden übernehmen selbst die Kosten für die Überwachung und Bekämpfung auf ihrem Gebiet

---

<sup>48</sup> Nach persönlicher Mitteilung von Nicola Solca (SPAAS) von 25.9.2012 zeigen die ersten Ergebnisse, dass Diflubenzuron in geringen Konzentrationen in den Gewässern nachgewiesen werden kann.

(Fallenwechsel, Behandlungen sowie Information an die Bevölkerung). Das Monitoring wird seit einigen Jahren durch das BAFU und das BAG finanziell unterstützt. In der Vergangenheit unterstützte das BAFU projektweise auch die Bekämpfung, die heute in erster Linie durch die Gemeinden getragen wird.

### **Erfolg:**

Der Kanton Tessin konnte rasch eine gute Organisation zur Bekämpfung der Tigermücke aufbauen, da auf Grund der seit 1987 bekämpften Stechmücken im Kanton die nötigen Strukturen vorhanden waren. Anfänglich gelang es so, die Tigermücke weitgehend unter Kontrolle zu halten. Wie die aktuelle Situation zeigt, war es dennoch nicht möglich, die Tigermücke auszurotten, nicht zuletzt deshalb, weil sie ständig wieder neu aus Italien eindrang. Durch die Bekämpfung können aber die Populationsdichten gering gehalten und die Verbreitung erheblich verzögert werden. Bisherige Beobachtungen zeigen, dass die Behandlung Wirkung zeigt: In Gemeinden, die nicht zum Überwachungsnetz gehörten, wurde eine stärkere Zunahme der Tigermückenpopulation festgestellt (Persönl. Mitteilung M. Tonolla, Sept. 2012). Ein Forschungsprojekt untersucht gegenwärtig den Erfolg der Bekämpfung im Tessin im Vergleich mit jenem in einer typischen Region Italiens (T. Suter, SwissTPH).

### **Aussicht und letzter Stand (Jan. 2013):**

Wegen der zunehmenden Anzahl zu überwachender Gemeinden werden die finanziellen Mittel, die jährlich vom Kanton zur Verfügung gestellt werden (170'000.-) für das Jahr 2013 nicht ausreichen. Es müssen daher noch mehr als bisher Prioritäten gesetzt werden (Persönl. Mitteilung M. Tonolla).

### **Zusammenfassung: Bekämpfung der Tigermücke im Tessin**

Wegen der Mückenplage in der Magadinoebene machte der Kanton bereits früh Erfahrungen mit der Bekämpfung von Stechmücken. Seit 1987 bringen dort in den Überschwemmungsgebieten Helikopter das biologische Larvizid Bti aus. Die Bekämpfung wird koordiniert durch die Gruppo di lavoro zanzare (GLZ), eine Arbeitsgruppe, zu der verschiedene Interessensvertreter, Behörden und Experten gehören. Im Jahr 2000 begann die GLZ ein Monitoring, um rasch reagieren zu können, wenn die Tigermücke auftritt.

Seit die Tigermücke 2003 zum ersten Mal im Tessin aufgetreten ist, wird sie von der GLZ systematisch bekämpft und überwacht. Zur Prävention werden potentielle Brutstätten beseitigt, auf privatem Grund unter Einbezug der Bevölkerung. Zur Bekämpfung wird eine Kombination des biologischen Larvizids Bti und eines chemischen Larvizids eingesetzt; in sensiblen Bereichen werden die adulten Mücken mit einem chemischen Insektizid bekämpft. Gemeindemitarbeiter führen die Bekämpfungen durch, angeleitet von Experten. Seit einigen Jahren unterstützt der Zivilschutz die Einsätze.

Der Kanton Tessin konnte die Tigermücke lange weitgehend unter Kontrolle halten. Weil diese ständig neu aus Italien zuwandert, etablierte sich die Tigermücke in der Grenzregion dennoch und breitet sich sukzessive aus. Nichtsdestotrotz findet das Vektormanagement unter europäischen Experten Anerkennung und gilt als positives Beispiel.

**Das Wissen und die vom Kanton Tessin erstellten Hilfsmittel sollten den anderen Kantonen für ihre Vorbereitungen zugänglich gemacht werden.**

## 7.2 Bekämpfungsstrategien im Ausland

Die europäischen Länder, die von der Tigermücke betroffen sind, haben unterschiedliche Konzepte zur Prävention und Bekämpfung entwickelt. In einer Masterarbeit des SwissTPH (Kutlar 2010) wird darauf verwiesen, dass es in Europa rund 20 Organisationen gibt, die Mückenbekämpfung betreiben.

Der technische Bericht der ECDC *Development of Aedes albopictus risk maps* von 2009 (ECDC Technical Report 2009) enthält eine Übersicht der Aktivitäten europäischer Länder, u.a. über die Mückenvorkommen und die Überwachung und Bekämpfung durch öffentliche und private Institutionen. Die Angaben sind allerdings nicht mehr ganz aktuell und in der Mehrheit der Länder bestehen Informationslücken. Untenstehend werden die Bekämpfungskonzepte von Italien, Frankreich und Deutschland genauer beschrieben.

### 7.2.1 Italien

1991 hat die nationale Gesundheitsbehörde Überwachungsrichtlinien erstellt. Es gibt jedoch kein nationales Kontrollprogramm. **Prävention und Bekämpfung liegen in der Verantwortung der lokalen Behörden und Gemeinden** und sind nicht obligatorisch. Dies hat zur Folge, dass das Vorgehen innerhalb Italiens **regional unterschiedlich** ist und dass teilweise (so auch in den Grenzregionen zum Tessin) keine Prävention betrieben wird (Romi et al 2008).

Für die betroffene Region **Emilia Romagna** gibt es seit 1996 ein regionales Bekämpfungskonzept. Seit 2007, als in der Region eine Chikungunya-Epidemie grassierte, wurden die Massnahmen intensiviert, und ein Konzept für grössere Ausbrüche erstellt. Das Ziel ist dort, die Dichte der Mücken zu reduzieren – nicht mehr die Ausrottung (Carrieri 2011; SVEG 2012). Zudem sollen potentiell infizierte Personen möglichst frühzeitig erkannt werden. Sobald Krankheiten oder Erreger (oder ein Verdacht) auftreten, ist die regionale Gesundheitsbehörde zuständig. Die Mückenbekämpfung führt die Firma IREN<sup>49</sup> durch. Es wird ein GPS-unterstütztes Monitoring an kritischen Orten durchgeführt. Bei einem Fund von Mücken wird im Umkreis von 100 Meter, bei Bestätigung im Umkreis von 300 Meter mit Larviziden (Bti) behandelt; in sensiblen Bereichen (Schulen, Spitäler etc.) zusätzlich mit Adultiziden. Ausserdem werden Brutstätten auf öffentlichem Grund (z.B. Strassendolen) behandelt.

Die Bevölkerung wird durch verschiedene Medien informiert (Flyer, Internet, Fernsehen, Zeitung, Informationsveranstaltungen, Infos an Schulen) und zur Teilnahme an der Bekämpfung aufgefordert (Beseitigung von Brutstätten, Einsatz von Larviziden etc.). Zudem gibt es Call Center für Mückenstiche; die Häufigkeit der Anrufe erlaubt eine Abschätzung der Toleranzschwelle der Bevölkerung.

Im März 2012 wurde in Bologna ein Seminar<sup>50</sup> zum Thema Chikungunya- und Dengue-Viren durchgeführt, bei dem die in Italien aufgetretenen mückenübertragenen Krankheitsfälle und der aktuelle Stand der Entwicklung behandelt wurde. Es gab Beiträge zu vektorübertragenen Krankheiten, zur Klinik, Symptomen und Behandlung von Chikungunya- und Dengue-Fieber sowie zur Diagnostik, Prävention und Kontrolle inkl. Kosten (2008-2011 ca. 6 Mio. Euro).

---

<sup>49</sup> Firma IREN: [www.gruppoiren.it/ddd.asp](http://www.gruppoiren.it/ddd.asp)

<sup>50</sup> Seminar *Chikungunya e Dengue in Emilia-Romagna*, Bologna, 2 maggio 2012, [www.saluter.it/documentazione/convegni-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012](http://www.saluter.it/documentazione/convegni-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012)

### **Zusammenfassung: Bekämpfung der Tigermücke in Italien**

Da in den besonders betroffenen Regionen (Emilia Romagna) **zu spät mit der Bekämpfung begonnen** wurde, konnte sich die Tigermücke fest etablieren, so dass dort die Bekämpfung in erster Linie dazu dient, die Populationsdichten gering zu halten. Seit 2007 wurden dort die **Massnahmen intensiviert**, durch Information und Beteiligung der Bevölkerung bei der Beseitigung der Brutstätten. Wo die Tigermücke neu auftritt, wird sie **möglichst umgehend bekämpft**. Zudem wurde ein Konzept für grössere Ausbrüche erstellt.

Es gibt aber für Italien kein nationales Kontrollprogramm. Die **Prävention und Bekämpfung liegt in der Verantwortung der lokalen Behörden und Gemeinden**. Das hat zur Folge, dass das Vorgehen innerhalb Italiens regional unterschiedlich ist und in gewissen Regionen keine Prävention betrieben wird. Dies gilt auch für die Grenzregionen zur Schweiz, von denen die Tigermücke permanent ins Tessin eindringt.

## **7.2.2 Frankreich**

Ein Überwachungsprogramm für *Ae. albopictus* und andere exotische Mücken wurde 1999 etabliert (ECDC *Technical Report* 2009). Seit 2004 gibt es einen nationalen Plan<sup>51</sup> gegen Dengue- und Chikungunya-Fieber, der die Überwachung von Vektoren und Krankheiten zum Ziel hat (Delaunay 2009). Die Massnahmen werden koordiniert durch die *Entente interdepartementale de Demoustication*<sup>52</sup>; für die Bekämpfung ist das *Institut de Veille Sanitaire*<sup>53</sup> zuständig. Das Konzept enthält verschiedene Szenarien und beschreibt auch die jeweils zu ergreifenden Massnahmen (Ministère du travail, de l'emploi et de la santé, Guide 2012). Dazu gehören neben dem Einsatz von Insektiziden umfassende Informationen für die Bevölkerung und Reisende in Endemiegebiete<sup>54</sup>.

Das Mückenmonitoring wurde in ganz Frankreich, besonders an den kritischen Eintrittspforten (Häfen, Flughäfen, Altreifenlager) intensiviert. Frankreich führt keine dauernde Bekämpfung der Tigermücke durch. Hingegen wird sofort reagiert, wenn infizierte Mücken, Krankheitsfälle oder Epidemien auftreten. Eine routinemässige Mückenkontrolle geschieht nur in einzelnen Departementen. Seit der massiven Chikungunya-Epidemie auf der Insel La Réunion von 2006 wurde ein Risikobeurteilungs- und Management-Programm für Chikungunya- und Dengue-Viren implementiert. Dieses besteht neben der Meldepflicht für importierte Krankheitsfälle aus einer ausgedehnten Überwachung der Mücken (Ovitrap) und Bekämpfungsmassnahmen in der Umgebung importierter Krankheitsfälle. Eine nationale Kommission analysiert die Entwicklung der entomologischen und

---

<sup>51</sup> Frankreich: Plan gegen die Verbreitung von Chikungunaviren und Dengue Mai 2010, [http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2010/05/cir\\_31164.pdf](http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2010/05/cir_31164.pdf)

<sup>52</sup> *Entente interdepartementale de Demoustication* ([www.eid-rhonealpes.com](http://www.eid-rhonealpes.com)).

<sup>53</sup> *Institut de Veille Sanitaire* (InVS), [www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle](http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle)

<sup>54</sup> Flugblatt zur Tigermücke für die Information der Bevölkerung (Beseitigung Brutstätten): [www.eid-rhonealpes.com/albopictus/plaquette-demoustication-albopictus.pdf](http://www.eid-rhonealpes.com/albopictus/plaquette-demoustication-albopictus.pdf);  
Flugblatt für Reisende: [www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/INFOGRAPHIE\\_CHIK\\_DENGUE\\_-2.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/INFOGRAPHIE_CHIK_DENGUE_-2.pdf);  
Animierte Karte zum Verlauf der Ausbreitung der Tigermücke seit 2004: [www.albopictus.eid-med.org/index.php/veille-et-surveillance/69-la-surveillance](http://www.albopictus.eid-med.org/index.php/veille-et-surveillance/69-la-surveillance)

epidemiologischen Daten. Wenn in einem Departement eine Veränderung der Risikosituation vorliegt, meldet sie dies der Generalgesundheitsdirektion und schlägt Massnahmen vor.

#### **Zusammenfassung: Bekämpfung der Tigermücke in Frankreich**

Die Strategie **Frankreichs** im Hinblick auf die Tigermücke muss **eher als reaktiv denn als präventiv** bezeichnet werden. Es gibt **keine systematische Bekämpfung** der Mücken, d.h. es wird wenig dafür getan, die Ausbreitung der Tigermücke zu verhindern, was in einer raschen Ausbreitung resultiert.

Es gibt aber ein enges Überwachungsnetz mit Mückenfallen. Eine nationale Arbeitsgruppe wurde eingesetzt, die die Entwicklung der entomologischen und epidemiologischen Daten laufend verfolgt. Liegt in einem Departement eine Veränderung der Risikosituation vor, bspw. **beim Auftreten von infizierten Mücken oder Krankheitsfällen**, schlägt sie **Bekämpfungsmassnahmen** vor.

### **7.2.3 Deutschland**

Im Gegensatz zu Frankreich und Italien, wo sich die Tigermücke in den vergangenen Jahren stark ausgebreitet hat, hat man in Deutschland **bisher nur einzelne Tigermücken nachgewiesen**, so dass kein dringender Handlungsbedarf bestand.

#### Stechmückenbekämpfung am Oberrhein

In den Überschwemmungsgebieten der Oberrheinebene werden wegen der massiven Mückenplage **schon seit 1976 einheimische Stechmücken** (wie *Ae. vexans* und *Culex spec.*) mit dem biologischen Larvizid Bti **bekämpft**. Die Bekämpfung wird durch die **KABS** (*Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Stechmückenplage*, [www.kabsev.de](http://www.kabsev.de)) durchgeführt. Die KABS, ein gemeinnütziger Verein, ist bezüglich Struktur, Finanzierung und Effizienz ein interessantes und gut funktionierendes Modell. Sie wird finanziert durch Kommunen in betroffenen Bundesländern (SWR3, Odysso 14.6.2012). Die Mitgliederversammlung besteht aus Gemeinden, Verwaltungsausschuss, Präsidium und Verwaltung, vier Regionalleitern sowie acht Distriktleitern; ihr Direktor ist Norbert Becker. Heute sind 98 Städte und Gemeinden daran beteiligt (ein Gebiet von ca. 3 Mio. Einwohnern, ca. 300 km entlang des Rheins). Kontrolliert wird ein Gebiet von ca. 6000 km<sup>2</sup> (davon ca. 100 km<sup>2</sup> Brutgebiet). Davon werden ca. 10 – 20% regelmässig behandelt (v.a. Poldern und Überschwemmungsgebiete in den Rheinauen), bei jährlichen Kosten von ca. 3 Mio. Euro/Jahr (Becker 2010). Es wird so jeweils eine Reduktion der Stechmücken um über 90% erreicht. Das Bti wird produziert durch die *ICYBAC GmbH*, eine Unternehmenstochter der KABS ([www.icybac.de](http://www.icybac.de)).

Die **Tigermücke** hat im Vergleich zu den Mücken in den Überschwemmungsgebieten komplett andere Brutplätze (Behälter mit stehendem Wasser). Das bisherige Vorgehen bei der Mückenbekämpfung (grossflächige Ausbringung eines Larvizids per Helikopter) ist daher nicht anwendbar. Seit einigen Jahren beschäftigt sich daher die KABS auch mit der Tigermücke und Möglichkeiten für deren Bekämpfung. Der Hauptfokus lag bisher in der Analyse der möglichen Einschleppungswege nach Deutschland und der potentiellen Etablierungsorte. Ein durch die KABS erstelltes **erstes Bekämpfungskonzept für die Tigermücke** liegt vor, wird aber zur Zeit noch weiter ausgearbeitet (persönliche Mitteilung N. Becker; Becker 2010; Die Welt 28.9.2012).

Aktuell evaluiert die KABS auch die Bekämpfung der Buschmücke und welche Methoden dabei zum Einsatz kommen könnten. Hier wird verstärkt nach biologischen Mitteln geforscht, deren Einfluss auf die Umwelt möglichst gering ist; der Einsatz von Pyrethroiden soll auf Risikosituationen beschränkt werden (persönl. Mitteilung von N. Becker).

#### **Zusammenfassung: Die Tigermücke in Deutschland**

Wegen der bisher nur sehr vereinzelt aufgetretenen Tigermücken war zwar **bisher in Deutschland noch keine Bekämpfung erforderlich**. Es wird aber damit gerechnet, dass dies zukünftig nötig sein könnte; es wird daher ein entsprechendes **Konzept erarbeitet**.

In der Oberrheinebene werden wegen der massiven Mückenplage schon seit Jahrzehnten einheimische Stechmücken bekämpft. Die Bekämpfung wird ausgeführt durch die **KABS**, einem durch die Kommunen finanzierten Verein.

#### **7.2.4 Initiativen in Europa und weltweit**

Seit Jahren besteht innerhalb Europas im Gebiet der Insektenvektoren eine zunehmende Zusammenarbeit, an der Experten aus der Schweiz aktiv beteiligt sind (Kap. 3.3).

Nachdem die **ECDC** im August 2012 Richtlinien für die Überwachung von invasiven Mücken publiziert hat, wird seit einigen Jahren auf Initiative der WHO und der EMCA auch ein **Konzept**<sup>55</sup> erarbeitet, das **Grundsätze der Überwachung und Bekämpfung** festlegt und das als **Rahmen für nationale Bekämpfungsstrategien** dienen soll (ECDC August 2012). Das Projekt wird finanziert vom deutschen Bundesumweltamt; Peter Lüthy (ETH Zürich) ist als Experte an dessen inhaltlicher Erarbeitung massgeblich beteiligt.

Die **WHO** hat im 2009 eine Richtlinie zur Diagnose, Behandlung und Prävention des Dengue-Fiebers herausgegeben, in der verschiedene Massnahmen zur Prävention und Bekämpfung der Stechmücken beschrieben und Empfehlungen für die zu verwendeten Larvizide resp. Adultizide abgegeben werden (WHO 2009).

Lehrreich ist das Vorgehen in **Kalifornien**, das seit 1950 Mückenbekämpfung betreibt (Becker 2010). Wegen der starken Verbreitung mückenübertragener Krankheiten (West-Nil-Fieber) wurden dort schon früh Strategien zur Vektorbekämpfung entwickelt und entsprechende Konzepte erarbeitet (Kalifornien Department of Public Health 2008; Kalifornien Orange County Vector Control District 2010).

---

<sup>55</sup> EMCA/WHO *Guidelines for the control of invasive mosquitoes and associated vector-borne diseases on the European continent*

## 7.2.5 Beispiele für Erfolge und Misserfolge bei der Bekämpfung der Tigermücke

Die Liste der erfolgreichen Ausmerzungen der Tigermücke ist kurz im Vergleich zu den Fällen, bei denen eine Bekämpfung nicht die erwünschte Wirkung zeigte. In Europa gelang es nur in wenigen Fällen, lokal isolierte Populationen auszurotten. Bei einigen der beschriebenen Erfolgsfälle waren vermutlich ohnehin die Umweltbedingungen für die Tigermücke nicht ideal.

### *Erfolgreiche Ausmerzungen aufgetretener Mücken*

Sardinien 1996/97 (Cristo et al 2006)

Neuseeland 2007: im Hafen von Auckland und in Regen- und Hochwasserrückhaltebecken (durch eine Kombination aus Monitoring in einem 1000m-Radius; Habitat-Kartierung; Bekämpfung durch Einsatz von Insektiziden (S-Methopren) und Beseitigung der Brutstätten; Populationsmodellierung und systematische Quellensuche (Holder et al 2010).

Kalifornien 2001: Die Tigermücke wurde nach der Einschleppung über Lucky bamboo durch intensive Bekämpfung ausgerottet (sie siedelte sich allerdings zu einem späteren Zeitpunkt wieder an).

### *Erfolgreiche Ausmerzungen infizierte Mücken/Epidemie*

Italien In Ravenna (Emilia Romagna) wurde 2007 eine Chikungunya-Epidemie eingedämmt u.a. durch den Einsatz von Adultiziden und einer feinmaschigen Inspektion der privaten Haushalte (Angelini et al 2007).

La Réunion 2006 wurde eine Chikungunya-Epidemie auf der Insel La Réunion (Übersee-Département Frankreichs im Indischen Ozean; über 250`000 Personen infiziert) erfolgreich eingedämmt (Audifax 2006; De Latte 2006).

### *Erfolgreiche Reduktion der Mücken*

Spanien Reduktion der Quellen, Larvenbekämpfung mit Bti und Diflubenzuron, monatliche Behandlung mit Adultiziden (Alfacipermethrin) in öffentlichen Anlagen und Reinigung unkontrollierter Abfalldeponien, mit besonderem Fokus auf den Besuch und Interviews privater Haushalte (Abramides et al 2011).

Thailand Reduktion der Mücken (*Ae. aegypti*) und Dengue-Fälle durch eine Kombination aus Monitoring (Ovitrap), Beseitigung der Brutstätten, Larvenbekämpfung mit Bti und Einsatz von Copepoden; GIS-Kartierung des Dengue-Vorkommens and *Aedes*-positiver Container (Kittayapong et al 2008).

### *Misserfolge*

Nicht erfolgreich war die Bekämpfung der Tigermücke überall dort, wo sie sich grossflächig verbreiten konnte, wie in grossen Teilen Italiens und der USA, sowie in Frankreich oder Griechenland.

## 8 Handlungsbedarf

Die Tigermücke stellt die Schweiz vor grosse Herausforderungen. Gehandelt werden muss vor allem bei der Prävention und Bekämpfung der Krankheiten, die von der Mücke übertragen werden können; darin sind sich die meisten Experten einig.

In diesem Kapitel nenne ich die wichtigsten Schritte, die aus meiner Sicht nötig sind, damit rechtzeitig reagiert werden kann, wenn sich die Gefahrensituation durch vektorübertragene Krankheiten in der Schweiz verändern sollte. In **Anhang V** sind diese Schritte noch **weiter konkretisiert**. Dort wird differenziert zwischen dringenden Massnahmen, die **kurzfristig**, d.h. in den nächsten zwei bis drei Jahren, umgesetzt werden sollten, und **mittel- bis langfristigen Massnahmen**. Dazu sind die Stellen und Institutionen aufgeführt, die aktiv werden sollten.

### 8.1 Forschung und Monitoring

Um Prognosen zur Gefahrenlage zu stellen, braucht es mehr Wissen über die Biologie der humanpathogenen Viren und der Vektoren sowie über die Mechanismen ihrer Verbreitung. Es sollte auch untersucht werden, wie sich die Klimaerwärmung auf die Ausbreitung der Mücken in den verschiedenen Regionen der Schweiz auswirkt. Um die Umweltbelastung durch chemische Insektizide zu reduzieren, sollte evaluiert werden, welche Mittel in welchen Situationen am besten geeignet sind und wie sie optimal eingesetzt werden. Die Erforschung umweltfreundlicherer Alternativen ist voranzutreiben.

Wenn die Forschung und das Monitoring der Stechmücken koordiniert werden, lassen sich die knappen Ressourcen besser ausnutzen. Der gegenseitige Informationsaustausch innerhalb der SVEG, wie er u.a. im Rahmen der jährlich veranstalteten Tagung stattfindet, sollte daher unbedingt weitergeführt werden.

### 8.2 Handlungsbedarf auf nationaler Ebene

#### 8.2.1 Zuständigkeiten

Invasive Stechmücken und von ihnen übertragene Krankheiten fallen je nach Blickwinkel in die Zuständigkeit verschiedener Bundesämter. Die Freisetzungsverordnung legt fest, dass das **BAFU** die Bekämpfung invasiver gebietsfremder Organismen koordiniert. Die Übertragung von Krankheiten auf den Menschen liegt im Zuständigkeitsbereich des **BAG**, die Übertragung tierischer Krankheiten beim **BVET**. Dazwischen gibt es **Schnittstellen, die geklärt werden müssen**.

Im Rahmen der interdepartementalen Arbeitsgruppe IDAV sollte geklärt werden, **wie zukünftig die Aufgaben bei den Bundesbehörden verteilt** werden und wo noch **Lücken** bestehen. Dies ist insbesondere zu klären für nicht invasive Vektoren (unterstehen nicht der Freisetzungsverordnung; das BAFU ist daher nicht zuständig) sowie für das Auftreten von Mücken, die Krankheitserreger tragen. Die Aufgaben und die Koordination der involvierten Stellen sollten in einem Konzept festgehalten werden. Wenn im Folgenden der 'Bund' genannt wird und kein spezifisches Bundesamt, so handelt es sich entweder um Bereiche, in die mehrere Bundesämter involviert sind, oder um Aufgaben, für die die Zuständigkeit noch geklärt werden muss.

Die bevorstehende Revision des Epidemiengesetzes (EpG) sieht eine vermehrte Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den betroffenen Stellen bei Bund und Kantonen vor (s. Anhang III). In dem **Koordinationsorgan** resp. Unterorgan, das im aktuellen Revisionsentwurf vorgesehen ist, sollten neben Bundesbehörden und der Kantonsärzteschaft u.a. **auch kantonale Stellen, die für die**

**Bekämpfung invasiver Vektoren zuständig sind**, Einsitz haben. Wichtig ist vor allem die Zusammenarbeit mit den Experten und Expertinnen des Kantons Tessin, die ihre Erfahrung aus Prävention und Bekämpfung einbringen können.

### 8.2.2 Klärung der rechtlichen Grundlagen

Die IDAV sollte klären, welche Lücken bei den Rechtsgrundlagen bestehen und wie sie geschlossen werden können. Gewisse Neuregelungen hat die Revision des EpG vorweg genommen (s. Anhang III).

### 8.2.3 Sensibilisierung der Kantone

Die Kantone müssen dafür **sensibilisiert** werden, welche Gefahr von den invasiven krankheitsübertragenden Stechmücken ausgehen kann. Zu diesem Zweck sollte der Bund den Kantonen und der Bevölkerung weitere **Informationen bereitstellen**: über die Eigenschaften der Tigermücke und ihre aktuelle Verbreitung, und eine Einschätzung, inwieweit diese eine Bedrohung für die Schweiz und für einzelne Kantone darstellt.

Der Bund kann die Aktivitäten der Kantone unterstützen, indem er den Kantonen den Handlungsbedarf aufzeigt und sie **auffordert**, in jedem Kanton **eine Koordinationsstelle festzulegen**, die die Verantwortung für weitere Schritte übernimmt und die als Ansprechpartner für den Bund fungiert.

### 8.2.4 Aufbau eines Frühwarnsystems

Die wichtigsten **Eintrittspforten und Importpfade** der Tigermücke in die Schweiz müssen identifiziert werden. Einer der zentralen nächsten Schritte ist der schnelle Aufbau eines **Frühwarnsystems**. Das **Monitoring**, das bisher nur im Tessin und an wenigen ausgewählten Orten der Schweiz durchgeführt wurde, **muss auf die gesamte Schweiz ausgeweitet werden**, damit rasch erkannt wird, wenn die Tigermücke an einem neuen Ort auftritt. Diese Überwachung ermöglicht es auch, dass **Risikokarten** mit der Verbreitung von *Ae. albopictus* in der Schweiz erstellt werden können. Ausserdem können die Daten in die internationale Datensammlung der VBORNET einfließen.

Das BAFU sollte ein solches **nationales Monitoringprojekt**<sup>56</sup> unterstützen, bei dem die Ausbreitung der Tigermücke und anderer invasiver Mückenspezies in der Schweiz, mit Fokus auf die wichtigsten Eintrittspforten und Hot spots, untersucht wird (Anhang IV). Es sollte die aktuellen Daten aus dem Monitoring regelmässig **erfassen, publizieren (Vektorkarten, Lageberichte) und auswerten** (Art. 52 FrSV). Diese dienen als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen.

Im Hinblick auf Sofortmassnahmen ist es wichtig, dass Positivfunde den betroffenen Kantonen **rasch gemeldet** werden. Die dafür nötigen Informationswege sollten definiert werden, insbesondere ob diese von den Monitoring-Experten direkt an die Kantone gemeldet werden, oder ob das BAFU diese Informationen vermittelt. Die Kantone evaluieren daraufhin mit den Experten (des Kantons Tessin) und dem BAFU das Risiko und beschliessen Massnahmen.

### 8.2.5 Beobachtung und Beurteilung der Lage

Die zuständigen Bundesämter sollten die **Verbreitung von Mücken, vektorübertragener Erreger und Krankheiten** im In- und Ausland laufend **beobachten**: das BAFU (invasive Mücken, Vektoren),

---

<sup>56</sup> Ein erster Vorschlag für ein solches Projekt wurde Ende 2012 von P. Müller (SwissTPH) und M. Tonolla (ICM) erarbeitet (s. Anhang IV).

das BAG (menschliche Krankheitsfälle) und das BVET (Tierkrankheiten). Schnittstellen zwischen diesen sowie Lücken sind zu klären und bei Bedarf zusätzliche personelle Ressourcen zu schaffen. Diese Aufgaben kann zum Beispiel ein Koordinationsorgan für Krankheitsvektoren übernehmen, wie es im Entwurf des revidierten EpG vorgesehen ist. Auch in diesem Bereich ist die Vernetzung mit internationalen Organisationen (ECDC, WHO, ENIVD) auszubauen. Es sollte auch überwacht werden, ob die Tigermückenpopulationen mit humanpathogenen Viren infiziert sind.

Auf der Basis dieser Beobachtungen und der Daten aus dem Monitoring soll die **Bedrohungslage** in den verschiedenen Regionen der Schweiz durch den Bund und die jeweils betroffenen Kantone **laufend beurteilt** werden.

### 8.2.6 Handlungsempfehlungen für die Kantone

Das BAFU sollte in Zusammenarbeit mit Experten der GLZ des Kantons Tessin festlegen, wann (**Entscheidungskriterien**: Standort, Mikroklima, Häufigkeit etc.) **und mit welchen Massnahmen** reagiert werden sollte, wenn an einem Ort zum ersten Mal Tigermücken auftreten. Ein wichtiges Entscheidungskriterium ist dabei eine Risiko-Nutzen-Analyse. Für die zuständigen kantonalen Stellen, denen das nötige Fachwissen fehlt, sollten **Handlungsempfehlungen zu Prävention und Bekämpfung** erarbeitet werden. Zu berücksichtigen sind dabei Richtlinien und Konzepte der europäischen Organisationen ECDC und EMCA.

### 8.2.7 Prävention

Bund und Kantone sollten sich vor allem dafür einsetzen, dass nicht weitere Tigermücken importiert werden und sich etablieren können. Eine wichtige Aufgabe der Kantone ist es, mögliche Brutstätten zu identifizieren und zu beseitigen (Habitat-Management). Andere Bereiche müssen auf nationaler Ebene geregelt werden. Zum Beispiel sollte der Bund Massnahmen beim **Import kritischer Güter** (Altreifen, Lucky Bamboo) prüfen; eine Möglichkeit wären **Kontrollen an den Eintrittsporten**.

### 8.2.8 Marktsituation Insektizide

Bezüglich der Insektizide besteht auf verschiedenen Ebenen Handlungsbedarf:

#### Zulassung/Anerkennung neuer Biozidprodukte ohne Hürden:

Biozide müssen hohe Anforderungen erfüllen, um zugelassen zu werden, und die Zulassungsverfahren sind aufwändig (s. Anhang III). Darum könnten Insektizide knapp werden, die sich für die Bekämpfung von krankheitsübertragenden Vektoren eignen. Wenn in Zukunft vektorübertragene Krankheitsfälle oder gar Epidemien auftreten würden, wäre dieser Mangel besonders gravierend.

Im Rahmen der gegenwärtigen **Revision der Rechtsgrundlagen** sollten daher von der Chemikalien-Anmeldestelle die Zulassungs- und Anerkennungsverfahren nach Möglichkeit so gestaltet werden, dass die Hürden möglichst gering sind, in der Schweiz ein neues Biozidprodukt auf den Markt zu bringen. Die Verfahren sollten **möglichst EU-kompatibel** sein und die Firmen durch die zuständigen Stellen unterstützt werden.

Ausserdem sollte es möglich werden, eine **Zulassung von Biozidprodukten mit pathogenen Organismen über das MRA (s. Anhang III) anerkennen** zu lassen (bisher waren diese aus dem MRA ausgenommen, so dass immer die Zulassung oder Anerkennung durch eine in der Schweiz ansässige Firma nötig war). Dazu gehören auch Produkte auf der Basis von Bti (heute schon im Einsatz) und Bsph (ein Freisetzungversuch wurde bewilligt), die gegen Stechmücken wirksam sind.

Für die Verfahren zur Zulassung und Anerkennung von Biozidprodukten in der Schweiz sowie den aktuell zugelassenen Produkten kann heute schon die Anmeldestelle Chemikalien des Bundes konsultiert werden. Mit der Revision der Schweizer Rechtsvorschriften wäre die **Einrichtung eines**

**Helpdesk zu Biozidprodukten** sinnvoll, wie er zur Zeit auch in der EU gefordert wird und vorgesehen ist.

Prüfung neuer Bekämpfungsmittel:

Das BAFU muss die publizierten Ergebnisse von **Freisetzungsversuchen mit neuen biologischen Bekämpfungsmitteln**, aktuell dem Larvizid Vectomax (*B. thuringiensis* und *B. sphaericus*), beurteilen und über deren zukünftigen Einsatz entscheiden.

Forschung/Analysen zur Umweltverträglichkeit der bisher eingesetzten und potentiell geeigneten Bekämpfungsmittel:

Die im Kanton Tessin **bisher verwendeten chemischen und biologischen Insektizide sollten auf ihr Verhalten in der Umwelt** (Auswirkung auf Nichtzielorganismen, Stabilität und Akkumulation in der Umwelt) untersucht und miteinander verglichen werden.

Bedarfsabklärung:

Heute müssen betroffene Kantone (Tessin) selbst abklären, ob ein Bedarf besteht, bei der Mückenbekämpfung Insektizide einzusetzen, welche Produkte für die Bekämpfung geeignet sind und welche zugelassenen Produkte dafür auf dem Schweizer Markt zur Verfügung stehen. Längerfristig sollte eine **zentrale Stelle, vorzugsweise beim Bund**, die Aufgabe übernehmen, auf Grund der Gefahrensituation regelmässig den **Bedarf für Insektizide abzuklären** und gleichzeitig die Marktsituation in der Schweiz zugelassener Insektizide zu beobachten.

### 8.2.9 Empfehlungen für die Bekämpfung

Für betroffene Kantone und Institutionen, die die Bekämpfung durchführen, sollten längerfristig **konkrete Empfehlungen zur Auswahl und Anwendung von Insektiziden** abgegeben werden. Diese sollten die in Kap. 6.7 – 6.11 aufgeführten Grundsätze berücksichtigen. Es ist im Rahmen der IDAV zu klären, welche Stelle diese Aufgabe übernehmen könnte.

Ideal wäre es, wenn der Bund (BAG oder BAFU) eine **Beratung für die Schädlingsbekämpfung** anbieten könnte. Diese könnte auch die Bevölkerung beim Einsatz von Bioziden im privaten Bereich beraten, um den unnötigen oder falschen Einsatz zu reduzieren.

### 8.2.10 Vorkehrungen im Gesundheitssektor

Das BAG sollte bei Bedarf **Reiseempfehlungen** erlassen und **grenzsanitarische Massnahmen** veranlassen (Kap. 5.3). Es sollte ein Konzept erstellen, das die lokalen Gesundheitsbehörden einbezieht, und Empfehlungen ausarbeiten, wie die Kantone im Fall einer **Einschleppung von Dengue-, Chikungunya- oder West-Nil-Fieber durch erkrankte Reisende** in eine Region mit etablierter Tigermückenpopulation (Tessin; nur während der Mückensaison) reagieren sollten. Auch sind **Sofortmassnahmen zu definieren**, wenn in der Schweiz eine **autochthone Übertragung oder Epidemie** auftritt oder wenn Stechmücken gefunden werden, die Erreger in sich tragen. In diesem Fall sind u.a. eine vermehrte Expositionsprophylaxe und weitere Massnahmen zur Sicherstellung der Diagnostik nötig.

**Die Massnahmen sind durch die kantonalen Gesundheitsbehörden zu treffen.** Wichtig ist auch, dass diese **mit der gezielten Mückenbekämpfung in betroffenen Gebieten koordiniert** werden.

## 8.3 Handlungsbedarf bei den Kantonen

### 8.3.1 Klärung der Zuständigkeiten im Kanton

Die Tigermücke ist ein gebietsfremder, invasiver Organismus, für dessen Bekämpfung gemäss Freisetzungsverordnung (FrSV) die Kantone zuständig sind. In jedem Kanton muss geklärt werden, wer die Verantwortung für die Koordination der Bekämpfung invasiver Insektenvektoren übernimmt: **die kantonale Koordinationsstelle für Neobiota oder wird eine andere Stelle beauftragt?**

Medizinische Massnahmen obliegen den kantonalen Gesundheitsbehörden. Diese treten in der Regel erst in Aktion, wenn Krankheitserreger oder Erkrankungen aufgetreten sind.

### 8.3.2 Empfohlene Vorbereitungen durch die kantonale Koordinationsstelle

Die Koordinationsstelle **evaluiert die aktuelle Bedrohungslage** im Kanton. Dies geschieht auf der Basis von

- aktuellen Monitoring-Daten zur Verbreitung der Mücken und der Viren, die sie übertragen. Diese Daten sollte der Bund den Kantonen bereitstellen (regelmässige Lageberichte, Karten zur aktuellen Ausbreitung der Mücken), möglichst zusammen mit Beurteilungskriterien (Kap.8.2.6).
- Standortfaktoren, die die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass invasive Insekten eingeschleppt werden und dass sie sich etablieren können. Dies sind zum Beispiel Hauptverkehrsachsen, Transitstrecken, Güterbahnhöfe, Häfen, Flughäfen; Gebiete in der Nachbarschaft zu Regionen mit etablierter Tigermückenpopulation und ein warmes Klima.

Auf Grundlage dieser **Risikoabschätzung** werden **Handlungsbedarf** und weitere Schritte abgeleitet (Kap. 4.4). Die Art der Bedrohungslage bestimmt, welche **finanziellen Mittel nötig sind**.

### 8.3.3 Einsetzen einer Arbeitsgruppe im Kanton

Es wird dringend empfohlen, dass **jeder Kanton frühzeitig eine Arbeitsgruppe** aus betroffenen Behörden und Interessensvertretern bildet. Dies möglichst bevor die Tigermücke aufgetreten ist, spätestens aber dann, wenn in einer Region erste Hinweise auf eine Etablierung der Tigermücke vorliegen. Sie sollte die zentralen Aufgaben im Umgang mit den Mücken übernehmen, von regelmässigen Lagebeurteilungen bis hin zur Umsetzung von Prävention und Bekämpfung.

### 8.3.4 Zusammensetzung der kantonalen Arbeitsgruppe

**Tabelle 5** listet die Funktionen auf, die im Kanton an der Erarbeitung einer Strategie und der Massnahmen gegen die Tigermücke beteiligt werden sollten. Welche kantonalen Stellen an dieser Koordinationsgruppe im Einzelnen beteiligt sind, hängt von den Zuständigkeiten ab, die in den Kantonen unterschiedlich verteilt sind. Die Homepage der KVV<sup>57</sup> enthält eine Übersicht der Fachstellen und Umweltschutzbehörden der Kantone.

Einige Kantone mussten für die Bekämpfung invasiver Neophyten (gebietsfremder Pflanzen) sowie potentiell schädlicher invasiver Neozoen (gebietsfremder Tiere) bereits eine Organisation aufbauen, die durch die Koordinationsstelle Neobiota koordiniert wird. Darin sind einige Stellen involviert (in Tabelle 5 mit \* gekennzeichnet), die auch für die Bekämpfung von invasiven Stechmücken relevant sind. Wegen des Potentials der Stechmücken, Krankheiten zu übertragen, und den spezifischen Anforderungen an deren Bekämpfung müssen dafür aber auch andere Stellen wie kantonale Gesundheitsbehörden einbezogen und eine eigene Organisation aufgebaut werden.

---

<sup>57</sup> [www.kvu.ch](http://www.kvu.ch)

**Tabelle 5**

<b>Zusammensetzung einer kantonalen Arbeitsgruppe zur Erarbeitung von Strategie und Massnahmen gegen die Tigermücke</b>		
<b>Funktion/ Thema</b>	<b>Mögliche involvierte Stellen</b>	<b>Zuständigkeiten</b>
Neobiota	Kantonale Koordinationsstelle für Neobiota* / für vektorübertragene Krankheiten	Koordination der Arbeitsgruppe
Gesundheit	Kant. Gesundheitsamt	Beizug bei Krankheitsfällen, Epidemien des Menschen
	Kantonsarzt	
Tierkrankheiten, Zoonosen	Kant. Veterinäramt	Beizug bei Krankheitsfällen oder Epidemien bei Tieren
Umwelt	Kantonale Umweltschutzbehörden (Boden, Gewässer, Abwasser)*	Beurteilung des Einsatzes von Bekämpfungsmitteln auf Umweltverträglichkeit
	Kantonale Pflanzenschutzdienste (KPSD) *	
	Fachstellen für Natur- und Landschaftsschutz*	Beurteilung des Einsatzes von Bekämpfungsmitteln im Hinblick auf geschützte Gebiete
Tourismus	Tourismusvertreter	Beurteilung der (ökonomischen) Schäden für den Tourismus
Chemikalien	Chemikalienfachstellen	Überwachung der Auswahl chemischer Insektizide und deren korrekter Einsatz
Weitere beteiligte Stellen	Kantonsförster*	Bekämpfung der Mücken auf Pflanzen/Gebüsch oder stehendem Wasser in Friedhofsvasen
	Landwirtschaftsämter*	
	Stadt- und Gemeindegärtnereien*	
	Vertreter betroffener Kommunen/ Gemeinden	u.a. Bekämpfung (Versprühen, Ausbringen von Larviziden und Adultiziden)
	Entomologen, Wissenschaftler (regional oder Schweiz)	Monitoring; Beratung bei der Einschätzung der Bedrohungslage; wissenschaftliches Knowhow zu Vektoren und deren Verbreitung

<b>Zusammensetzung einer kantonalen Arbeitsgruppe zur Erarbeitung von Strategie und Massnahmen gegen die Tigermücke</b>		
Weitere zur Bekämpfung beigezogene Institutionen	Beauftragte Unternehmen	Bekämpfung (Versprühen, Ausbringen von Larviziden und Adultiziden)
	Zivilschutz	Bekämpfung (Versprühen, Ausbringen von Larviziden und Adultiziden); grossflächige Bekämpfung mit Helikoptern
	Gemeinde- oder kantonsübergreifende Organisation zur Bekämpfung der Mücken	Bekämpfung (Versprühen, Ausbringen von Larviziden und Adultiziden); grossflächige Bekämpfung mit Helikoptern
	KantonsapothekerInnen	Lagerung und Bereithaltung der Bekämpfungsmittel

\* Stellen, die in einigen Kantonen bereits heute an der kantonalen Organisation zur Bekämpfung von invasiven Neophyten und umweltschädlichen Neozoa beteiligt sind.

### 8.3.5 Mögliche Aufgaben der kantonalen Arbeitsgruppe

Die Aufgaben sind vielfältig und erfordern je nach Betroffenheit des Kantons Aktivitäten in verschiedenen Bereichen:

#### *Vorbereitung*

Die Arbeitsgruppe

- **berät die betroffenen Stellen**, u.a. die kantonalen Gesundheitsbehörden.
- prüft oder erarbeitet **kantonale Rechtsgrundlagen**; besonders klärt sie ab, ob
  - eine rechtliche Grundlage dafür besteht, dass der Kanton gewisse Massnahmen an die Gemeinden delegieren kann<sup>58</sup>.
  - die Gemeinden (personell und finanziell) für das Monitoring und die Bekämpfung aufkommen müssen.
- veranlasst, dass **finanzielle Mittel** zur Verfügung gestellt werden.
- erstellt für den Kanton ein **Konzept** zur Prävention und Bekämpfung invasiver Mücken.
- erarbeitet einen **Massnahmenplan und setzt ihn um**. Die Massnahmen sollten abhängig sein von der Situation und vom Grad der Verbreitung der Tigermücke (Definition von Schwellenwerten).
- **eruiert Stellen, die für die Bekämpfung geeignet sind**<sup>59</sup>.

<sup>58</sup> Im Kanton Tessin hat sich gezeigt, dass eine Bekämpfung ohne Beteiligung der Gemeinden kaum möglich ist.

<sup>59</sup> Die Mückenexperten des Kantons Tessin könnten auf Grund ihrer eigenen beschränkten Ressourcen den anderen Kantonen höchstens in Einzelfällen aushelfen; mittelfristig ist dies ungenügend.

- **beurteilt laufend das Risiko** auf der Basis der Monitoring-Befunde und aus den relevanten Standortfaktoren des Kantons (vgl. Kap. 8.3.2).
- trifft sich oder tauscht sich aus mit betroffenen Stellen aus **Nachbarkantonen**
- **kommuniziert mit allen Stakeholdern** (Bund, Kantone, Bevölkerung)

#### *Prävention und Bekämpfung*

Die Arbeitsgruppe

- **koordiniert das Monitoring** (Aufstellen der Fallen, Analytik) **und die Bekämpfung**
- **stellt das Material** für Monitoring und Bekämpfung zur Verfügung (in Absprache mit den Gemeinden)
- **instruiert das Personal**, das die Bekämpfungsmittel einsetzt (Insektizide durch Fachbewilligungsinhaber)
- erstellt und verteilt **Informationsmaterial an Bevölkerung und Betroffene**
- **evaluiert laufend** die erfolgten Massnahmen
- **verwaltet die finanziellen Mittel**

### **8.3.6 Koordination Bund - Kantone**

Der Austausch **zwischen Bund und Kantonen** kann verbessert und eine Plattform geschaffen werden, die den Informationsfluss und die Koordination zwischen Kantonen und Bund sicherstellt. Auch bei den **Kantonen untereinander** gibt es im Bereich der invasiven Stechmücken bisher noch keine systematische Zusammenarbeit. Mit steigenden Aktivitäten der Kantone wird es aber wichtiger, dass diese koordiniert werden. Unabdingbar ist dabei der **Einbezug von Experten**, da diese das nötige Fachwissen für die Festlegung des weiteren Vorgehens mitbringen.

## 9 Fazit

Schon früh im Verlauf dieser Arbeit zeigte sich, dass ich mich mit der Biologie der Tigermücke und ihrer Prävention und Bekämpfung vertieft beschäftigen musste, um aufzuzeigen, welche Aufbauarbeit in der Schweiz nötig ist. Das gewählte Vorgehen für diese Arbeit, nach eingehender Literaturrecherche Experten zu konsultieren, war ein guter Weg, diese Informationen zusammenzutragen, nicht zuletzt wegen der grossen Offenheit der Befragten.

Die Situation im Kanton Tessin unterscheidet sich vom Rest der Schweiz. Im Tessin ist man damit konfrontiert, dass die Bekämpfung der Tigermücke mit den bestehenden Ressourcen kaum noch in den Griff zu bekommen ist. Es müssen vermehrt Prioritäten gesetzt und nach Möglichkeit zusätzliche Ressourcen für die Bekämpfung bereitgestellt werden. Und es braucht Vorbereitungen für den Fall, dass das Dengue- oder Chikungunya-Fieber in eine Region mit etablierter Tigermückenpopulation eingeschleppt wird oder eine autochthone Übertragung auftritt. Insbesondere müssen die Gesundheitsbehörden Massnahmen vorbereiten und diese mit den Experten der Mückenbekämpfung koordinieren, damit im Ernstfall schnell reagiert werden kann.

Für die übrige Schweiz besteht nach Expertenmeinung heute kein akutes Risiko, dass die Tigermücke sich etabliert. Aber mit einer Ausbreitung in den kommenden Jahren wird gerechnet. Die Analyse in dieser Arbeit zeigt, dass es eine jahrelange Aufbauarbeit braucht, um wirksam auf eine Invasion der Tigermücke reagieren zu können. Einzelne Kantone sind auf Grund ihrer geografischen Region und ihrer Funktion als Verkehrsknotenpunkte eher gefordert und sollten nach meiner Einschätzung spätestens in den nächsten zwei bis drei Jahren mit Vorbereitungen beginnen.

Die Mückenexperten des Kantons Tessin und der übrigen Schweiz bilden eine kleine Gruppe mit grossem Fachwissen, die international gut vernetzt ist. Die Stellen, die bei Bund und Kantonen für die Koordination verantwortlich sind, müssen diese Expertise bei ihren weiteren Schritten unbedingt einbeziehen. Besonders das im Tessin gewonnene Knowhow und die erstellten Hilfsmittel sollten den Koordinationsstellen noch besser zugänglich gemacht werden. Eine weitere Herausforderung ist aus meiner Sicht, die Zusammenarbeit zwischen Fachexperten und den Bekämpfungsstellen der Behörden auszubauen.

Viele Fragestellungen dieser Arbeit – besonders beim Einsatz von Insektiziden – gelten auch für andere Krankheitsüberträger und schädliche Insekten, die in der Schweiz ein Problem sind oder es zukünftig noch werden können (z.B. die Buschmücke).

## 10 Literatur

Die angegebenen Internetlinks sind am 31. März 2013 auf ihre Erreichbarkeit geprüft worden. Es ist aber davon auszugehen, dass einige Links im Lauf der Zeit überholt sein werden. In diesem Fall können die Quellen über Suchkriterien (Titel, Autor) gesucht werden.

### 10.1 Literatur (Fachliteratur, Vorträge, Internetlinks)

- Abramides GC, Roiz D, Guitart R, Quintana S, Guerrero I, Giménez N.** *Effectiveness of a multiple intervention strategy for the control of the tiger mosquito (Aedes albopictus) in Spain.* Trans R Soc Trop Med Hyg 2011; 105:281–288. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21466887](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21466887)
- Allpeco Fachverband** «all-pest-control» [www.allpeco.ch](http://www.allpeco.ch)
- Alphey L, Benedict M, Bellini R, Clark GG, Dame DA, Service MW, Dobson SL.** *Sterile-insect methods for control of mosquito borne diseases: An analysis.* Vector Borne Zoonotic Dis 2010; 10:295–311. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19725763>
- Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, PoC, Petropulacos K, Macini P, Fiorentini C, Fortuna C, Venturi G, Romi R, Majori G, Nicoletti R, Rezza G & Cassone A.** *An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy.* Eurosurveillance. 2007 September 6 [www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3260](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3260)
- Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, PoC, Petropulacos K, Silvi G, Macini P, Fortuna C, Venturi G, Magurano F, Fiorentini C, Marchi A, Benedetti E, Bucci P, Boros S, Romi R, Majori G, Ciufolini MG, Nicoletti L, Rezza G, Cassone A.** *Chikungunya in north-eastern Italy: a summing up of the outbreak* Eurosurveillance, Volume 12, Issue 47, 22 November 2007 [www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3313](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3313)
- Anmeldestelle Chemikalien 2012:** Listen der bioziden Wirkstoffe [www.bag.admin.ch/anmeldestelle/00925/00937/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/anmeldestelle/00925/00937/index.html?lang=de)
- Audifax B 2006** *L'épidémie à virus chikungunya à La Réunion et à Mayotte.* Rapport d'information, no. 3242, Commission des affaires culturelles. XII Législature, Assemblée Nationale, Francia: 81-82. <http://www.assemblee-nationale.fr/12/rap-info/i3242.asp>
- AWEL Umweltpraxis Nr. 38 Sept. 2004** *Pflanzenschutzmittel belasten Flüsse und Bäche* [www.umweltschutz2.zh.ch/db/pdf/ZUP38-04\\_Pflanzenschutzmittel.pdf](http://www.umweltschutz2.zh.ch/db/pdf/ZUP38-04_Pflanzenschutzmittel.pdf)
- BAFU/BAG 2011** *Konzept 2011 für die Bekämpfung der Tigermücke Aedes albopictus und der von ihr übertragenen Krankheiten in der Schweiz* [www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/23530.pdf](http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/23530.pdf)
- BAFU 2012** *Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz, Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012* [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01673/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01673/index.html?lang=de)
- BAFU Magazin «umwelt» 3/2009,** *Jagd auf die Tigermücke`* [www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/08880/08916/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/umwelt/08880/08916/index.html?lang=de)
- BAFU Fachtagung Biotechnologie 2009,** Präsentationen Tessin
- BAG Bulletin wöchentliche Ausgaben** [www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/13591/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/13591/index.html?lang=de)
- BAG Bulletin 26, 26. Juni 2006,** *Überwachung und Kontrolle der asiatischen Tigermücke, Aedes (Stegomyia) albopictus, im Kanton Tessin* [www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/01795/index.html?lang=de&sort=ta](http://www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/01795/index.html?lang=de&sort=ta)
- BAG 2011** *Bericht zur Kampagne Kontrolle der Schädlingsbekämpfungsbetriebe und Ausbildungsstand 2. Sept. 2009 bis 6. Juni 2011* [www.fsd-vss.ch/sites/default/files/aktuelles/kampagne\\_schaedlingsbek\\_bericht\\_bag-d.pdf](http://www.fsd-vss.ch/sites/default/files/aktuelles/kampagne_schaedlingsbek_bericht_bag-d.pdf)
- BAG,** Meldepflichtige Infektionskrankheiten, wöchentliche Fallzahlen [www.bag.admin.ch/k\\_m\\_meldesystem](http://www.bag.admin.ch/k_m_meldesystem)
- BAG FAQs zur Tigermücke 2012:** [www.bafu.admin.ch/tiere/09262/09441/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/tiere/09262/09441/index.html?lang=de)
- Bassetti S,** *Medizinische Klinik, Kantonsspital Olten, Neue Infektionskrankheiten in der Schweiz durch den Klimawandel?* Schweiz Med Forum 2009;9(50):905 [www.so-h.ch/fileadmin/user\\_upload/solothurner\\_spitaeler\\_ag/Wissenschaftliche\\_Publikationen/pdf/Klima\\_Infectionen\\_SMF\\_09.pdf](http://www.so-h.ch/fileadmin/user_upload/solothurner_spitaeler_ag/Wissenschaftliche_Publikationen/pdf/Klima_Infectionen_SMF_09.pdf)

- BAUA** Registrierungsossier zu Device GR2, Diflubenzuron  
[www.kwizda-agro.at/media/medialibrary/2011/12/Device\\_GR2.pdf](http://www.kwizda-agro.at/media/medialibrary/2011/12/Device_GR2.pdf)
- BAUA Präsentation 7.3.2012** Zulassungssituation nach Biozidrecht  
[www.bfr.bund.de/cm/343/zulassungssituation-nach-biozidrecht.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/zulassungssituation-nach-biozidrecht.pdf)
- Becker, N. (2009)** *Die Rolle der Globalisierung und Klimaveränderung auf die Entwicklung von Stechmücken und von ihnen übertragenen Krankheiten in Zentral-Europa* Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung 21(2), 212–222. <http://dx.doi.org/10.1007/s12302-009-0049-1>
- Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Dahl C, Madon M, Kaiser A** *Mosquitoes and their control*, second edition. Springer 2010; 577p. [www.springer.com/life+sciences/animal+sciences/book/978-3-540-92873-7](http://www.springer.com/life+sciences/animal+sciences/book/978-3-540-92873-7)
- Becker N, Huber K, Pluskota B, Kaiser A** *Ochlerotatus japonicus japonicus—a newly established neozoan in Germany and a revised list of the German mosquito fauna*. Eur Mos Bull 2011; 29:88–102  
<http://e-m-b.org/sites/e-m-b.org/files/EMB%2829%2989-102.pdf>
- Becker N, Jöst H, Ziegler U, Eiden M, Höper D, Emmerich P, Fichet-Calvet E, Ehichioya DU, Czajka C, Gabriel M, Hoffmann B, Beer M, Tenner-Racz K, Racz P, Günther S, Wink M, Bosch S, Konrad A, Pfeffer M, Groschup MH, Schmidt-Chanasit J.** *Epizootic emergence of Usutu virus in wild and captive birds in Germany*. PLoS One. 2012;7(2):e32604  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3289667/?tool=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3289667/?tool=pubmed)
- Beratungsstelle Schädlingsbekämpfung der Stadt Zürich 2012** Merkblatt Aisatische Tigermücke  
[www.stadt-zuerich.ch/schaedlingsbekaempfung](http://www.stadt-zuerich.ch/schaedlingsbekaempfung)
- Bernasconi E (2010)** *Surveillance et épidémiologie du moustique tigre (Aedes albopictus) dans le Canton Tessin. Master en biologie des parasites et écoéthologie*. Master Université de Neuchâtel.
- Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin**, Pressemitteilung Nr. 5/2011 *Erfolg für Frühwarnsystem Amselsterben in Süddeutschland: Tropisches Virus gefunden*  
[www.kabsev.de/Seiten/Extern/Dokumente/pmi\\_amsel-usutuvirus\\_1109142.pdf](http://www.kabsev.de/Seiten/Extern/Dokumente/pmi_amsel-usutuvirus_1109142.pdf)
- Blum JA und Hatz CF** *Dengue- und Chikungunya-Fieber in der Allgemeinpraxis; Die zwölf wichtigsten Fragen* Schweiz Med Forum 2009;9(35):610  
[www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01066/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01066/index.html?lang=de)
- Boyer S.** *Sterile insect technique: targeted control without insecticide* Med Trop (Mars). 2012 Mar; 72 Spec No:60-2 [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22693930](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22693930)
- Braks M, van der Giessen J, Kretzschmar M, van Pelt W, Scholte EJ, Reusken C, Zeller H, van Bortel W, Sprong H** *Towards an integrated approach in surveillance of vector-borne diseases in Europe*. Parasites Vectors 2011; 4:192 [www.parasitesandvectors.com/content/4/1/192](http://www.parasitesandvectors.com/content/4/1/192)
- Busvine RJ** *Disease transmission by insects, Its discovery and 90 years of effort to prevent it*, 1993 Springer-Verlag
- Butler D** *Europe on alert for flying invaders, Spread of disease-carrying mosquitoes prompts guidelines for boosting surveillance*, Nature News Vol. 489, S.187–188, 13.9.2012.  
[www.nature.com/news/europe-on-alert-for-flying-invaders-1.11388](http://www.nature.com/news/europe-on-alert-for-flying-invaders-1.11388)
- BVET 2011** *Konzept zur Überwachung und Prävention von West-Nil-Fieber*  
[www.BVET.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de](http://www.BVET.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de)
- BVET 2012** (Irma Glatt, Ruth Hauser) *West-Nil Virus, Lagebeurteilung der Seuche in der Schweiz*.  
[www.BVET.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de](http://www.BVET.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de)
- Caminade C, Medlock JM, Ducheyne E, McIntyre KM, Leach S, Baylis M and Morse A (2012)** *Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito Aedes albopictus: recent trends and future scenarios*. J R Soc Interface Epub 25 April 2012  
<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/early/2012/04/25/rsif.2012.0138.full.pdf+html>
- Carrieri M, Bacchi M, Bellini R, Maini S (2003)** *On the competition occurring between Aedes albopictus and Culex pipiens (Diptera: Culicidae) in Italy*, Environ. Entomol. 32, 1313 - 1321  
[www.bioone.org/doi/abs/10.1603/0046-225X-32.6.1313?journalCode=enve](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1603/0046-225X-32.6.1313?journalCode=enve)
- Carrieri M., Bellini R, Maccaferri S, Gallo L, Maini S & Celli G (2008)**, *Tolerance Thresholds for Aedes albopictus and Aedes caspius in Italian Urban Areas*, Journal of the American Mosquito Control Association 24(3), 377–386. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18939689](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18939689)

- Carrieri M, Albieri A, Angelini P, Baldacchini F, Venturelli C, Zeo SM, and Bellini R (2011)** *Surveillance of the chikungunya vector Aedes albopictus (Skuse) in Emilia-Romagna (northern Italy): organizational and technical aspects of a large scale monitoring system*, Journal of Vector Ecology 36 (1): 108-116, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1948-7134.2011.00147.x/pdf>
- CDC Dengue 2012** *Interactive map of global dengue activity* [www.cdc.gov/dengue/](http://www.cdc.gov/dengue/)
- CDC West-Nil-Virus 2012** [www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile/index.htm](http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile/index.htm)
- Cristo B, Loru L, Sassu A, Pantaleoni RA (2006)** *The Asian tiger mosquito again in Sardinia* Bulletin of Insectology 59 (2), S. 161-162 [www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol59-2006-161-162cristo.pdf](http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol59-2006-161-162cristo.pdf)
- Delatte H, Paupy C, Dehecq JS, Thiria J, Failloux AB and Fontenille D (2006)** *Aedes albopictus, vector of chikungunya and dengue viruses in Réunion Island: biology and control* Parasite. 2008 Mar;15(1):3-13. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18416242](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18416242)
- Delaunay P, Jeannin C, Schaffner F, Marty P** *News on the presence of the tiger mosquito Aedes albopictus in metropolitan France*, Arch Pediatr. 2009 Oct;16 Suppl 2: S66-71. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19836679](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19836679)
- Depoortere ED, Coulombier D** Chikungunya risk assessment group *Chikungunya risk assessment for Europe: recommendations for action*, Eurosurveillance 2006, Volume 11, Issue 19 [www.eurosurveillance.org/viewarticle.aspx?articleid=2956](http://www.eurosurveillance.org/viewarticle.aspx?articleid=2956)
- Devaux CA** *Emerging and re-emerging viruses: A global challenge illustrated by Chikungunya virus outbreaks*, World J Virol 2012 February 12; 1(1): 11-22, [www.wjgnet.com/2220-3249/pdf/v1/i1/11.pdf](http://www.wjgnet.com/2220-3249/pdf/v1/i1/11.pdf)
- DGMEA 2011** *Bericht zur Tagung des Arbeitskreises „Medizinische Arachno-Entomologie“ (Tagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Entomologie und Acarologie (DGMEAe.V.)) vom 20. bis 22. September in Leipzig* [www.dgmea.de/pdf/2011%20Leipzig/Leipzig2011.pdf](http://www.dgmea.de/pdf/2011%20Leipzig/Leipzig2011.pdf)
- Dieng H, Saifur RGM, Hassan AA, Salmah MRC, Boots M, Satho T; Jaal Z; AbuBakar S** *Indoor-breeding of Aedes albopictus in northern peninsular Malaysia and its potential epidemiological implications*. PLoS One 2010; 27:e11790; [www.plosone.org/article/info:doi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0011790](http://www.plosone.org/article/info:doi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0011790)
- ECDC meeting report (2006)**, *Consultation on Chikungunya risk assessment for Europe*, Stockholm, 30 March 2006 [http://ecdpc.europa.eu/documents/pdf/Final\\_chik\\_meeting\\_report.pdf](http://ecdpc.europa.eu/documents/pdf/Final_chik_meeting_report.pdf)
- ECDC 2007** *Mission report Chikungunya in Italy, Joint ECDC/WHO visit for a European risk assessment 17.9-21.9 2007* [www.mosquitoscience.net/pdfs/071020-CHK-report-EU.pdf](http://www.mosquitoscience.net/pdfs/071020-CHK-report-EU.pdf)
- ECDC**. *Chikungunya in Italy: actions in and implications for the European Union*. Euro Surveill. 2007;12(36):pii=3261 [www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3261](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3261)
- ECDC Technical Report 2009** *Development of Aedes albopictus risk maps Stockholm* [http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0905\\_TER\\_Development\\_of\\_Aedes\\_Alboipictus\\_Risk\\_Maps.pdf](http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/0905_TER_Development_of_Aedes_Alboipictus_Risk_Maps.pdf)
- ECDC Meeting report 2011** *Expert consultation on guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes Stockholm, 8–9 December 2011*; <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/1203-MER-ECDC-Expert-consultation-on-mosquito-surveillance-guidelines.pdf>
- ECDC 2012** *Diseases and disease vectors* [http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/aedes\\_albopictus/Pages/index.aspx](http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/aedes_albopictus/Pages/index.aspx)
- ECDC 2012**, *VBORNET maps Mosquitoes* [http://ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging\\_and\\_vector\\_borne\\_diseases/Pages/VBORNET\\_maps.aspx](http://ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging_and_vector_borne_diseases/Pages/VBORNET_maps.aspx)
- ECDC Juli 2012** *Technical report The climatic suitability for dengue transmission in continental Europe* Stockholm: ECDC <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/TER-Climatic-suitability-dengue.pdf>
- ECDC August 2012** *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe*. Stockholm: ECDC; 2012. Stockholm, ISBN 978-92-9193-378-5 <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/TER-Mosquito-surveillance-guidelines.pdf>
- ECDC Okt. 2012** *Rapid Risk assessment Autochthonous dengue cases in Madeira, Portugal 10 October 2012*; <http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/Dengue-Madeira-Portugal-risk-assessment.pdf>
- Eliminate Dengue Project 2012** [www.eliminatedengue.com](http://www.eliminatedengue.com)
- ENIVD 2012** *Fact sheets importierte virale Krankheiten* [http://enivd.de/FS/fs\\_encdiseases.htm](http://enivd.de/FS/fs_encdiseases.htm)
- Entente interdepartementale de Demoustication 2012** <http://www.eid-rhonealpes.com>
- EPA 2006** *Fact sheet zu Permethrin* [www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/factsheets/permethrin\\_fs.htm](http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/factsheets/permethrin_fs.htm)
- EPA 2010** *Product Performance Test Guidelines for Public Health Uses of Antimicrobial Pesticide Products* [www.epa.gov/ocsp/pubs/frs/home/guidelin.htm](http://www.epa.gov/ocsp/pubs/frs/home/guidelin.htm)
- EPA 2012** *Synthetic Pyrethroids For Mosquito Control* [www.epa.gov/mosquitocontrol/Synthetic\\_Pyrethroids.html](http://www.epa.gov/mosquitocontrol/Synthetic_Pyrethroids.html)
- EPA 2012** *Controlling Mosquitoes at the Larval Stage* (mit Fact sheets zu Larviziden) [www.epa.gov/mosquitocontrol/Larvicides.html](http://www.epa.gov/mosquitocontrol/Larvicides.html)

- ESOVE Oktober 2012** Meeting Montpellier *From biology to integrated control in a changing world*;  
[www.esove2012.eu/media/fichiers/abstract-book\\_esove-2012](http://www.esove2012.eu/media/fichiers/abstract-book_esove-2012)
- FAO 2003** *International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides*  
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4544e/y4544e00.pdf>
- Fischer D, Thomas SM, Niemitz F, Reineking B; Beierkuhnlein C** (2011): *Projection of climatic suitability for Aedes albopictus Skuse (Culicidae) in Europe under climate change conditions*.  
 Global and Planetary Change, 78(1-2), 54-64  
[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818111000798](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818111000798)
- Flacio E, Lüthy P, Patocchi N, Peduzzi R, Guidotti F & Radczuweit S** *Bericht 2006 zur Überwachung und Bekämpfung der asiatischen Tigermücke, Aedes albopictus, im Kanton Tessin*.  
 Jahresbericht 2006 Gruppo lavoro zanzare, Divisione della salute pubblica, 6501 Bellinzona, 1-10  
[www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/Rapporto2006ZanzaraTigre.pdf](http://www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/Rapporto2006ZanzaraTigre.pdf)
- Flacio E, Luethy P, Patocchi N, Guidotti F, Tonolla M, Peduzzi R (2004)** *Primo ritrovamento di Aedes albopictus in Svizzera*. Boll. Soc. Tic. Sci. Nat. 92: 141-142. (ISSN 079-1254)
- Flacio E, GLZ** *Lotta contro la zanzara tigre: sorveglianza* Version Auf. 2012
- Flacio E, GLZ** *Lotta contro la zanzara tigre: sorveglianza istruzione operativa* Version Sept.2012
- Flacio E, GLZ** *Lotta contro la zanzara tigre: controlla* Version Aug. 2012
- Flacio E, GLZ** *Lotta contro la zanzara tigre: Trattamenti istruzione operativa* Version Okt. 2009
- Flacio E, GLZ** *Lotta contro la zanzara tigre: organizzazione del Gruppo lavoro Zanzare* Aug. 012
- Flacio E, GLZ** *Lotta contro la zanzara tigre: comunicazione* Version Aug. 2012
- Flugblatt zur Tigermücke 2012** für die Information der Bevölkerung (Beseitigung Brutstätten)  
[www.eid-rhonealpes.com/albopictus/plaquette-demoustication-albopictus.pdf](http://www.eid-rhonealpes.com/albopictus/plaquette-demoustication-albopictus.pdf)
- Goddard J** *Infectious diseases and arthropods*, 2. ed. 2010 Humana Press
- Gould EA, Gallian P, De Lamballerie X, Charrel RN.** *First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality?* Clin Microbiol Infect 2010; 12:1702–1704.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-0691.2010.03386.x/pdf>
- Gould EA, Higgs S.** *Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases*. Trans R Soc Trop Med Hyg 2009; 130:109–121.  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2915563/pdf/nihms-220829.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2915563/pdf/nihms-220829.pdf)
- Grandadam M, Caro V, Plumet S, Thiberge JM, Souarès Y, Failloux AB, Tolou HJ, Budelot M, Cosserat D, Leparç-Goffart I, Desprès P.** *Chikungunya virus, southeastern France*. Emerg Infect Di. 2011; 17:910–913 [wwwnc.cdc.gov/eid/article/17/5/10-1873\\_article.htm](http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/17/5/10-1873_article.htm)
- Gratz NG (2004)** *Critical review of the vector status of Aedes albopictus*. Med Vet. Entomol.; 18: 215–27 ;  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0269-283X.2004.00513.x/pdf>
- Gruppo di lavoro zanzare 2006, Eleonora Flacio, Peter Lüthy, Nicola Patocchi, Raffaele Peduzzi, Flavio Guidotti, Stefano Radczuweit** Divisione della salute pubblica, Dipartimento della sanità e della socialità, 6501 Bellinzona *Bericht 2006 Überwachung und Bekämpfung der asiatischen Tigermücke Aedes albopictus im Kanton Tessin*  
[www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/Rapporto2006ZanzaraTigre.pdf](http://www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/Rapporto2006ZanzaraTigre.pdf)
- Gruppo di lavoro zanzare: Monitoraggio 2009** *Zanzara tigre (Aedes albopictus) in Ticino*  
[www3.ti.ch/DSS/cartellastampa/ppt-cartella-stampa-917356244517.ppt](http://www3.ti.ch/DSS/cartellastampa/ppt-cartella-stampa-917356244517.ppt)
- Gruppo operativo del Gruppo di lavoro zanzare 2007**, Divisione della salute pubblica, Dipartimento della sanità e della socialità, 6501 Bellinzona  
*La zanzara tigre asiatica, Aedes albopictus: una minaccia per il Cantone Ticino*  
*Die Asiatische Tigermücke, Aedes albopictus: eine Bedrohung für den Kanton Tessin*  
[www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/ZanzaraTigre-MinacciaTicino.pdf](http://www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/ZanzaraTigre-MinacciaTicino.pdf)
- Gruppo operativo del Gruppo di lavoro zanzare 2010**, Flyer für Bevölkerung zur Bekämpfung  
[www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/VolantinoZT\\_DEU\\_2010.pdf](http://www4.ti.ch/fileadmin/DSS/DSP/GOSA/documenti/VolantinoZT_DEU_2010.pdf)
- Gubler DJ.** *The continuing spread of West Nile Virus in the western hemisphere*. Clin Infect Dis. 2007;45:1039–46  
[http://web.me.com/bensaxon/CBS\\_Residency/Topic\\_Teaching/Entries/2007/12/14\\_West\\_Nile\\_Virus\\_files/WNV%20in%20W%20Hemisphere\\_Emerging%20Infections.pdf](http://web.me.com/bensaxon/CBS_Residency/Topic_Teaching/Entries/2007/12/14_West_Nile_Virus_files/WNV%20in%20W%20Hemisphere_Emerging%20Infections.pdf)
- Von Hirsch H und Becker N** *Cost-benefit analysis of mosquito control operations based on microbial control agents in the upper Rhine valley (Germany)*. Journal of the European Mosquito Control Association-European Mosquito Bulletin 2009, 27: 47-55  
<http://e-m-b.org/sites/e-m-b.org/files/EMB%2827%2947-55.pdf>
- Hoffmann AA, Montgomery BL, Popovici J, Iturbe-Ormaetxe I, Johnson PH, Muzzi F, Greenfield M, Durkan M, Leong YS, Dong Y, Cook H, Axford J, Callahan AG, Kenny N, Omodei C, McGraw EA, Ryan PA, Ritchie SA, Turelli M, O'Neill SL** 2011 *Successful establishment of Wolbachia in Aedes populations to suppress dengue transmission*. Nature 476: 454–457  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21866160](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21866160)

- Holder P, George S, Disbury M, Singe, M, Kean, J M, and McFadden A.** *A biosecurity response to Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in Auckland, New Zealand.* J med Ent 2010; 47:600–609. DOI: 10.1603/ME09111 [www.bioone.org/doi/abs/10.1603/ME09111](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1603/ME09111)
- Honorio NA, Silva WC, Leite PJ, Goncalves JM, Lounibos LP, and Lourenco-de-Oliveira R.** 2003. *Dispersal of Aedes aegypti and Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in an urban endemic dengue area in the state of Rio de Janeiro, Brazil.* Mem. Inst. Oswaldo Cruz 98: 191–198 [www.scielo.br/scielo.php?pid=S0074-02762003000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0074-02762003000200005&script=sci_arttext)
- Huber K, Jost A, Becker N, Pluskota B.** 2011 *Surveillance and control of the invasive and established species Ochlerotatus japonicus in south Germany.* Presentation to the 6th European Mosquito Control Association Workshop, 12–15th September 2011, Budapest, Hungary. [www.diamond-congress.hu/emca2011/doc/booklet\\_final.pdf](http://www.diamond-congress.hu/emca2011/doc/booklet_final.pdf)
- Hulme PE, Nentwig W, Pyšek P and Vilà M.** 2010 *How to deal with invasive species? - A proposal for Europe.* in Settele et al. *Atlas of Biodiversity in Europe.* Pensoft, Sofia. Pp: 165-166. [www.montsevilla.org/bookschapters/Hulme\\_et al2010Atlas.pdf](http://www.montsevilla.org/bookschapters/Hulme_et al2010Atlas.pdf)
- Informationsdienst Wissenschaft Pressemitteilung 18.02.2011 Neues gemeinsames Großprojekt: Die deutsche Mückenlandschaft – Forschung am blutsaugenden Insekt**  
<http://idw-online.de/pages/de/news409770>
- Institut de Veille Sanitaire (InVS),** Internetseite zu vektorübertragenen Krankheiten  
[www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle](http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-infectieuses/Maladies-a-transmission-vectorielle)
- Invasive Species Specialist Group (2012).** *Global Invasive Species Database—Aedes albopictus.*  
[www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=109&fr=1&sts=sss&lang=EN](http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=109&fr=1&sts=sss&lang=EN)
- International programme on chemical safety (IPCS)** mit Grunddaten zu einzelnen chemischen Substanzen wie Anwendung, kommerzielle Produkte, Toxikologie bei Mensch und Tier  
[www.inchem.org/pages/ehc.html](http://www.inchem.org/pages/ehc.html)
- IRAC Manual** *Prevention and management of insecticide resistance in vectors of public health importance,* 2010, 2. Ed. [www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/VM-Layout-v2.6\\_LR.pdf](http://www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/VM-Layout-v2.6_LR.pdf)
- IRAC 2012 Mode of Action (MoA) Classification for active ingredients useful in vector control**  
[www.irac-online.org/teams/mode-of-action/](http://www.irac-online.org/teams/mode-of-action/)
- Jöst H, Bialonski A, Maus D, Sambri V, Eiden M, Groschup MH, Günther S, Becker N, Schmidt-Chanasit J:** *Isolation of Usutu virus in Germany.* Am J Trop Med Hyg. 2011 Sep;85(3):551-3  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3163883/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3163883/)
- Kalifornien Department of Public Health**  
*Best Management Practices for Mosquito Control on California State Properties 2008*  
[www.cdph.ca.gov/HealthInfo/discond/Documents/CDPHBMPMosquitoControl6\\_08.pdf](http://www.cdph.ca.gov/HealthInfo/discond/Documents/CDPHBMPMosquitoControl6_08.pdf)
- Kalifornien Orange County Vector Control District**  
*Vector Reduction Manual: Procedures and Guidelines.*  
[www.ocvcd.org/documents/VectorReductionFinal.pdf](http://www.ocvcd.org/documents/VectorReductionFinal.pdf)  
Integrated Vector Management & Response Plan May 11, 2010  
[www.ocvcd.org/documents/CA\\_Integrated\\_VMRG\\_6-9-10.pdf](http://www.ocvcd.org/documents/CA_Integrated_VMRG_6-9-10.pdf)
- Kawada H, Maekawa Y, Abe M, Ohashi K, Ohba S, Takagi M** *Spatial distribution and pyrethroid susceptibility of mosquito larvae collected from catch basins in parks in Nagasaki city, Nagasaki, Japan.* Jpn J Infect Dis 2010; 63:19–24. [www0.nih.go.jp/JJID/63/19.pdf](http://www0.nih.go.jp/JJID/63/19.pdf)
- Kull C 2008** *Das Klima ändert - und was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz,* Organe consultatif sur les changements climatiques (Occc) Bern  
<http://se-server.ethz.ch/staff/af/fi159/F/Fi139.pdf>
- Kittayapong P, Yoksan S, Chansang U, Chansang C and Bhumiratana A** *Suppression of Dengue Transmission by Application of Integrated Vector Control Strategies at Sero-Positive GIS-Based Foci* Am. J. Trop. Med. Hyg., 78(1), 2008, pp. 70–76 [www.ajtmh.org/content/78/1/70.full.pdf](http://www.ajtmh.org/content/78/1/70.full.pdf)
- Kobayashi M, Nihei N, Kurihara T.** *Analysis of northern distribution of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in Japan by geographical information system.* J Med Entomol 2002; 39(1):4-11.  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11931270](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11931270)
- Konrad A** *Usutuviren-assoziiertes Bestandseinbruch bei Amseln in der nördlichen Oberrheinischen Tiefebene,* Avifauna-Nordbaden, 42, 2. November 2011 [www.avifauna-nordbaden.de/dateien/usuv\\_2011.pdf](http://www.avifauna-nordbaden.de/dateien/usuv_2011.pdf)
- Knudsen AB, Romi R, Majori G.** *Occurrence and spread in Italy of Aedes albopictus, with implications for its introduction into other parts of Europe.* J Am Mosq Control Assoc 1996;12:177-83  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8827590](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8827590)
- La Roche G, Souare`s Y, Armengaud A, F Peloux-Petiot, Delaunay P, Desprès P, Lenglet A, Jourdain F, Leparç-Goffart I, Charlet F, Ollier L, Mantey K, Mollet T, Fournier JP, Torrents R, Leitmeyer K, Hilaret P, Zeller H, Van Bortel W, Dejour-Salamanca D, Grandadam M, Gastellu-Etchegorry M** *First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France,* September 2010. Euro Surveill 2010; 15:pil=19676. [www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V15N39/art19676.pdf](http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V15N39/art19676.pdf)

- Ledrans M, Quatresous I, Renault P, Pierre V.** *Outbreak of chikungunya in the French Territories, 2006: lessons learned.* Eurosurveillance. 2007 [www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3262](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=3262)
- KABS 2012** Biologische Bekämpfung am Oberrhein [www.kabsev.de](http://www.kabsev.de)
- KUTLAR JOSS M.** *Durch Mücken übertragene Infektionskrankheiten in der Schweiz. Master Thesis in Public Health (University Basel, Bern and Zürich) 2010*
- Lüthy P., Flacio E, Guidotti F & Peduzzi R (2006)** *Überwachung und Kontrolle der asiatischen Tigermücke, Aedes (Stegomyia) albopictus, im Kanton Tessin.* BAG-Bulletin, 26:501-504  
[www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/01795/index.html?lang=de&sort=ta](http://www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/01795/index.html?lang=de&sort=ta)
- Maxmen A.** *Malaria surge feared, The WHO releases action plan to tackle the spread of insecticide-resistant mosquitoes.* (7. Mai 2012) Nature Vol. 485 : 293  
[www.nature.com/polopoly\\_fs/1.10643!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/485293a.pdf](http://www.nature.com/polopoly_fs/1.10643!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/485293a.pdf)
- Medlock JM, Hansford KM, Schaffner F, Versteirt V, Hendrickx G, Zeller H, and Van Bortel W.** *A Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options* Vector-Borne and Zoonotic Diseases. June 2012, 12(6): 435-447  
<http://online.liebertpub.com/doi/pdf/10.1089/vbz.2011.0814>
- Ministère du travail, de l'emploi et de la santé, 2012** *Guide relatif aux modalités de mise en œuvre du plan anti-dissémination du chikungunya et de la dengue en métropole*  
[www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/circulaire\\_230412\\_guide\\_mise\\_en\\_oeuvre\\_plan\\_anti\\_dissemination\\_chikungunya\\_et\\_dengue.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/circulaire_230412_guide_mise_en_oeuvre_plan_anti_dissemination_chikungunya_et_dengue.pdf)
- Mulla MS, Thavara U, Tawatsin A, Chompoonsri J and Su T** *Emergence of Resistance and Resistance Management in Field Populations of Tropical Culex quinquefasciatus to the Microbial Control Agent Bacillus sphaericus* Journal of the American Mosquito Control Association, Vol. 19, No. 1: 39-46, 2003  
[http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc\\_nih/applications/files/13\\_Entomo%20E.pdf](http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_nih/applications/files/13_Entomo%20E.pdf)
- Morens DM und Fauci AS.** *Dengue and hemorrhagic fever. A potential threat to public health in the United States.* JAMA. 2008;299:214–6  
<http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?volume=299&issue=2&page=214>
- Muñoz J, Eritja R, Alcaide M, Montalvo T, Soriguier RC, Figuerola J.** *Host-feeding patterns of native Culex pipiens and invasive Aedes albopictus mosquitoes (Diptera: Culicidae) in urban zones from Barcelona, Spain.* J Med Entomol 2011; 48: 956-960 [www.ebd.csic.es/jordi/me11.pdf](http://www.ebd.csic.es/jordi/me11.pdf)
- Nauen, R.,** *Insecticide resistance in disease vectors of public health importance* Pest Management Science, Vol. 63, Issue 7, pages 628–633, July 2007 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.1406/full>
- Nelder M, Kesavaraju B, Farajollahi A, Healy S, Unlu I, Crepeau T, Fonseca D and Gaugler R.** *Suppressing Aedes albopictus, an emerging vector of dengue and chikungunya viruses, by a novel combination of a monomolecular film and an insect-growth regulator.* Am J Trop med Hyg 2010; 82:831–837. DOI: 10.4269/ajtmh.2010.09–0546 <http://www.ajtmh.org/content/82/5/831.full.pdf+html>
- Nentwig W** *Invasive Arten* 2010 Haupt Verlag
- Nentwig W** *Unheimliche Eroberer, Invasive Pflanzen und Tiere in Europa*, 2011 Haupt Verlag
- OcCC (Organe consultatif sur les changements climatique) 2007** *Klimaänderung und die Schweiz 2050 Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft*  
[www.occc.ch/products/ch2050/ch2050-bericht\\_d.html](http://www.occc.ch/products/ch2050/ch2050-bericht_d.html)
- Paupy C, Delatte H, Bagny L, Corbel V, Fontenille D.** *Aedes albopictus, an arbovirus vector: From the darkness to the light.* Microbes Infect 2009; 11:1177-1185.  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19450706](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19450706)
- Pfeffer M, Loescher T.** *Cases of Chikungunya imported into Europe.* Eurosurveillance. 2006 March 16, [www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=2922](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=2922)
- Pflanzenschutzmittelverzeichnis der Schweiz 2012** [www.blw.admin.ch/psm/wirkstoffe/?lang=de&item=135](http://www.blw.admin.ch/psm/wirkstoffe/?lang=de&item=135)
- Pialoux G, Gaüzère BA, Jauréguiberry S and Strobel M** *Chikungunya, an epidemic arbovirus.* Lancet Infect Dis 2007; 5:319–327  
[www.antimicrobe.org/h04c.files/history/LancetID\\_Pialouxetal\\_Chikugunya.%20an%20Epidemic%20Arbovirus\\_2007.pdf](http://www.antimicrobe.org/h04c.files/history/LancetID_Pialouxetal_Chikugunya.%20an%20Epidemic%20Arbovirus_2007.pdf)
- Pluskota B, Storch V, Braunbeck T, Beck M, Becker N.** *First record of Stegomyia albopicta (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany.* Eur Mosq Bull. 26, 2008, 1-5 [http://e-m-b.org/sites/e-m-b.org/files/European\\_Mosquito\\_Bulletin\\_Publications811/EMB26/EMB26\\_1.pdf](http://e-m-b.org/sites/e-m-b.org/files/European_Mosquito_Bulletin_Publications811/EMB26/EMB26_1.pdf)
- Pluskota B 2011** *Dissertation Die Asiatische Tigermücke (Aedes albopictus): Thermale Ökologie und Risikoeinschätzung einer Etablierung in Deutschland*  
<http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/volltexte/2012/12938/pdf/Pluskota.pdf>
- Poletti P, Messeri G, Ajelli M, Vallorani R, Rizzo C, Merler S (2011)** *Transmission Potential of Chikungunya Virus and Control Measures: The Case of Italy.* PLoS ONE 6(5): e18860.  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3086881/pdf/pone.0018860.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3086881/pdf/pone.0018860.pdf)
- Public Health agency of Canada 2012** *Pathogen Safety Data Sheets and Risk Assessment*  
[www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-eng.php](http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-eng.php)

- Reiter P.** *Yellow fever and dengue: a threat to Europe?* Euro Surveill. 2010;15(10)  
[www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19509](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19509)
- Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli AC, Panning M, Cordioli P, Fortuna C, Boros S, Magurano F, Silvi G, Angelini P, Dottori M, Ciufolini MG, Majori GC, Cassone** *Infection with CHIKV in Italy: an outbreak in a temperate region.* Lancet 2007; 370: 1840–1846.  
[www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2807%2961779-6/fulltext#article\\_upsell](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2807%2961779-6/fulltext#article_upsell)
- RKI 2011** *Steckbriefe seltener und importierter Infektionskrankheiten*, Sept. 2011  
[www.rki.de/DE/Content/InfAZ/Steckbriefe/Steckbriefe\\_120606.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/Steckbriefe/Steckbriefe_120606.pdf?__blob=publicationFile)
- RKI 2012** *Epidemiologisches Bulletin* Nr. 43  
[www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/Ausgaben/43\\_12.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2012/Ausgaben/43_12.pdf?__blob=publicationFile)
- RKI 2012** *Chikungunya* [www.rki.de/DE/Content/InfAZ/C/Chikungunya/Chikungunya.html](http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/C/Chikungunya/Chikungunya.html)
- Roiz D, Rosa R, Arnoldi D, Rizzoli A.** *Effects of temperature and rainfall on the activity and dynamics of host-seeking Aedes albopictus females in Northern Italy.* Vector Borne Zoonotic Dis 2010; 10:811–816  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20059318](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20059318)
- Romi R, Toma L, Severini F, Di Luca M.** *Twenty years of the presence of Aedes albopictus in Italy. From the annoying pest mosquito to the real disease vector.* Europ Infect Dis 2008;2(2):98-101  
[www.touchbriefings.com/pdf/3242/luca.pdf](http://www.touchbriefings.com/pdf/3242/luca.pdf)
- Rosen L, Shroyer DA, Tesh RB, Freier JE, Lien JC** *Transovarial transmission of dengue viruses by mosquitoes: Aedes albopictus and Aedes aegypti* Am J Trop Med Hyg. 1983 Sep;32(5):1108-19  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6625066](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6625066)
- Ryan S Davis, Robert KD Peterson and Paula A Macedo** *An Ecological Risk Assessment for Insecticides Used in Adult Mosquito Management*, Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 3, Number 3—pp. 373–382, 2007  
[http://landresources.montana.edu/WNV/Davis\\_et\\_al\\_2007.pdf](http://landresources.montana.edu/WNV/Davis_et_al_2007.pdf)
- Schaffner F & Karch S (2000)** *First report of Aedes albopictus (Skuse, 1984) in metropolitan France.* C R Acad Sci, III; 323:373-375. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10803348>
- Schaffner F, Angel G, Geoffroy B, Hervy JP, Rhaïem A, Brunhes J. (2001)** *The mosquitoes of Europe. An identification and training programme.* Montpellier: IRD Éditions & EID Méditerranée
- Schaffner F, Kaufmann C, Hegglin D, Mathis A. (2009)** *The invasive mosquito Aedes japonicus in Central Europe.* Medical and Veterinary Entomology 23:448-451. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19941611](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19941611)
- Schaffner F, Vazeille M, Kaufmann C, Failloux A and Mathis A** *Vector competence of Aedes japonicus for chikungunya and dengue viruses* European Mosquito Bulletin 29 (2011), 141-142, Journal of the European Mosquito Control Association, ISSN 1460-6127,  
<http://e-m-b.org/sites/e-m-b.org/files/EMB%2829%29141-142.pdf>
- Schaffner F und Mathis A (2011):** *Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and related hazards in Switzerland. Pilot study (definitive report)*
- Schaffner F, Mathis A** Präsentation AGIN Tagung, Olten, 19. Januar 2012 *Asiatische Buschmücke (Aedes japonicus)* [http://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/120312172432\\_Alexander\\_Mathis\\_-\\_Asiatische\\_Buschmuecke.pdf](http://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/120312172432_Alexander_Mathis_-_Asiatische_Buschmuecke.pdf)
- Schleier III, JJ, and Peterson RKD.** 2010. *Deposition and air concentrations of permethrin and naled used for adult mosquito management.* Archives of Environmental Contamination and Toxicology 58: 105-111  
<http://landresources.montana.edu/WNV/Schleier%20and%20Peterson%202010.pdf>
- Schneider K.** *Breeding of Ochlerotatus japonicus japonicus 80 km north of its known range in southern Germany.* Euro Mos Bull 2011; 29:129–132.  
<http://e-m-b.org/sites/e-m-b.org/files/EMB%2829%29129-%20132.pdf>
- Scholte EJ und Schaffner F** *Waiting for the tiger: establishment and spread of the Aedes albopictus mosquito in Europe* in Willem Takken und Bart G.J. Knols *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe* 2007, Open Access-Version: [www.wageningenacademic.com/clientFiles/download/ecvd-01-e.pdf](http://www.wageningenacademic.com/clientFiles/download/ecvd-01-e.pdf)
- Seminar Chikungunya e Dengue in Emilia-Romagna, Bologna, 2 maggio 2012)**  
[www.saluter.it/documentazione/convegna-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012](http://www.saluter.it/documentazione/convegna-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012)
- Seyler T, Grandesso F, Le Strat Y, Tarantola A and Depoortere E** *Assessing the risk of importing dengue and chikungunya viruses to the European Union.* Epidemics 2009, 1(3):175-84;  
[www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436509000395](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436509000395)
- Steinmetz H, Bakonyi T, Weissenböck H, Hatt JM, Eulenberger U, Robert N, Hoop R, Nowotny N** *Emergence and establishment of Usutu virus infection in wild and captive avian species in and around Zurich, Switzerland - genomic and pathologic comparison to other central European outbreaks.* Vet Microbiol, 2011, 148(2-4), 207-12 [www.zora.uzh.ch/44229/4/Steinmetz\\_et\\_al\\_Usutu\\_virus.pdf](http://www.zora.uzh.ch/44229/4/Steinmetz_et_al_Usutu_virus.pdf)
- Straetemans M** *Vector-related risk mapping of the introduction and establishment of Aedes albopictus in Europe.* Euro Surveill 2008; 13 [www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=8040](http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=8040)

- Strasser M, Beuret C, Engler O, Schütz M, Labor Spiez, BABS**, *Neue vektorübertragene Viren in der Schweiz: verstärkte Überwachung im Zoonosenbericht 2010 des BVET Labor Spiez*, [www.bvet.admin.ch/themen/03605/03657/index.html?lang=de](http://www.bvet.admin.ch/themen/03605/03657/index.html?lang=de)
- Suaya JA, Shepard DS, Siqueira JB, Martelli CT, Lum LC, Tan LH, Kongsin S, Jiamton S, Garrido F, Montoya R, Armien B, Huy R, Castillo L, Caram M, Sah BK, Sughayyar R, Tyo KR, Halstead SB**. *Cost of dengue cases in eight countries in the Americas and Asia: a prospective study* Am J Trop Med Hyg. 2009 May;80(5):846-55. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19407136](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19407136)
- SVEG 2012** Bericht *Vector entomology in Switzerland: research and control* (Entwurf von 23.3.2012)
- Tagung 2. März 2012 in Bologna, Italien** *Dengue- und Chikungunyavirus in Emilia Romagna* [www.saluter.it/documentazione/convegni-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012/06\\_bellini\\_carrieri\\_e\\_altri.pdf](http://www.saluter.it/documentazione/convegni-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012/06_bellini_carrieri_e_altri.pdf)
- Tantely ML, Tortosa P, Alout H, Berticat C, Berthomieu A, Rutee A, Dehecq JS, Makoundou P, Labbé P, Pasteur N, Weill M** *Insecticide resistance in Culex pipiens quinquefasciatus and Aedes albopictus mosquitoes from La Réunion Island*. Insect Biochem Mol Biol 2010; 40: 317–324 ; [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965174810000342](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965174810000342)
- Umweltbundesamt 2006** *Gesundheitsschutz durch Schädlingsbekämpfung - weiterhin möglich? Wieviel Biozid braucht der Mensch?* [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3059.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3059.pdf)
- Umweltbundesamt 2010** *Klimawandel und Gesundheit - Forschungsfelder* [www.anpassung.net/nn\\_701136/DE/Fachinformationen/KlimaFolgenAnpassung/Gesundheit/Tabelle\\_20Forschungsfelder\\_20KWuGesundheit.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/Tabelle%20Forschungsfelder%20KWuGesundheit.pdf](http://www.anpassung.net/nn_701136/DE/Fachinformationen/KlimaFolgenAnpassung/Gesundheit/Tabelle_20Forschungsfelder_20KWuGesundheit.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/Tabelle%20Forschungsfelder%20KWuGesundheit.pdf)
- Universität Oldenburg 2012** *Projekt Klimawandel und Verbreitung krankheitsübertragender Tiere (Mücken): Untersuchung der Importwege invasiver Stechmücken* [www.gewaesseroekologie.uni-oldenburg.de/56550.html](http://www.gewaesseroekologie.uni-oldenburg.de/56550.html)
- Valent BioSciences, PatentDe 2007**, Patentanmeldung *Mischung von Bti und BspH zur Bekämpfung von Resistenz gegen Stechmücken-Larvizide* [www.patent-de.com/20070913/DE60213953T2.html](http://www.patent-de.com/20070913/DE60213953T2.html)
- Valent BioSciences Corporation 2009** *Technical use bulletin Vectomax* <http://publichealth.valentbiosciences.com/docs/resources/vectomax-sup-sup-wsp---technical-use-bulletin.pdf>
- Valerio L, Marini F, Bongiorno G, Facchinelli L, Pombi M, Caputo B, Maroli M, Della Torre A**. *Host-feeding patterns of Aedes albopictus in urban and rural contexts within Rome Province, Italy*. Vector Borne Zoonotic Dis 2009; 10: 291–294; [www.bioone.org/doi/abs/10.1603/ME11016](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1603/ME11016)
- van Bortel W, Schaffner F, Hendrickx G** Chapter 1 *Call for collaboration: VBORNET database and maps of vector distribution and surveillance in Europe* in VBORNET Thematic Report 'Mosquitoes', Jan. 2010 [www.vbornet.eu/newsletters/VBORNET\\_NL02.pdf](http://www.vbornet.eu/newsletters/VBORNET_NL02.pdf)
- Verband schweizerischer Schädlingsbekämpfer VSS**, [www.fsd-vss.ch](http://www.fsd-vss.ch)
- Werner D, Kronefeld M, F Schaffner F, Kampen H** *Two invasive mosquito species, Aedes albopictus and Aedes japonicus japonicus, trapped in south-west Germany, July to August 2011* Euro Surveill. 2012;17(4) [www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V17N04/art20067.pdf](http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V17N04/art20067.pdf)
- WHO 1999**, *Environmental health criteria 217 Microbial pest control agent Bacillus thuringiensis*, Geneva Switzerland, ISBN 92 4 157217 5 [http://whqlibdoc.who.int/ehc/who\\_ehc\\_217.pdf](http://whqlibdoc.who.int/ehc/who_ehc_217.pdf)
- WHO 2005** *International health regulations (IHR) 2. ed.* [http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241580410\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241580410_eng.pdf)
- WHO 2008** *Gesundheitsgefährdung durch Schädlinge: Eine Zusammenfassung des CIEH* [www.urbanpestsbook.com/downloads/WHO-Summary-German.pdf](http://www.urbanpestsbook.com/downloads/WHO-Summary-German.pdf)
- WHO 2009a** *Guidelines for Prevention and Control of Chikungunya Fever* SEA-CD-182; [www.wpro.who.int/mvp/topics/ntd/Chikungunya\\_WHO\\_SEARO.pdf](http://www.wpro.who.int/mvp/topics/ntd/Chikungunya_WHO_SEARO.pdf)
- WHO 2009b** *Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control* <http://www.who.int/topics/dengue/en/>
- WHO 2009c** *The WHO recommended classification of pesticides by and guidelines to classification* [www.inchem.org/documents/pds/pdsotther/class\\_2009.pdf](http://www.inchem.org/documents/pds/pdsotther/class_2009.pdf)
- WHO/EMCA Mai 2011** *Guidelines for the control of invasive mosquitos and associated vectorborne diseases on the European continent; Conference on the vector-related risk of introduction of Chikungunya and Dengue fever and the spread of Ae. albopictus and Ae. japonicus within Europe* [www.emca-online.eu/documents/visitors/WHO2011\\_revised.pdf](http://www.emca-online.eu/documents/visitors/WHO2011_revised.pdf)
- WHO 2012 a** *Guidelines for procuring public health pesticides* [http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241503426\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241503426_eng.pdf)
- WHO 2012 b** *Handbook for integrated vector management* [http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241502801\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241502801_eng.pdf)
- WHO 2012 c** *Environmental Health Criteria* [www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/)

**WHOPES 1999** Draft Guideline specifications für bacterial larvicides for public health use, Report of the WHO Consultation 28-30

[www.who.int/malaria/publications/atoz/who\\_cds\\_cpc\\_whopes\\_99\\_2/en/index.html](http://www.who.int/malaria/publications/atoz/who_cds_cpc_whopes_99_2/en/index.html)

**WHOPES Juli 2012** WHO recommended insecticides for space spraying against mosquitoes

[www.who.int/whopes/Insecticides\\_for\\_space\\_spraying\\_Jul\\_2012.pdf](http://www.who.int/whopes/Insecticides_for_space_spraying_Jul_2012.pdf)

**WHOPES Sept. 2012** WHOPES-recommended compounds and formulations for control of mosquito larvae

[www.who.int/whopes/Mosquito\\_Larvicides\\_Sept\\_2012.pdf](http://www.who.int/whopes/Mosquito_Larvicides_Sept_2012.pdf)

**Wymann MN, Flacio E, Radczuweit S, Patocchi N, Lüthy P** Asian Tiger mosquito (*Aedes albopictus*)- a threat for Switzerland? Euro surveillance 2008; 13: 1-2, S. 110

[www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EQ/V13N01/V13N01.pdf](http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EQ/V13N01/V13N01.pdf)

## 10.2 Bücher

- **Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Dahl C, Madon M, Kaiser A** *Mosquitoes and their control*, second edition. Springer 2010; 577p.  
[www.springer.com/life+sciences/animal+sciences/book/978-3-540-92873-7](http://www.springer.com/life+sciences/animal+sciences/book/978-3-540-92873-7)
- **Busvine RJ** *Disease transmission by insects, Its discovery and 90 years of effort to prevent it*, 1993 Springer-Verlag
- **Goddard J** *Infectious diseases and arthropods*, 2. ed. 2010 Humana Press
- **Nentwig W** *Invasive Arten* 2010 Haupt Verlag
- **Nentwig W** *Unheimliche Eroberer, Invasive Pflanzen und Tiere in Europa*, 2011 Haupt Verlag
- **Willem Takken und Bart G.J. Knols** *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe* 2007, Open Access-Version: <http://www.wageningenacademic.com/clientFiles/download/ecvd-01-e.pdf>

## 10.3 Publikumsmedien (Radio, Filme, Zeitungsartikel)

- **20 min 11.5.2012** *Noch gefährlicher als die Tigermücke?*  
[www.scitec-media.ch/uploads/print/285\\_2012\\_05\\_11\\_20minuten.pdf](http://www.scitec-media.ch/uploads/print/285_2012_05_11_20minuten.pdf)
- **ARD WW Wissen, 6. 5.2012** *Rätselhaftes Amselsterben*  
[www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2012/amselsterben-110.html](http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/w-wie-wissen/sendung/2012/amselsterben-110.html)
- **Bayerisches Fernsehen 3.8.2012:** *Deutschlands Mücken unter der Lupe*  
[www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/unsere-land/themen-rubriken/umwelt-und-natur/mueckenzaehlung100.html](http://www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/unsere-land/themen-rubriken/umwelt-und-natur/mueckenzaehlung100.html)
- **Bayerisches Fernsehen 27.11.2012** *Infektionen mit Dengue-Fieber nehmen zu*  
[www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/gesundheit/reisen-urlaub-denguefieber100.html](http://www.br.de/fernsehen/bayerisches-fernsehen/sendungen/gesundheit/reisen-urlaub-denguefieber100.html)
- **Deutschlandfunk 29.01.2012** *Jäger sucht Mücke* [www.dradio.de/df/sendungen/wib/1663606/](http://www.dradio.de/df/sendungen/wib/1663606/)
- **Deutschlandfunk 13.10.2012** *Forschung Aktuell, Joachim Budde: Gekommen um zu bleiben?*  
[www.dradio.de/df/sendungen/forschak/1890437/](http://www.dradio.de/df/sendungen/forschak/1890437/)  
[www.dradio.de/aodflash/player.php?station=1&broadcast=9507&datum=20121011&playtime=1349966645&fileid=924a1557&sendung=9507&beitrag=1890437&/](http://www.dradio.de/aodflash/player.php?station=1&broadcast=9507&datum=20121011&playtime=1349966645&fileid=924a1557&sendung=9507&beitrag=1890437&/)
- **Die Welt 28.9.2012** *Deutschland soll Kampf gegen Moskitos aufnehmen*  
[www.welt.de/gesundheit/article109522070/Deutschland-soll-Kampf-gegen-Moskitos-aufnehmen.html](http://www.welt.de/gesundheit/article109522070/Deutschland-soll-Kampf-gegen-Moskitos-aufnehmen.html)
- **DRS2 14.4.2012** *Insektenfallen am Flughafen ZH*  
[www.srf.ch/player/radio/wissenschaftsmagazin/audio/insektenfallen-am-flughafen-zuerich?id=98203b1f-3ac3-4877-aaf7-b3f2c6b1075f](http://www.srf.ch/player/radio/wissenschaftsmagazin/audio/insektenfallen-am-flughafen-zuerich?id=98203b1f-3ac3-4877-aaf7-b3f2c6b1075f)
- **ICYBAC GmbH** Zeitungsberichte und Videos: [www.icybac.de/press/press.htm](http://www.icybac.de/press/press.htm)
- **Mallorca-Zeitung 1.10. 2012** *Wissenschaftler entdecken Tigermücke auf Mallorca*  
[www.mallorcazeitung.es/gesundheit/2012/09/20/wissenschaftler-entdecken-tigermuecke-mallorca/25201.html](http://www.mallorcazeitung.es/gesundheit/2012/09/20/wissenschaftler-entdecken-tigermuecke-mallorca/25201.html)
- **NZZ 26.7.2012** *Wider die Plagegeister*  
[www.nzz.ch/wissen/wissenschaft/wider-die-plagegeister\\_1.17396853](http://www.nzz.ch/wissen/wissenschaft/wider-die-plagegeister_1.17396853)
- **NZZ am Sonntag 26.8.2012** *Ganz schön gefährlich*  
[www.labor-spiez.ch/de/dok/ms/pdf/47055234.pdf](http://www.labor-spiez.ch/de/dok/ms/pdf/47055234.pdf)
- **NZZ 1.11.2012** *West-Nil-Virus Ein Krankheitserreger auf Expansionskurs*  
[www.nzz.ch/wissen/wissenschaft/ein-krankheitserreger-auf-expansionskurs-1.17737341#](http://www.nzz.ch/wissen/wissenschaft/ein-krankheitserreger-auf-expansionskurs-1.17737341#)
- **Spiegel 18.5.2012** *Dengue-Fieber Die unterschätzte Krankheit*  
[www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/dengue-fieber-tropenkrankheit-verbreitet-sich-schnell-a-833829.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/dengue-fieber-tropenkrankheit-verbreitet-sich-schnell-a-833829.html)

- **SRF Sept. 2009** *Einstein jagt die Tigermücke*  
[www.videoportal.sf.tv/video?id=5da8c36e-cb02-410f-ad9c-6e830f46381f](http://www.videoportal.sf.tv/video?id=5da8c36e-cb02-410f-ad9c-6e830f46381f)
- **SWR3, Odysso 14.6.2012**  
[www.swr.de/odysso/-/id=1046894/nid=1046894/did=9677674/1fp7ukr/index.html](http://www.swr.de/odysso/-/id=1046894/nid=1046894/did=9677674/1fp7ukr/index.html)
- **The disease daily 2.12.2012** *Dengue reemerges in Greece*  
[www.healthmap.org/news/dengue-reemerges-greece-9512](http://www.healthmap.org/news/dengue-reemerges-greece-9512)
- **The New York Times 6.11.2012** *As dengue fever sweeps India, a slow response stirs experts' fears*  
[www.nytimes.com/2012/11/07/world/asia/alarm-over-indias-dengue-fever-epidemic.html?pagewanted=all](http://www.nytimes.com/2012/11/07/world/asia/alarm-over-indias-dengue-fever-epidemic.html?pagewanted=all)

#### 10.4 Vorträge/Poster

- **BAUA Präsentation 7.3.2012** *Zulassungssituation nach Biozidrecht*  
[www.bfr.bund.de/cm/343/zulassungssituation-nach-biozidrecht.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/zulassungssituation-nach-biozidrecht.pdf)
- **Gruppo di lavoro zanzare: Monitoraggio 2009** *Zanzara tigre (Aedes albopictus) in Ticino*  
[www3.ti.ch/DSS/cartellastampa/ppt-cartella-stampa-917356244517.ppt](http://www3.ti.ch/DSS/cartellastampa/ppt-cartella-stampa-917356244517.ppt)
- **Schaffner F, Mathis A Präsentation** AGIN Tagung, Olten, 19. Januar 2012 *Asiatische Buschmücke (Aedes japonicus)* [http://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/120312172432\\_Alexander\\_Mathis\\_-\\_Asiatische\\_Buschmuecke.pdf](http://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/120312172432_Alexander_Mathis_-_Asiatische_Buschmuecke.pdf)
- **Tagung 2. März 2012 in Bologna, Italien** *Dengue- und Chikungunyavirus in Emilia Romagna*  
[www.saluter.it/documentazione/convegni-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012/06\\_bellini\\_carrieri\\_e\\_altri.pdf](http://www.saluter.it/documentazione/convegni-e-seminari/chikungunya-e-dengue-in-emilia-romagna-bologna-2-maggio-2012/06_bellini_carrieri_e_altri.pdf)
- **ESOVE-Oktober 2012** Meeting Montpellier *From biology to integrated control in a changing world;*  
[www.esove2012.eu/media/fichiers/abstract-book\\_esove-2012](http://www.esove2012.eu/media/fichiers/abstract-book_esove-2012)

#### 10.5 Weitere Internetlinks

##### Rechtliche Grundlagen

- Freisetzungsverordnung (FrSV) [www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_911.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_911.html)
- Epidemiengesetz (EpG) Bundesgesetz über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen, vom 18. Dezember 1970 (Stand am 1. August 2008)  
[www.admin.ch/ch/d/sr/c818\\_101.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c818_101.html)
- Revidiertes Epidemiengesetz  
[www.bag.admin.ch/themen/medizin/03030/03209/03210/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/03030/03209/03210/index.html?lang=de)  
Gesetzesentwurf und Regulierungsfolgenabschätzung:  
[www.bag.admin.ch/themen/medizin/03030/03209/03210/index.html?lang=de#sprungmarke0\\_4](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/03030/03209/03210/index.html?lang=de#sprungmarke0_4)
- Verordnung des EDI über Arzt- und Labormeldungen [www.admin.ch/ch/d/sr/818\\_141\\_11/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/818_141_11/index.html)
- Tierseuchengesetz (TSG) [www.admin.ch/ch/d/sr/c916\\_40.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c916_40.html)
- Tierseuchenverordnung (TSV) [www.admin.ch/ch/d/sr/916\\_401/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/916_401/index.html)
- Biozidprodukteverordnung (VBP; vom 18. Mai 2005; Stand 1. Juni 2012, SR 813.12)  
[www.admin.ch/ch/d/sr/c813\\_12.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c813_12.html)
- Chemikalienrisikoreduktionsverordnung (ChemRRV; SR814.81) vom 18. Mai 2005 (Stand am 1. August 2011) [www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_81.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_81.html)
- Verordnung des EDI über die Fachbewilligung für die allgemeine Schädlingsbekämpfung (VFB-S)  
[www.admin.ch/ch/d/sr/8/814.812.32.de.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/814.812.32.de.pdf)
- Liste zugelassener Biozide der EU in Annex I oder IA der Direktive 98/8/EC  
[http://ec.europa.eu/environment/biocides/annexi\\_and\\_ia.htm](http://ec.europa.eu/environment/biocides/annexi_and_ia.htm)
- Anmeldestelle Chemikalien: Öffentliches Produktregister, Liste zugelassener Biozide der Schweiz  
[www.parchem.bag.admin.ch/webinfo/global/Default.aspx](http://www.parchem.bag.admin.ch/webinfo/global/Default.aspx)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) Biozidzulassung  
[www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Zulassungsstelle-Biozide.html](http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Zulassungsstelle-Biozide.html)
- MRA: Abkommen zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Gemeinschaft über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen, Stand am 20. Dezember 2011 [www.admin.ch/ch/d/sr/c0\\_946\\_526\\_81.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c0_946_526_81.html)

## Bund/Kantone

- BAFU, FAQs zur Tigermücke: [www.bafu.admin.ch/tiere/09262/09441/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/tiere/09262/09441/index.html?lang=de)
- BAG, Infektionskrankheiten: [www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/index.html?lang=de)
- BLW Pflanzenschutzmittelverzeichnis: [www.blw.admin.ch/psm/kategorien/index.html?lang=de](http://www.blw.admin.ch/psm/kategorien/index.html?lang=de)
- BVET Zoonosen: [www.bvet.admin.ch/themen/03605/index.html?lang=de](http://www.bvet.admin.ch/themen/03605/index.html?lang=de)
- KVV Für Neobiota zuständige kantonale Stellen:  
[http://kvu.ch/d\\_afu\\_adressen.cfm?Nav.Command=Fachbereiche&Module.Method=showFachbereiche&fach\\_id=34](http://kvu.ch/d_afu_adressen.cfm?Nav.Command=Fachbereiche&Module.Method=showFachbereiche&fach_id=34)

## Internationale Seiten zu Insektenvektoren

- AMCA (American Mosquito Control Association) [www.mosquito.org](http://www.mosquito.org)
- CDC (Center for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA) [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov)
- DGMEA (Deutsche Gesellschaft für Medizinische Entomologie und Acarologie) [www.dgmea.de](http://www.dgmea.de)
- Eurosurveillance (scientific journal devoted to the epidemiology, surveillance, prevention and control of communicable diseases) [www.eurosurveillance.org](http://www.eurosurveillance.org)
- ECDC (European Center for Disease Prevention and Control), Emerging and Vector-borne Diseases Programme  
[http://ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging\\_and\\_vector\\_borne\\_diseases/Pages/index.aspx](http://ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging_and_vector_borne_diseases/Pages/index.aspx)
- ECDC, VBORNET Karten  
[http://ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging\\_and\\_vector\\_borne\\_diseases/Pages/VBORNET\\_maps.aspx](http://ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging_and_vector_borne_diseases/Pages/VBORNET_maps.aspx)
- ENIVD (European network for diagnostics of imported viral diseases) <http://enivd.de/index.htm>
- EDENext (EDEN : Emerging diseases in a changing European environment)  
[www.edenext.eu](http://www.edenext.eu); <http://www.edenextdata.com>
- EMCA (European mosquito control association) [www.emca-online.eu](http://www.emca-online.eu)
- EMIDA (Emerging and Major Infectious Diseases in Livestock Animals) [www.emida-era.net](http://www.emida-era.net)
- ESOVE (European Society for Vector Ecology)  
[www.esove2012.eu/fr/previous-events/conferences-precedentes](http://www.esove2012.eu/fr/previous-events/conferences-precedentes)
- ProMED (Program for Monitoring Emerging Diseases) [www.promedmail.org](http://www.promedmail.org)
- Global invasive species database [www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=109](http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=109)
- Chikungunya Virus Net [www.chikungunyavirusnet.com/](http://www.chikungunyavirusnet.com/)
- IHR (International health regulations)  
[http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241580410\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241580410_eng.pdf)
- ICUP (International Conference on Urban Pests) [www.icup.org.uk](http://www.icup.org.uk)
- IVCC (Innovative Vector Control Consortium) [www.ivcc.com/](http://www.ivcc.com/)
- ICUP (International Conference on Urban Pests ) [www.icup.org.uk/icuphome.asp](http://www.icup.org.uk/icuphome.asp)
- VBORNET (Vector borne diseases network) [www.vbornet.eu](http://www.vbornet.eu)
- WHO (World Health Organization) [www.who.int](http://www.who.int)
- WHO Global Alert and Response (GAR) [www.who.int/csr/disease/en/](http://www.who.int/csr/disease/en/)

## Mücken/Viren

- Wikipedia, die Tigermücke [http://de.wikipedia.org/wiki/Asiatische\\_Tigerm%C3%BCcke](http://de.wikipedia.org/wiki/Asiatische_Tigerm%C3%BCcke)
- Portal rund um Mücken [www.muecken.org/](http://www.muecken.org/)
- Mosquito world [www.mosquitoworld.net/](http://www.mosquitoworld.net/)
- Labor Spiez, Fact sheet zum West-Nil- und Dengue-Virus  
[www.labor-spiez.ch/de/the/bs/dethebsvir.htm](http://www.labor-spiez.ch/de/the/bs/dethebsvir.htm)

## Insektizide

- Solbac von Andermatt Biocontrol  
<http://shop.biocontrol.ch/webportal/showpage.asp?pagename=Insektizide-Solbac&ula=1>
- Vectomax vertrieben von Valent BioSciences  
[www.myadapco.com/viewproduct.jsp?id=VectoMax&cat=larvicides](http://www.myadapco.com/viewproduct.jsp?id=VectoMax&cat=larvicides)
- Montana USA, Studien u.a. zur Umweltverträglichkeit von Larviziden  
<http://landresources.montana.edu/WNV/>
- Fact sheet der EPA zu Larviziden [www.epa.gov/mosquitocontrol/Larvicides.html](http://www.epa.gov/mosquitocontrol/Larvicides.html)

## 11 Abkürzungen

○ AGIN	Arbeitsgruppe für invasive Neobiota
○ VSS	Verband schweizerischer Schädlingsbekämpfer
○ Allpeco	Fachverband «all-pest-control»
○ BAFU	Bundesamt für Umwelt
○ BAG	Bundesamt für Gesundheit
○ BNI	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin
○ Bsph	<i>Bacillus sphaericus</i>
○ Bti	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>
○ BVET	Bundesamt für Veterinärwesen
○ ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
○ CHIKV	Chikungunyavirus
○ CIEH	Chartered Institute of Environmental Health
○ CSCF	Centre Suisse de Cartographie de la Faune
○ DENV	Dengue-Virus
○ DGMEA	Deutsche Gesellschaft für medizinische Entomologie und Acarologie
○ ECDC	European Center for Disease Control and Prevention
○ EDEN	Emerging diseases in a changing European environment
○ EMCA	European Mosquito Control Association
○ EMIDA	Emerging and Major Infectious Diseases in Livestock Animals
○ ENIVD	European Network for the Diagnostics of "Imported" Viral Diseases
○ EPA	Environmental Protection Agency United States
○ EpG	Epidemiengesetz
○ ESOVE	European Society for Vector Ecology
○ FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
○ FrSV	Freisetzungsverordnung
○ GLZ	Gruppo cantonale di lavoro zanzare (Tessin)
○ ICUP	International Conference on Urban Pests
○ IDAV	Interdepartementale Arbeitsgruppe für Vektoren
○ IHR	International health regulations
○ IRAC	Insecticide resistance action committee
○ KABS	Kommunale Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage
○ MRA	Mutual Recognition Agreement
○ NAVI	Nationales Referenzzentrum für neu auftretende Viruserkrankungen
○ OcCC	Organe consultatif sur les changements climatique
○ SINV	Sindbis-Virus
○ SOP	Standard operating procedure
○ SVEG	Swiss Vector Entomology Group
○ TSG	Tierseuchengesetz
○ TSV	Tierseuchenverordnung
○ USUV	Usutu-Virus
○ VBORNET	European Network for Arthropod Vector Surveillance for Human Public Health
○ VBP	Biozidprodukteverordnung
○ VFB-S	Verordnung des EDI über die Fachbewilligung für die allgemeine Schädlingsbekämpfung
○ WHO	World Health Organization
○ WHOPEs	WHO Pesticide Evaluation Scheme
○ WNV	West-Nil-Virus

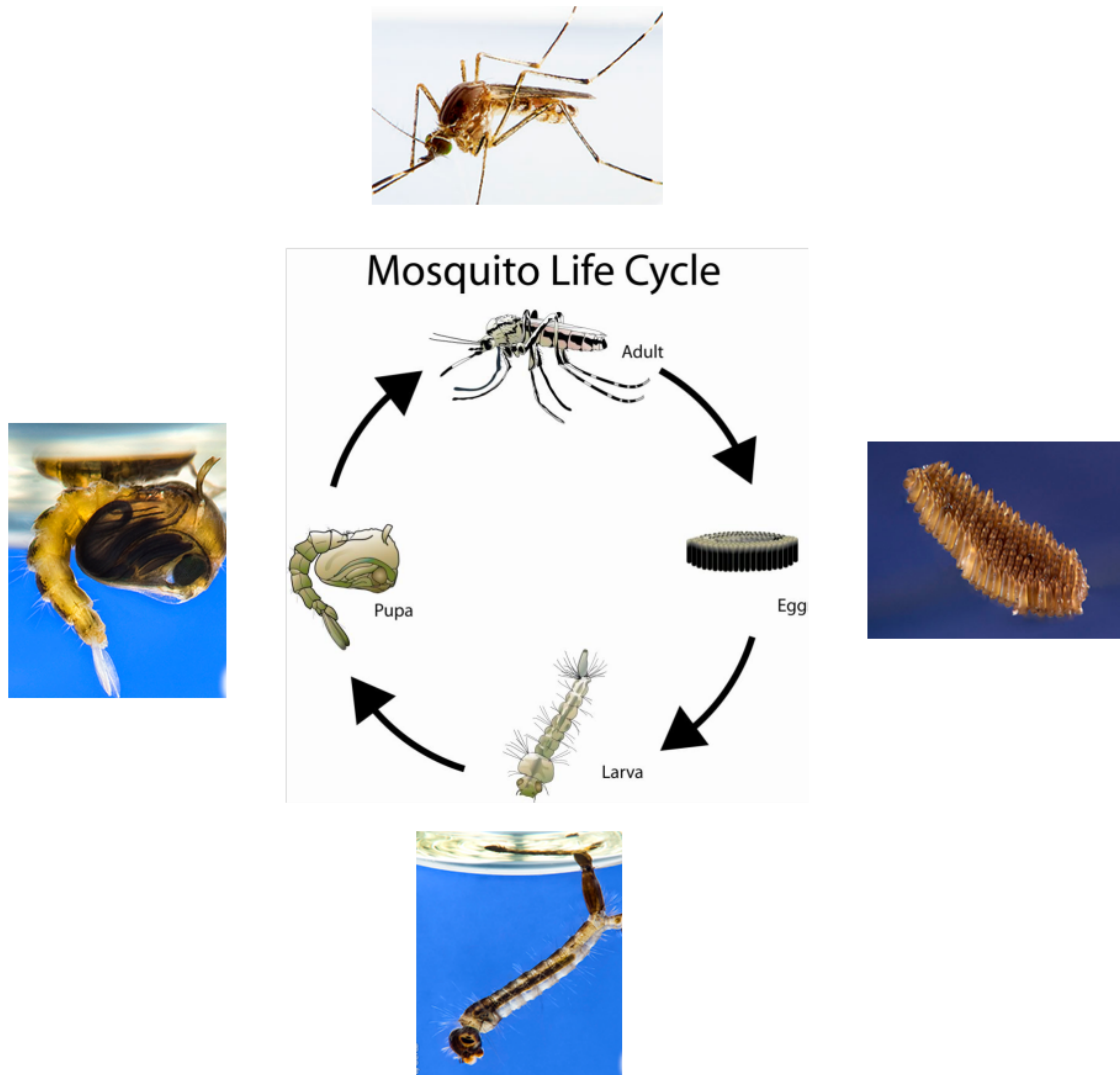
## 12 Definitionen

<b>Autochthon</b>	Am Ort entstandene Übertragung durch lokale Vektoren
<b>Endemisch</b>	In einem begrenzten Gebiet natürlich vorkommend
<b>Gebietsfremde Organismen</b>	Nicht einheimische Arten, deren natürliches Verbreitungsgebiet weder in der Schweiz noch in den übrigen EFTA- oder EU-Mitgliedschaften (ohne Überseegebiete) liegt (Art. 3 Abs. 1 Bst. f FrSV)
<b>Invasive gebietsfremde Organismen</b>	Gebietsfremde Organismen, von denen bekannt ist oder angenommen werden muss, dass sie sich in der Schweiz stark ausbreiten und eine so hohe Bestandesdichte erreichen können, dass dadurch die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigt oder Mensch, Tier oder Umwelt gefährdet werden können (Art. 3 Abs. 1 Bst. h FrSV)
<b>Lucky bamboo</b>	Bambus- Zierpflanze, die ständig im Wasser gehalten wird
<b>Neobiota</b>	Arten, die nach 1492 in ein neues Gebiet verschleppt oder ausgebracht wurden und daher als nicht-einheimisch gelten (Nentwig 2010)
<b>Neophyten</b>	Gebietsfremde invasive Pflanzen (Def. s. Neobiota)
<b>Neozoen</b>	Gebietsfremde invasive Tiere (Def. s. Neobiota)
<b>Vektor</b>	Überträger von Krankheiten
<b>Vektorkompetenz</b>	Fähigkeit, Mikroorganismen von einem Wirt (Mensch/Tier) aufzunehmen und weiter zu übertragen. In der Regel muss der Mikroorganismus die Darmwand passieren und die Speicheldrüse erreichen, um weiter übertragen zu werden.
<b>Vektorkapazität</b>	<p>Erwartete Anzahl von Neuinfektionen pro infiziertem Wirt und pro Tag, die von verschiedenen Faktoren beeinflusst und errechnet werden kann (Paupy et al 2009):</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Populationsdichte, Anzahl der weiblichen Mücken pro Wirt</li><li>• Wirtspräferenz</li><li>• Vektorkompetenz</li><li>• Anzahl der Blutmahlzeiten pro Vektor, Wirt und Tag</li><li>• Lebenszyklus und Überlebensdauer des Vektors</li><li>• „extrinsic incubation period“ (EIP) in Tagen (Zeitdauer zwischen Virusaufnahme und der Fähigkeit, Virus zu übertragen).</li><li>• Anteil der infizierten Mücken</li><li>• Anteil der infizierten Wirte</li></ul> <p>Vor allem klimatische Faktoren (Temperatur und Niederschläge) haben einen Einfluss auf die Vektorkapazität und –kompetenz.</p>
<b>Zoonose</b>	Krankheit, die zwischen Mensch und Tier übertragen werden kann

# Anhang I Stechmücken

## Lebenszyklus einer Stechmücke

Die Entwicklung der Mücken umfasst die Entwicklung vom Ei über mehrere Larvenstadien und die Puppe zum adulten Insekt.



**Abbildung 12:** Typischer Lebenszyklus einer Stechmücke (am Beispiel von *Culex spp.*)

Quelle: Kalifornien Orange County Vector Control District (OCVCD), *Vector Reduction Manual: Procedures and Guidelines 2010*, [www.ocvcd.org/mosquitoes.php](http://www.ocvcd.org/mosquitoes.php) (modifiziert)

## Stechmückenarten in der Schweiz

In der Schweiz kommen mindestens 34 Stechmückenarten vor, von denen zwei invasiv (*Aedes albopictus*, *Aedes japonicus*) und fünf weitere möglicherweise invasiv sind (Schaffner und Mathis 2011; Mathis Präsentation 2011). Eine am SwissTPH durchgeführte Masterarbeit (Kutlar 2010) enthält eine Zusammenstellung der in der Schweiz vorkommenden Mücken und es wird darin auf Grund einer Literaturrecherche und Experteninterviews beurteilt, welche Relevanz diese in der Schweiz als potentielle Krankheitsüberträger haben. Da der Fokus der vorliegenden Arbeit auf den invasiven gebietsfremden Mücken liegt, werden im Folgenden ausschliesslich *Ae. albopictus* und *Ae. japonicus* eingehender behandelt, von den übrigen Mückenarten nur die für die Krankheitsübertragung relevantesten.

### Ostasiatische Tigermücke (*Stegomyia albopicta*; *Aedes albopictus*)

#### Aussehen

Der Name leitet sich vom Aussehen der Mücke ab. Das erwachsene Insekt ist durchschnittlich 5 mm lang. Seine Farbe ist schwarz mit typischen weissen Streifen an den Beinen sowie über Kopf und Thorax. Die Tigermücke wird oft verwechselt mit der grossen Hausschnake, die auch geringelt ist, aber grösser. Das Erkennungsmerkmal, das der Tigermücke den lateinischen Namen "albopictus" einbrachte, was so viel wie "der Weißgezeichnete" bedeutet: die Tiere haben auf der vorderen Rückenhälfte eine feine, weiße Linie.



#### **Abbildung 13:**

Identifizierung der Tigermücke: Auffällig sind vor allem die gestreiften Hinterbeine und der weiße Strich auf dem Rücken und zwischen den Augen.

Quelle: CDC's Public Health Image Library

#### Krankheitsübertragung

Die Tigermücke gilt weltweit als der invasivste Vektor. Sie ist potentiell Übertrager von ca. 26 Arboviren (Arthropodenübertragene Viren; Paupy et al 2009). Für viele dieser Viren ist die Bedeutung der Tigermücke als Vektor noch nicht vollständig geklärt. Sie ist aber ein guter Überträger des Chikungunya-Virus, des Dengue-Virus (mässig) und des Gelbfieber-Virus (Basetti 2009). Darüberhinaus ist sie u.a. Überträger des Herzwurms *Dirofilaria* (Fadenwurm, infiziert v.a. Hunde, aber auch andere Haus- und Nutztiere und den Mensch; Nentwig 2011). Diskutiert wird zudem die mögliche Rolle der Tigermücke als Überträger des West-Nil-Virus (WNV) auf Vögel, Pferde und Menschen. Eine Tabelle mit einer Auswahl an Arboviren und *Dirofilarien*, für die *Ae. albopictus* in der Natur oder experimentell im Labor als Vektor fungieren kann, ist im BAG Bulletin 26 von 2006 enthalten.

Das Hauptrisiko für die Übertragung sind infizierte befruchtete Weibchen der Tigermücke. Einmal durch eine Blutmahlzeit infiziert ist die Mücke lebenslang (3-4 Wochen) infektiös. Weil die

Tigermücke tagaktiv ist und sich meist wache Opfer sucht, wird sie oft entdeckt und verjagt. So kommt es, dass eine Blutmahlzeit oft nicht für die Produktion der Eier ausreicht. Sie sticht daher mehrere Menschen oder Tiere, was sie zu einem besonders effizienten Krankheitsüberträger macht. *Ae. albopictus* hat zudem offenbar eine starke Präferenz für den Menschen: Bei Studien des Futterverhaltens in städtischen Regionen wurde festgestellt, dass die Tigermücke fast ausschliesslich den Menschen stach (Muñoz et al 2011, Valerio et al 2009). Ein spezielles Problem ist zudem, dass Viren über die Eier (transovariell) an die Nachkommenschaft übertragen werden können, was ein zusätzliches Risiko für die Ausbreitung von Viren darstellt (Rosen et al 1983).

### Vektorkompetenz

Zur Vektorkompetenz von *Ae. albopictus* gibt es unterschiedliche Beobachtungen: Im Labor wurde die Übertragung von Dengue-, Chikungunya- und Gelbfieber-Viren gezeigt. Die Epidemien in La Réunion 2004 sowie in Ravenna in Italien 2007 zeigen, dass *Ae. albopictus* Epidemien auslösen kann. Allerdings gab es zum Beispiel in Taiwan und Hawaii trotz jahrzehntelanger Verbreitung von *Ae. albopictus* keine grösseren Epidemien (ECDC 2012).

### Verhalten und Lebenszyklus

Die Tigermücke ist tagsüber aktiv, hat ein aggressives Stechverhalten und verursacht schmerzhafte Stiche. Sie sticht vorzugsweise Menschen, aber auch Tiere (z.B. Hunde, Katzen und Schweine). Bei der Wirtsfindung spielen vom Wirt produziertes Kohlendioxid und organische Substanzen sowie Feuchtigkeit und die optische Erkennung eine Rolle. Die Flugweite der Tigermücken beträgt im Durchschnitt 100 bis 200 Meter.

Ob die Tigermücke sich in einer Region etablieren kann, hängt von den Umweltbedingungen ab. Zur Überlebensfähigkeit der Eier resp. Mücken gibt es je nach Quelle unterschiedliche Angaben. Gemäss Straetemans 2008 sind dies zum Beispiel die Wintertemperatur (oberhalb von 0°C überwinterungsfähig), die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge (mindest. 500mm), die Niederschläge im Sommer (für die Entwicklung in der warmen Jahreszeit erforderlich) sowie die sommerlichen Temperaturen (optimal 25 bis 30°C).

Gemäss Roiz et al 2010 überleben die Eier bis -5°C und die erwachsene Tigermücke überlebt bei Temperaturen über 9°C. Gemäss einer Studie von Kobayashi benötigt die Tigermücke eine minimale Durchschnittstemperatur im kältesten Monat Januar von 0°C bis 2°C; im Sommer eine Durchschnittstemperatur von 16°C bis 28°C sowie eine Jahresdurchschnittstemperatur von 11 °C (Kobayashi 2002). Zum Vergleich: Im Kanton Aargau liegen die Temperaturen zwischen 0°C im Winter und 16°C im Sommer, die Jahresdurchschnittstemperatur bei 8,8 °C; während 150 Tagen im Jahr mindestens 11°C.

Vermehrung: Die Tigermücken können ein Alter von 3 bis 4 Wochen erreichen. Während dieser Zeit kommt es zu 2 bis 4 Eiablagen. Um zur Eiablage zu gelangen, benötigen die Weibchen eine Blutmahlzeit. Pro Eiablage werden 40 bis 80 Eier abgelegt. Die Eier werden oberhalb der Wasseroberfläche abgelegt und überstehen längere Trockenheit. Werden die Eier unter Wasser gesetzt, schlüpfen die Larven, welche sich über vier Larvalstadien und die Puppe zur adulten Stechmücke entwickeln (Abbildung 12). Die Entwicklungsdauer hängt von der Temperatur und dem Nahrungsangebot ab und dauert 10 bis 20 Tage; Larven- und Puppenentwicklung dauern 5 bis 10 Tage resp. 2 bis 3 Tage (BAG Bulletin 2006).

Die Mücke bringt mehrere Generationen pro Jahr hervor. Sie brütet in kleinsten Mengen stehenden Wassers im Bereich menschlicher Siedlungen, vorzugsweise im Schatten. Typische Brutstätten<sup>60</sup> sind Untersetzer von Pflanzentöpfen, Container, Abdeckplanen, Baumlöcher, Altreifen, Auffangbecken, Sickergruben, Bambus („Lucky bamboo“), Regenwassertonnen, verstopfte Dachrinnen, Blumenvasen auf Friedhöfen, Drainage- und Abwassersysteme. Die Tigermücke brütet normal nicht in Tümpeln oder natürlichen Gewässern. Während Mückenarten wie *Aedes vexans* sich v.a. in grösseren Überschwemmungsgebieten entwickeln, führen starke Regenfälle wegen der Abschwemmung eher zu einer Reduktion der Tigermückenlarven (Roiz et al 2010).

### Saisonale Entwicklung

Die Tigermücke kann in gemässigten Regionen in stehendem Wasser (v.a. in künstlichen Behältern) als diapausierende<sup>61</sup> Eier überwintern. Eine kritische Lichtdauer (12 bis 14h) initiiert die Eientwicklung. Es gibt Hinweise, dass sich *Ae. albopictus* in den letzten Jahren an kühlere Regionen gewöhnt hat: Gemäss Arthur Jöst von der KABS kommt *Ae. albopictus* z.B. in Albanien 30 Jahre nach seiner Einschleppung heute auch in den Bergen vor. In südlichen Regionen (Süditalien, Tropen) zeigt die Mücke eine ganzjährige Aktivität und Vermehrung.

### Literatur:

- Fakten zur Tigermücke: Invasive Species Specialist Group 2012; Wikipedia Asiatische Tigermücke 2012; BAG FAQs zur Tigermücke 2012
- Gratz 2004; Lüthy et al 2006; Gruppo di lavoro zanzare 2006; Gruppo operativo del Gruppo di lavoro zanzare 2007

## **Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus*, *Ochlerotatus japonicus*)**

### Aussehen

Die Buschmücke ist dunkel- bis schwarzbraun und hat silbrig-weiße Querbinden am Körper und auf den Beinen. Sie ist grösser als die Tigermücke, sieht ihr aber auf Grund der hellen Streifen ähnlich.

### Verhalten

Die Buschmücke ist tagaktiv, lästig, aggressiv und verursacht schmerzhafte Stichwunden. Sie gilt als potentieller Brückenvektor für die Verbreitung des West-Nil-Virus (WNV). Sie hat ein breites Wirtsspektrum und sticht neben dem Mensch und Säugetieren auch Vögel, die ein wichtiges Reservoir für das WNV sind.

Gemäss A. Mathis (IPZ ZH) sind die Eier kälteresistent und können sogar im Eis überwintern. Die Larven schlüpfen schon im Frühsommer (im Eistauwasser), früher als andere Stechmücken, was die aktive Periode der Mücke wesentlich verlängert.

Die Lebensräume der Buschmücke sind vergleichbar mit denen der Tigermücke. *Ae. japonicus* besiedelt künstliche Habitate (Friedhofsvasen, Regentonnen, Brunnen oder Reifen) mit hohen organischen Konzentrationen (Schaffner et al 2003). Sie kommt im Vergleich zur Tigermücke aber auch in natürlichen Habitaten in der Vegetation (Wald, Baumhöhlen) vor. Dies erschwert ihre Bekämpfung, da dort Insektizide sehr restriktiv gehandhabt werden müssen.

---

<sup>60</sup> Eine Auflistung typischer Brutorte findet sich in: Kalifornien, Orange County Vector Control District *Vector Reduction Manual: Procedures and Guidelines*.

<sup>61</sup> **Diapause:** genetisch verankerte, an ein bestimmtes Entwicklungsstadium gebundene Unterbrechung der Entwicklung

### Verbreitung in der Schweiz

*Ae. japonicus* wurde in der Schweiz erstmals 2007 nachgewiesen. Gemäss Larvenmonitoring ist sie alleine in der Nordschweiz bereits über eine Fläche von ca. 1400 km<sup>2</sup> verbreitet (Schaffner et al 2009; Becker et al 2011, Huber et al 2011, Schneider et al 2011). Gemäss aktuellsten Informationen (Schaffner und Mathis Febr. 2011, Pilotstudie für BAFU) gab es eine Verdopplung des in der Schweiz besiedelten Territoriums innert einem Jahr (neu 5500 km<sup>2</sup>). 2010 wurde die Buschmücke erstmals auf über 1000m Höhe nachgewiesen. Heute ist sie bereits in 13 Kantonen etabliert (zuletzt BS und ZG; Mathis Präsentation 2011). Im Kanton Zürich macht die Mücke gemäss Stichproben schon 60% der gesamten Mückenpopulation aus (Schaffner et al 2009). Gemäss Becker et al 2011 ist *Ae. japonicus* auch in Deutschland bereits über ein Gebiet von 10`000 km<sup>2</sup> verbreitet.

### Krankheitsübertragung:

Die genaue Bedeutung als Virenüberträger scheint noch nicht geklärt zu sein. *Ae. japonicus* erwies sich bei Feld- und Laborstudien als experimenteller Vektor für das West-Nil-Virus. Für das Dengue-Virus und das Chikungunya-Virus wurde die Vektorkompetenz bisher nur im Labor gezeigt (Schaffner et al 2011; Medlock et al 2012). Weltweit wurde aber noch keine Übertragung durch die Buschmücke nachgewiesen.

Gemäss der Meinung vieler Experten ist die Buschmücke daher als potenzielle Virenträgerin von geringerer Bedeutung als die Tigermücke. Von den Experten des IPZ, F. Schaffner und A. Mathis, wird aber das Risikopotential von *Ae. japonicus* als Vektor auf Grund seiner raschen Verbreitung in der Schweiz und nördlich der Alpen sowie den Eigenschaften der Mücke als höher eingestuft als das durch *Ae. albopictus* (20 min 11.5.2012). Experten des SwissTPH hingegen sind der Ansicht, dass einheimische Mücken für die Krankheitsübertragung vermutlich ein grösseres Risiko darstellen<sup>62</sup>. Im Kanton Zürich wird aktuell eine Bekämpfungsstrategie gegen *Ae. japonicus* geprüft.

### ***Aedes vexans***

*Ae. vexans* brütet in Überschwemmungsgebieten und kann sich dort insbesondere im Frühjahr massiv verbreiten. Auf Grund ihrer Lästigkeit wird sie in der Schweiz in der Magadinoebene (TI) und am Greizersee (FR) grossflächig mit Bti bekämpft. Auch im Elsass, der Camargue in Südfrankreich sowie in Deutschland am Oberrhein, wo sie die am häufigsten vorkommende Mückenart ist, wird sie seit vielen Jahren bekämpft. Die Fähigkeit von *Ae. vexans*, Krankheiten zu übertragen, wurde im Labor schon gezeigt. Dies wird aber von Experten nicht als grosses Risiko eingeschätzt.

### ***Culex pipiens* (Gemeine Stechmücke)**

*Cx. pipiens* ist in der Schweiz die häufigste Mückenart und schon lange verbreitet. Je nach Art ist *Cx. pipiens* eher ornithophil oder eher anthropophil. Gewisse Arten sind als Überträger des West-Nil-Virus und der Saint Louis-Encephalitis (SLE) in den USA bekannt und als Überträger des Rift Valley-Fiebers in Ägypten. Ausserdem verursachte *Cx. pipiens* in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 ein Amselsterben durch die Übertragung des Usutu-Virus. In verschiedenen Ländern wurde in dieser Mückenart die Resistenzentwicklung gegen fast alle wichtigen Wirkstoffgruppen von Insektiziden beobachtet. *Cx. pipiens* steht nach Einschätzung von Experten auf der Liste der humanmedizinisch

---

<sup>62</sup> Kommentar der Mückenforscher des SwissTPH von 13.8.2010:

[www.swisstph.ch/de/news-archiv/news/news/asian-bush-mosquito-poses-no-immediate-threat.html](http://www.swisstph.ch/de/news-archiv/news/news/asian-bush-mosquito-poses-no-immediate-threat.html):

„Die sehr häufige und schon immer in Basel vorkommende Gemeine Stechmücke (*Culex pipiens*) ist wahrscheinlich der weit bessere Überträger für das West-Nil-Virus als *Ae. japonicus*. Der Nachweis der neuen Mückenart erhöht also nicht automatisch das Risiko einer Infektion mit diesem oder einem anderen Virus. Zudem ist das Virus in Europa bisher nur sehr vereinzelt nachgewiesen worden.“

relevanten Mücken in der Schweiz an zweiter Stelle, gleich nach *Ae. albopictus* (Kutlar 2010). Es wird vor allem als Brückenvektor<sup>63</sup> für das WNV diskutiert. Die Vektorkompetenz der in der Schweiz vorkommenden Arten soll in den nächsten Jahren noch genauer untersucht werden.

#### ***Culiseta annulata* (Einheimische Ringelschnake)**

Die Tigermücke wird häufig mit dieser verwechselt: Beide Arten sind durch Tigerung bzw. Ringelung gekennzeichnet, was allerdings bei der Tigermücke stärker ausgeprägt ist.

#### ***Culicoides* (Gnitzen)**

Die Gnitzen sind als Vektor des Blue-Tongue-Virus (BTV), des Erregers der Blauzungkrankheit bei Wiederkäuern, sowie des Schmallenberg-Virus (bei Rindern, Schafen und Ziegen) bisher ausschliesslich veterinärmedizinisch von Bedeutung.

#### ***Aedes aegypti* (Culicidae)**

*Ae. aegypti* wurde in Europa (Niederlande) erstmals 2010 eingeführt, hat sich aber nicht stark verbreitet. Auch in der Schweiz kann sie sich vermutlich nicht etablieren, da sie wegen des kühlen Klimas nicht überwintern kann. In tropischen Regionen ist sie ein bedeutender Überträger verschiedener Virenkrankheiten (u.a. Dengue). Im Herbst 2012 verursachte *Ae. aegypti* einen Dengue-Ausbruch auf der portugiesischen Insel Madeira, bei der alleine bis Februar 2013 über 2000 Menschen erkrankt sind.

---

<sup>63</sup> Mücke, die ornithophil und anthropophil ist und somit Erreger vom Vogel auf den Mensch übertragen kann

## Anhang II Durch Aedes-Arten übertragene Erreger

Die über Arthropoden übertragenen Viren werden als Arboviren (*Arthropod transmitted virus*) bezeichnet. Eine am SwissTPH durchgeführte Masterarbeit *Durch Mücken übertragene Infektionskrankheiten in der Schweiz* (Kutlar 2010) enthält eine Zusammenstellung der für die Schweiz potentiell relevanten Erreger, mit einer Kurzbeschreibung der Krankheiten und den jeweils wichtigsten Vektoren, von denen diese übertragen werden. Deren Relevanz für die Schweiz wurde auf Grund publizierter Daten und Experteninterviews beurteilt. Eine Übersicht der durch Mücken übertragenen Krankheiten findet sich u.a. auch unter RKI 2011; ENIVD 2012; Public Health agency of Canada 2012; ECDC 2012; Basetti 2009; Goddard 2010.

Nachstehend wird nur auf die Krankheiten eingegangen, deren Vektoren in der Schweiz natürlich vorkommen, und die mindestens teilweise humanpathogen sind. Von den rein tierpathogenen Erregern werden nur die aufgeführt, die durch die Tigermücke übertragen werden können. Vektorübertragene Parasiten (*Leishmania* und *Plasmodium*) und Bakterien (*Borrelia*) werden nicht genannt, da sie nicht durch die in dieser Arbeit behandelten Vektoren übertragen werden.

### Dengue-Virus

#### Erkrankung:

- Grippeähnliche Symptome, hohes Fieber, Glieder- und Kopfschmerzen, häufig begleitet von einem charakteristischen Hautausschlag.
- Die Krankheit wird wegen der Schmerzen auch als `Breakbone fever` bezeichnet.
- Sie kann bei Kindern, Immunschwachen und bereits einmal infizierten Personen – insbesondere bei Infektion mit bestimmten Subtypen - einen langwierigen oder schweren (hämorrhagischen) Verlauf haben und tödlich sein (Letalität 6- 30%; Morens und Fauci 2008).
- Keine Impfung und keine Therapie vorhanden (Nentwig 2011)
- Das Denguefieber ist in der Schweiz meldepflichtig.

#### Übertragung:

- Als Reservoir bekannt sind nur der Mensch und Primaten.
- Das Dengue-Fieber kann durch vier verschiedene Subtypen des Virus verursacht werden, die keine Kreuzimmunität aufweisen.
- *Ae. albopictus* und *Ae. aegypti* sind Vektoren des Dengue-Virus.
- Das Dengue-Virus kann auch vertikal, d.h. von einem infizierten Weibchen über die Eier auf die nächste Mückengeneration, übertragen werden und kann sich daher besonders leicht verbreiten (ein Import infizierter Eier ist nicht auszuschliessen).

#### Verbreitung:

- Es gibt weltweit jährlich 50 bis 100 Mio. Dengue-Fälle (RKI 2012); ca. 15`000 Menschen sterben daran. Es ist zum Beispiel stark verbreitet in Thailand und Indien (CDC Dengue 2012). Experten vermuten alleine in Indien jährlich Millionen von Dengue-Infektionen (The New York Times 6.11.2012). Wegen seines meist milden, grippeähnlichen Verlaufs (80% der Fälle) wird das Dengue-Fieber oft nicht erkannt. Experten gehen daher davon aus, dass die tatsächliche Zahl der Fälle weitaus höher ist. Auf Grund der massiven Verbreitung (in über 100 Ländern in den Tropen und Subtropen) ist das Risiko von infizierten Einreisenden aus endemischen Gebieten besonders

hoch. Nach Aussage der WHO ist heute jede sechste Person, die aus den Tropen heimkehrt, mit Dengue infiziert (The New York Times 6.11.2012).

- Europa: Das Virus kam früher im Mittelmeerraum vor (importiert durch spanische Schiffe). Neuere Fälle gab es 2010 in Kroatien und Frankreich; Ende August 2012 ist ein älterer Mann in Griechenland wahrscheinlich an Dengue-Fieber gestorben. Und auf der portugiesischen Insel Madeira kursiert seit Herbst 2012 eine Dengue-Epidemie, die grösste in Europa seit 100 Jahren.
- Schweiz: Die bisherigen Fälle in der Schweiz gehen auf Infektionen im Ausland zurück. Zwischen 2000 und 2010 wurden insgesamt 272 Fälle gemeldet, mit zunehmender Tendenz<sup>64</sup>. 2012 verzeichnete das BAG höhere Zahlen (95 Fälle). Wegen der weltweiten Ausbreitung muss in Zukunft mit einer Zunahme infizierter Einreisender gerechnet werden.

#### Literatur

- WHO-Seite zum Dengue-Virus [www.who.int/topics/dengue/en/](http://www.who.int/topics/dengue/en/)
- Labor Spiez, Fact sheet zum Dengue-Virus [www.labor-spiez.ch/de/the/bs/dethebsvir.htm](http://www.labor-spiez.ch/de/the/bs/dethebsvir.htm)
- CDC Interactive map of global dengue activity collaboratively developed and hosted by HealthMap [www.cdc.gov/dengue](http://www.cdc.gov/dengue)
- Morens et al 2008; Reiter 2010
- BAG-Homepage zu Dengue-Fieber [www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01066/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01066/index.html?lang=de)

### **Chikungunya-Virus (CHIKV)**

#### Erkrankung:

- In der Regel gutartiger Verlauf mit Fieber, Kopfschmerzen, Muskel- und Gelenkschmerzen, in 5 bis 10% der Fälle längerdauernde Beschwerden (Pialoux et al 2007)
- Keine Impfung und keine Therapie vorhanden (Nentwig 2011)
- Die Krankheit ist in der Schweiz seit 2007 meldepflichtig.

#### Übertragung:

- Hauptwirt und Reservoir sind Säugetiere.
- Vektoren sind *Ae. albopictus* und *Ae. aegypti*
- Das CHIKV kann transovariell auf die Eier der Nachkommen übertragen werden. Dies stellt ein erhöhtes Risiko dar, da sich so der Erreger im Vektor halten kann.

#### Verbreitung:

- Erstmals 1952 in Tansania, kommt bisher v.a. in Asien und Südamerika vor, früher auch im Mittelmeerraum.
- Bei einer Epidemie auf La Réunion 2005/2006 starben von 236'000 Infizierten 181 Menschen (Devaux 2012).

---

<sup>64</sup> Fallzahlen BAG [www.bag.admin.ch/k\\_m\\_meldesystem/00733/00804/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/k_m_meldesystem/00733/00804/index.html?lang=de);  
BAG, Übertragbare Krankheiten, Tabellen zu Dengue und Chikungunya in der Schweiz (Stand 10.2.2011)  
[www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/02107/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/02107/index.html?lang=de)

- Europa: 2007 erstmals Übertragung in Europa (Italien), 2010 in Frankreich  
Von Februar 2005 bis April 2006 wurden 347 importierte Chikungunya-Fälle in Europa diagnostiziert, von denen 307 in Frankreich auftraten.
- Schweiz: In der Schweiz ist die Fallzahl infizierter Personen sehr klein (2007 bis 2010: 24 Fälle)<sup>1</sup>. Es gab bisher noch keine autochthonen Fälle (nur eingereiste Personen waren infiziert). Johannes Blum (Arzt am SwissTPH) behandelt pro Jahr mehrere Fälle von Chikungunya- und Dengue-Erkrankungen (Blum und Hatz 2009; SRF Sept. 2009).

#### Literatur:

- Seyler et al. 2009; Depoortere E et al. 2006; Pfeffer und Loescher 2006; Ledrans et al 2007; Beltrame et al. 2007; Angelini et al 2007; Chikungunya Virus Net; ECDC meeting report 2006; ECDC Mission report 2007; ECDC 2007; WHO 2009a
- BAG-Homepage zu Chikungunya-Fieber  
[www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/02107/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/02107/index.html?lang=de)

### **West-Nil-Virus (WNV)**

#### Erkrankung:

- Infektion meist unbemerkt, ca. 20% mit grippeähnlichen Symptomen, verläuft in einem von 100 bis 150 Fällen tödlich (Gubler 2007)
- Keine gezielte Therapie vorhanden (Nentwig 2011). Für Pferde gibt es eine Impfung. Das WNV ist seit 1.7.2011 in der TSV als zu überwachende Tierseuche aufgeführt und ist meldepflichtig.

#### Übertragung:

- Das Virus kann von Mücken auf ganz unterschiedliche Tierarten übertragen werden, wie Vögel (Hauptwirt und Reservoir sind Wildvögel), Menschen, Säugetiere (Pferde) und Reptilien (BVET 2011 und BVET 2012).
- Vektoren: wird übertragen durch *Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, weniger gut durch *Ae. albopictus*, *Ae. japonicus* (NWCH), *Ae. vexans* u. anderen Aedes-Arten.
- Säugetiere sind sogen. Endwirte, d.h. die Mücken können beim Stechen infizierter Säugetiere keine Viren aufnehmen (für die Verbreitung sind nur Vögel relevant).

#### Verbreitung:

- Wegen seines indirekten Übertragungswegs, insbesondere der Verbreitung über Vögel, kann das WNV in kurzer Zeit über grosse Strecken verbreitet werden.
- Das WNV ist in Südeuropa endemisch und verursachte bisher sporadisch kleinere Ausbrüche. Seit 2008 zirkuliert der Erreger in der Vogelpopulation Norditaliens und hat dort zu Erkrankungen bei Pferden und Menschen geführt. Im August 2010 wurden erstmals Fälle von WNV-Fieber beobachtet. Etwa zeitgleich erkrankten in mehreren Provinzen 262 Personen. Allen betroffenen Regionen ist gemeinsam, dass sie an den Flugrouten von Zugvögeln liegen, die aus Afrika kommend über das Mittelmeer nach Nord- und Osteuropa ziehen. Als Erreger-Drehkreuze dienen dabei die Niederungen und Feuchtgebiete der grossen Flussmündungen, wie die Camargue, das Donau- und das Wolgadelta. Dazu passt, dass Menschen, die in der Nähe dieser Drehkreuze leben bzw. Kontakt mit Zugvögeln hatten, überproportional häufig am WNV-Fieber erkrankten (NZZ 1.11.2012). Im Sommer 2010 erkrankten in Griechenland über 200 Personen am West-Nil-Fieber und es gab mehrere Todesfälle.

- Experten gehen davon aus, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis das WNV als «blinder Passagier» in einem Zugvogel oder einer Stechmücke im Radkasten eines Flugzeugs die Länder nördlich der Alpen erreicht. Für die Vermehrung innerhalb einer Mücke benötigt das WNV für einige Tage eine konstante Umgebungstemperatur von rund 18 Grad.
- In den USA ist das WNV bereits weit verbreitet: von 1999 bis 2003 starben in den USA von 14000 Infizierten 564 Personen (4%) (Nentwig 2010). 2012 erkrankten alleine bis 14. November 5128 Personen, mit 229 Todesfällen (CDC West-Nil-Virus 2012).
- In der Schweiz sind bisher keine WNV-Fälle aufgetreten, aber es kommen für WNV empfängliche Vogelarten und kompetente Stechmücken vor. Eine autochthone Übertragung kann daher nicht ausgeschlossen werden (BVET 2012).
- Das BVET finanziert seit 2012 ein Monitoring von Mückenvorkommen und der saisonalen Häufigkeiten sowie die Untersuchung von deren Vektorkompetenz für das West-Nil-Virus (durch das IPZ ZH, A. Mathis).

#### Literatur

- Labor Spiez, Fact sheet zum West-Nil-Virus  
[www.labor-spiez.ch/de/the/bs/dethebsvir.htm](http://www.labor-spiez.ch/de/the/bs/dethebsvir.htm)
- BAG-Homepage zum West-Nil-Virus  
[www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01113/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/00682/00684/01113/index.html?lang=de)
- BVET Informationen zum West-Nil-Fieber  
[www.bvet.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de](http://www.bvet.admin.ch/themen/02794/02829/02913/index.html?lang=de)

### **Usutu-Virus (USUV)**

#### Erkrankung:

Auftreten bei verschiedenen Vogelarten vor allem in den Sommermonaten, mit hoher Mortalität. Beim Menschen traten Krankheitssymptome nur in einzelnen Fällen bei immungeschwächten Patienten auf; das Usutu-Virus hat daher ein geringes humanpathogenes Potenzial (Konrad 2011).

#### Verbreitung:

Das Usutu-Virus gehört zur Japanischen-Enzephalitis-Virus-Gruppe (Familie Flaviviridae) und wurde erstmals 1959 aus Stechmücken der Art *Culex neavei* aus Südafrika isoliert.

In Europa trat das USUV erstmals 2001 in Österreich (Wien) auf. Im Sommer 2009 kam es in Italien erstmals zu Krankheitsfällen beim Menschen: Zwei immungeschwächte Patienten erkrankten an einer Hirnhautentzündung, die auf eine USUV-Infektion zurückzuführen war. 2010 identifizierte die Gruppe um Dr. Jonas Schmidt-Chanasit, Virologe am BNI, das USUV in Stechmücken der Art *Culex pipiens*.

Im Sommer 2011 kam es in Deutschland erstmals zu einem Ausbruch des Usutu-Virus und einem dadurch verursachten Massenvogelsterben (v.a. Amseln) in der Rheinebene und angrenzenden Gebieten (Becker et al 2012; Jöst et al 2011; Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Pressemitteilung Nr. 5/2011). Im Sommer 2012 gab es erneut eine Epidemie und ein dadurch ausgelöstes Amselsterben.

Auch in der **Schweiz** wurde das Usutu-Virus schon nachgewiesen. In den Jahren 2006 und 2007 wurden infizierte Vögel im Zoo Zürich festgestellt. In und um Zürich wurden Infektionen mit dem Usutu-Virus in Wildvögeln (Spatzen, Eulen) festgestellt (Steinmetz et al 2011). Seit Ende Juli 2012 sind in Zürich gemäss Tierspital der Universität Zürich vermehrt tote Amseln und Haussperlinge aufgefunden worden; auch mehrere Eulen im Zoo Zürich sind verstorben.

### Übertragung:

Überträger für das Usutu-Virus in Europa ist vor allem die Gemeine Stechmücke *Culex pipiens pipiens*, aber auch *Ae. albopictus* und *Culiseta annulata* sind mögliche Überträger (Konrad 2011). Der natürliche Wirt für das USUV sind Wildvögel. Zugvögel spielen eine Schlüsselrolle bei der Ausbreitung des Virus über große Distanzen hinweg.

### Literatur

- NABU [www.nabu.de/tiereundpflanzen/voegel/forschung/amselsterben](http://www.nabu.de/tiereundpflanzen/voegel/forschung/amselsterben)
- Epidemie und Amselsterben im Sommer 2012 [www.faz.net/aktuell/rhein-main/hesse-infiziert-usutu-virus-erstmals-in-deutschland-bei-mensch-nachgewiesen-11861952.html](http://www.faz.net/aktuell/rhein-main/hesse-infiziert-usutu-virus-erstmals-in-deutschland-bei-mensch-nachgewiesen-11861952.html)

### ***Dirofilaria immitis* (Fadenwurm)**

Er verursacht Dirofilariose im Mittelmeerraum bei Tieren (va. Hunde). Beim Mensch treten nur selten Fälle bei immunsupprimierten Personen auf. Überträger sind *Ae. albopictus*, *Ae. vexans* und *Cx. pipiens*.

### Weitere durch *A. albopictus* (potentiell) übertragene Krankheiten (nicht abschliessend)

- Rift Valley fever
- Eastern equine encephalitis
- La Crosse encephalitis
- Yellow fever
- Japanese encephalitis
- St. Louis encephalitis
- Ross River Fever
- Venezuelan equine encephalitis
- Western equine encephalitis
- Venezuelan equine encephalomyelitis

## Anhang III Rechtliche Grundlagen

Invasive gebietsfremde Stechmücken gehören zu den Neobiota, die in der **Freisetzungsverordnung** geregelt sind. Infektionskrankheiten werden im **Epidemiengesetz** geregelt, das zur Zeit revidiert wird. Die **Tierseuchengesetzgebung** regelt Tierseuchen und Zoonosen. Der Einsatz von Insektiziden ist in der **Chemikaliengesetzgebung** durch verschiedene Rechtserlasse geregelt.

Untenstehend sind Auszüge aus den relevanten Gesetzen und Verordnungen (kursiv im farbig hinterlegten Kasten) aufgeführt, jeweils mit eigenen Erläuterungen sowie den dazu publizierten Erläuterungen (kursiv). Dazu werden jeweils der aktuelle **Stand** der Umsetzung und die bisher noch nicht oder ungenügend umgesetzten Regelungen (**Handlungsbedarf**) dargestellt.

### **Freisetzungsverordnung, FrSV**

Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt

vom 10. September 2008 (Stand am 1. Juni 201 ([www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_911.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_911.html)))

Die Freisetzungsverordnung regelt u.a. das Monitoring und die Bekämpfung invasiver gebietsfremder Spezies, zu denen auch die invasiven Stechmücken gehören. Darin sind vor allem die Zuständigkeiten der Bundesbehörden (Koordination, Monitoring) und der Kantone (Bekämpfung) geregelt.

#### **Art. 50 Erhebungen**

*1 Das BAFU führt Erhebungen durch, die für die Beurteilung der Umweltbelastung durch bestimmte Organismen, durch bestimmte Eigenschaften von Organismen oder durch bestimmtes genetisches Material erforderlich sind.*

*2 Zu diesem Zweck sorgt es bei Bedarf für:  
die Entwicklung geeigneter Methoden zum Nachweis dieser Organismen, dieser Eigenschaften oder dieses genetischen Materials in der Umwelt;  
die gezielte Untersuchung von Umweltpuben auf das Vorhandensein dieser Organismen, dieser Eigenschaften oder dieses genetischen Materials.*

#### **Art. 51 Umweltmonitoring**

*<sup>1</sup> Das BAFU sorgt für den Aufbau eines Monitoringsystems, mit dem mögliche Gefährdungen der Umwelt und Beeinträchtigungen der biologischen Vielfalt durch gentechnisch veränderte Organismen und ihr transgenes Erbmateriale sowie durch invasive gebietsfremde Organismen frühzeitig erkannt werden können.*

*<sup>2</sup> Es bestimmt zu diesem Zweck die spezifischen Monitoringziele und legt die erforderlichen Methoden, Indikatoren und Beurteilungskriterien fest. Vor der Festlegung der Methoden, Indikatoren und Beurteilungskriterien hört es die betroffenen Bundesstellen und Kantone sowie die betroffenen Kreise an.*

<sup>3</sup> Es verwendet für das Monitoring so weit wie möglich Daten bestehender Monitoringsysteme im Umwelt- und Landwirtschaftsbereich und prüft zudem besondere Beobachtungen Dritter.

<sup>4</sup> Die für den Vollzug dieser Verordnung zuständigen eidgenössischen und kantonalen Stellen teilen dem BAFU auf Anfrage die erforderlichen Daten mit; insbesondere teilt das BLW die Daten aufgrund der Landwirtschaftlichen Datenverordnung vom 7. Dezember 1998, der Direktzahlungsverordnung vom 7. Dezember 1998, der Öko-Qualitätsverordnung vom 4. April 2001, der Bio-Verordnung vom 22. September 1997 und der Verordnung vom 7. Dezember 1998 über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft sowie aufgrund von Artikel 27 Absatz 3 der Pflanzenschutzverordnung vom 28. Februar 2001 mit.

<sup>5</sup> Ergibt die Auswertung der Daten und Beobachtungen Hinweise auf Schädigungen oder Beeinträchtigungen, so:

a. lässt das BAFU, unter Beizug anderer betroffener Bundesstellen, wissenschaftlich abklären, ob ein kausaler Zusammenhang bestehen könnte zwischen diesen Beeinträchtigungen oder Schädigungen und dem Vorhandensein der überwachten Organismen nach Absatz 1;

b. informiert das BAFU die Kantone.

**Stand:** Die Methodenentwicklung zum Nachweis der Mücken sowie das Monitoring werden vom Bund finanziell unterstützt. Bisher beschränkt sich das Monitoring hauptsächlich auf das Tessin und einige ausgewählte Standorte. Zwischen BAFU und dem Kanton Tessin besteht ein regelmässiger Informationsaustausch.

**Handlungsbedarf:** Es sollten vom BAFU Ziele für ein flächendeckendes Monitoring in der ganzen Schweiz festgelegt werden. Längerfristig benötigen die für die Bekämpfung zuständigen Kantone auch Beurteilungskriterien, um das Risiko durch invasive, gebietsfremde Stechmücken beurteilen zu können. Das Vorgehen dafür ist mit Experten<sup>65</sup> zu erarbeiten und den betroffenen Bundesstellen und Kantonen zur Stellungnahme zu kommunizieren.

#### **Art. 52 Bekämpfung**

<sup>1</sup> Treten Organismen auf, die Menschen, Tiere oder die Umwelt schädigen oder die biologische Vielfalt oder deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigen könnten, so ordnen die Kantone die erforderlichen Massnahmen zur Bekämpfung und, soweit erforderlich und sinnvoll, zur künftigen Verhinderung ihres Auftretens an.

<sup>2</sup> Die Kantone informieren das BAFU und die übrigen betroffenen Bundesstellen über das Auftreten und die Bekämpfung solcher Organismen. Sie können einen öffentlich zugänglichen Kataster über die Standorte der Organismen erstellen.

<sup>3</sup> Das BAFU koordiniert, soweit erforderlich, die Bekämpfungsmassnahmen und entwickelt zusammen mit den übrigen betroffenen Bundesstellen und den Kantonen eine nationale Strategie zur Bekämpfung der Organismen.

<sup>4</sup> Vorbehalten bleiben die Bestimmungen anderer Bundeserlasse, welche die Bekämpfung schädlicher Organismen regeln.

---

<sup>65</sup> Ein konkreter Projektvorschlag für ein kosteneffizientes Monitoring in der ganzen Schweiz als Frühwarnsystem wird zur Zeit von P. Müller (SwissTPH) und M. Tonolla (ICM) ausgearbeitet.

**Stand:** Das BAG und das BAFU haben sich finanziell an der Entwicklung einer Strategie beteiligt und 2011 in Zusammenarbeit mit dem Tessin ein Konzept zur Bekämpfung der Tigermücke erstellt (BAFU 2011). Lediglich das Tessin führt bereits seit vielen Jahren eine aktive Bekämpfung der Tigermücke durch und hat die dafür nötige Organisation aufgebaut.

**Handlungsbedarf:** In den meisten Kantonen hingegen ist die Zuständigkeit für die Bekämpfung und Massnahmen betreffend invasiver Vektoren noch nicht geklärt.

Regelung der Neobiota international: Die Schweiz ist bisher das einzige Land, in dem es eine rechtliche Regelung für invasive Neobiota gibt. In den EU-Ländern sind invasive Exoten oder Neobiota noch nicht spezifisch geregelt. Grundlagen für Massnahmen sind dort nur die Biodiversitätskonvention, die bisher vor allem auf EU-Ebene - meist noch nicht auf nationaler Ebene - umgesetzt ist, oder die gesetzlichen Regelungen des Gesundheitsschutzes (z.B. in D).

#### Erstmalige Freisetzung

Für die Verwendung von biologischen Biozidprodukten - Organismen wie die biologischen Larvizide *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) oder *Bacillus sphaericus* (Bsph) - ist eine Zulassung erforderlich (s. unten). Wie Bti wurde Bsph ausserhalb der EU isoliert und gilt daher gemäss Art. 18.2 FrSV als gebietsfremd.

Sollen biologische Biozide zu Forschungs- und Entwicklungszwecken eingesetzt werden, sind die in der Freisetzungsverordnung enthaltenen Bestimmungen für pathogene und gebietsfremde Organismen sowie für Freisetzungsversuche zu berücksichtigen (hier summarisch aufgeführt):

- Anforderungen an den Umgang mit pathogenen Organismen (Art. 12-14)
- Anforderungen an den Umgang mit gebietsfremden Organismen (Art. 15-16)
- Bestimmungen zu Freisetzungsversuchen (Art. 17-24, Art. 36 -41)

Für das Inverkehrbringen von Biozidprodukten, die pathogene Mikroorganismen sind oder solche enthalten, muss die Sicherstellungspflicht nach Art. 14 FrSV erfüllt werden. Der Kanton Tessin hat 2012 ein Gesuch für einen Freisetzungsversuch mit *Vectomax*, einem Produkt auf der Basis von Bsph, gestellt, das Ende 2012 bewilligt wurde.

#### **Epidemiengesetz (EpG)**

Bundesgesetz über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen,  
vom 18. Dezember 1970 (Stand am 1. August 2008) [www.admin.ch/ch/d/sr/c818\\_101.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c818_101.html)

Das Epidemiengesetz regelt die Überwachung und Bekämpfung von übertragbaren Krankheiten des Menschen. Sobald übertragbare Krankheiten auftreten, sind die kantonalen Gesundheits-behörden und das BAG für deren Bewältigung zuständig. Es besteht eine Meldepflicht beim BAG von Chikungunya-Fieber, West-Nil- und Denguefieber (bei Auftreten eines Krankheitsfalls muss dieser vom Arzt an den Kantonsarzt und von diesem an das BAG gemeldet werden).

Das EpG enthielt bisher keine Regelungen betreffend Vektoren, die potentiell Krankheiten übertragen können, aber noch keine Viren in sich tragen. Mit der Revision des EpG sind diesbezüglich verschiedene Änderungen vorgesehen, so u.a. das Schaffen eines Koordinationsorgans, das die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von vektorübertragenen Krankheiten koordiniert.

## **Revidiertes Epidemiengesetz** (Stand 28. Sept. 2012)

[www.bag.admin.ch/themen/medizin/03030/03209/03210/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/03030/03209/03210/index.html?lang=de)

2006 wurde der Auftrag erteilt, das geltende Bundesgesetz über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten (Epidemiengesetz, EpG) von 1970 total zu revidieren. Das revidierte EpG soll die zeitgemässe Erkennung, Überwachung, Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten gewährleisten sowie zu einer verbesserten Bewältigung von Krankheitsausbrüchen mit grossem Gefährdungspotenzial für die öffentliche Gesundheit beitragen. Es sieht explizit Massnahmen schon auf der Ebene der Krankheitsvektoren vor. Dafür soll die Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den betroffenen Stellen von Bund und Kantonen optimiert und die internationale Vernetzung verstärkt werden. Die untenstehend zitierten Artikel sind jeweils mit Erläuterungen aus der Botschaft zur Revision des Bundesgesetzes über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen ergänzt (kursiv).

### Aktueller Stand der Totalrevision (Stand 24. März 2013):

Das Parlament hat am 28. September 2012 den vom Bundesrat zugestellten Entwurf des revidierten EpG mit grosser Mehrheit gutgeheissen. Am Erlassstext wurden nur geringfügige Änderungen vorgenommen. Gegen das Gesetz wurde das Referendum ergriffen, welches zustande gekommen ist. Die Volksabstimmung wird voraussichtlich im Herbst 2013 stattfinden.

### **Art. 5 Nationale Programme**

*1 Das Bundesamt für Gesundheit (BAG) erarbeitet unter Einbezug der Kantone themenspezifische nationale Programme zur Erkennung, Überwachung, Verhütung und Bekämpfung von übertragbaren Krankheiten, insbesondere in den Bereichen...*

Erläuterung aus der Botschaft zur Erläuterung aus der „Botschaft zur Revision des Bundesgesetzes über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen (Epidemiengesetz, EpG)“ vom 3. Dezember 2010 zu Art. 5 Nationale Programme

*Nach Absatz 1 sollen insbesondere in den Bereichen Impfungen, therapieassoziierte Infektionen und Resistenzen bei Krankheitserregern sowie HIV oder im Zusammenhang mit anderen sexuell übertragbaren Krankheitserregern nationale Programme erarbeitet werden können. Diese Liste ist nicht abschliessend. Andere Themen können ebenfalls Gegenstand nationaler Programme sein, wie z.B. die Bekämpfung von Vektoren von Krankheitserregern (z.B. Tigermücke).*

### **Art. 45 Waren- und Güterverkehr**

*1 Der Bundesrat kann Vorschriften über den Transport sowie die Ein-, Aus- und Durchfuhr von Waren und Gütern erlassen, die Träger von Krankheitserregern sein können. Er kann insbesondere:*

- a. die Anforderungen an die Schutzmassnahmen beim Transport von Waren und Gütern festlegen;*
- b. Untersuchungen von Waren und Gütern auf bestimmte Krankheitserreger vorschreiben;*
- c. Einschränkungen und Verbote für den Transport sowie die Ein-, Aus- und Durchfuhr von Waren und Gütern erlassen.*

*2 Er kann die Kantone beauftragen, einzelne Massnahmen durchzuführen.*

Erläuterung aus der „Botschaft zur Revision des Bundesgesetzes über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen (Epidemiengesetz, EpG)“ vom 3. Dezember 2010 zu Art. 45 Warenverkehr:

Zur Krankheitsbekämpfung können je nach Situation auch **Massnahmen gegenüber Waren** notwendig werden. Ein bekanntes Beispiel ist die Einschleppung der Tigermücke (*Aedes albopictus*) über den weltweiten Versand gebrauchter Autoreifen. Dabei werden die Mückeneier, die in den Autoreifen abgelegt wurden, weiterverbreitet. Die Tigermücke ist als Überträgerin von Krankheiten wie Chikungunya, Dengue-Fieber und West-Nil-Fieber für den Menschen bedeutsam. Im **internationalen Verkehr** sehen die IGV diesbezüglich verschiedene Massnahmen vor, z. B. die **Überwachung von Waren aus Endemiegebieten** (inkl. Gepäck, Fracht oder Postpakete) sowie **Massnahmen an dabei benutzten Transportmitteln**. Zudem kann die WHO Empfehlungen in Bezug auf Waren, Güter und Transportmittel abgeben. Um diesen internationalen Vorgaben Rechnung zu tragen und innerstaatlich einen besseren Schutz vor der Krankheitsübertragung im Zusammenhang mit Waren zu erzielen, wird der Bundesrat in Absatz 1 ermächtigt, **Vorschriften über den Transport sowie die Ein-, Aus- oder Durchfuhr von potenziell infektiösen Waren** zu erlassen. Zu regeln sind insbesondere folgende Aspekte:

- die **Anforderungen an die Schutzmassnahmen beim Transport** (Bst. a), so etwa hinsichtlich der zu befördernden Ware selber oder auch in Bezug auf das Transportmittel;
- die **Auflistung der Krankheitserreger, auf welche die zu transportierenden Waren untersucht werden müssen** (Bst. b). Hier ist vor allem an Krankheitserreger zu denken, von denen eine besondere Ansteckungs- oder Gesundheitsgefahr ausgehen kann;
- die **Festlegung der Kriterien, bei denen eine Einschränkung oder ein Verbot des Warentransports oder der Ein-, Aus- oder Durchfuhr aus Gesundheitsschutzgründen notwendig ist** (Bst. c).

...

Im Rahmen des Abkommens vom 22. Juli 1972 zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft können analog die Ein-, Aus- und Durchfuhr von Waren verboten oder beschränkt werden, wenn u.a. Gründe zum Schutz der Gesundheit und des Lebens von Menschen und Tieren bestehen. Der Bundesrat kann die Kantone mit der Durchführung einzelner Massnahmen beauftragen (Abs. 2).

#### **Art. 47 Bekämpfung von Organismen**

- 1 *Treten Organismen auf, die Krankheitserreger auf den Menschen übertragen können, so ergreifen die zuständigen Bundesstellen und die kantonalen Stellen in gegenseitiger Koordination die erforderlichen Massnahmen zur Bekämpfung dieser Organismen oder zur Verhütung ihres Auftretens.*
- 2 *Unternehmen, die im Eisenbahn-, Bus-, Schiffs- oder Flugverkehr Personen befördern, Flughafenthaler, Betreiber von Hafenanlagen, Bahnhöfen und Busstationen und Reiseveranstalter sind bei der Durchführung dieser Massnahmen zur Mitwirkung verpflichtet.*

Erläuterung aus der „Botschaft zur Revision des Bundesgesetzes über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen (Epidemiengesetz, EpG)“ vom 3. Dezember 2010 zu Art. 47 Bekämpfung von Organismen

*Infektionskrankheiten können von zahlreichen Organismen wie Ratten, Flöhe, Mücken oder Zecken auf den Menschen übertragen werden. Dazu zählen z. B. die Malaria, Viruserkrankungen wie Chikungunya und West-Nil oder die Frühsommer-Meningo-Enzephalitis (FSME). Diese Überträger von Infektionskrankheiten werden als «Vektoren» bezeichnet.*

**Die zuständigen Bundesstellen und die kantonalen Stellen** werden in Absatz 1 **beauftragt, die erforderlichen Massnahmen zur Bekämpfung oder zur Verhütung ihres Auftretens zu ergreifen**. Da verschiedene Stellen wie die Bundesämter für Umwelt, Veterinärwesen, Landwirtschaft und Gesundheit für die Bekämpfung von Organismen zuständig sein können, ist beim Ergreifen von Massnahmen eine **Koordination und Abstimmung zwischen den betroffenen Stellen** nötig.

Absatz 2 **verpflichtet Unternehmen**, die im Eisenbahn-, Bus, Schiffs- oder Flugverkehr tätig sind, Betreiber von Hafenanlagen, Bahnhöfen und Busstationen sowie Flughafenthalter zur **Mitwirkung bei der Bekämpfung von Organismen**.

**Stand:** Für die Koordination der verschiedenen Bundesämter wurde die IDAV gegründet (interdepartementale Arbeitsgruppe zur Koordination bezüglich Vektoren). Zur fachlichen Vernetzung wurde ausserdem 2011 die Koordinationsgruppe SVEG (Swiss Vector Entomology Group) initiiert.

**Handlungsbedarf:** Die zuständigen Bundesämter sollten im Rahmen der IDAV baldmöglichst klären, wie zukünftig die Aufgaben bei der Prävention und Bekämpfung von vektorübertragenen Krankheiten und den Überträgern aufgeteilt werden. In den meisten Kantonen ist die Zuständigkeit für die Bekämpfung von Krankheitsüberträgern noch nicht geklärt. Erst wenn dies geschehen ist, kann auch die Koordination der Kantone untereinander sowie zwischen Bund und Kantonen weiter aufgebaut werden.

**Art. 48 Desinfektion und Entwesung**

- 1 Die zuständigen kantonalen Behörden sorgen für die Desinfektion und Entwesung, insbesondere von Transportmitteln und Waren, um die Verbreitung von übertragbaren Krankheiten zu verhindern.*
- 2 Unternehmen, die im Eisenbahn-, Bus-, Schiffs- oder Flugverkehr Personen befördern, Flughafenthalter, Betreiber von Hafenanlagen, Bahnhöfen und Busstationen und Reiseveranstalter sind bei Desinfektionen und Entwesungen zur Mitwirkung verpflichtet.*

**Art. 54 Koordinationsorgan**

- 1 Bund und Kantone schaffen ein Organ zur Förderung der Zusammenarbeit (Koordinationsorgan). Für bestimmte Themen, insbesondere für die Erkennung und Überwachung, Verhütung und Bekämpfung von Zoonosen, können Unterorgane gebildet werden.*
- 2 Das Koordinationsorgan und seine Unterorgane setzen sich zusammen aus Vertreterinnen und Vertretern des Bundes und der Kantone. Bei Bedarf können sie mit weiteren sachkundigen Personen ergänzt werden.*

3 Sie haben insbesondere folgende Aufgaben:

- a. die Koordination der Massnahmen zur Vorbereitung auf Situationen, von denen eine besondere Gefährdung der öffentlichen Gesundheit ausgeht;
- b. die Koordination der Erkennungs-, Verhütungs- und Bekämpfungsmassnahmen;
- c. die Förderung eines einheitlichen Vollzugs;
- d. die Koordination der Information und Kommunikation
- e. die Unterstützung des Einsatzorgans des Bundes bei der Bewältigung von besonderen oder ausserordentlichen Lagen.

Erläuterung aus der Botschaft zur Revision des Bundesgesetzes über die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten des Menschen (Epidemiengesetz, EpG) vom 3. Dezember 2010 zu Art. 54 Koordinationsorgan

Das Koordinationsorgan kann Unterorgane bilden, um spezifische Themen zu bearbeiten. Dies ist **für den Bereich der Zoonosen bereits vorgesehen** und entspricht einem in der Vernehmlassung geäusserten grossen Bedürfnis seitens der Kantone und anderer Stellen. Hauptzweck des Unterorgans für den Bereich der Zoonosen ist die **Koordination der Ziele und Strategien bei der Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Zoonosen und Krankheitsüberträgern (Vektoren)**. Das Unterorgan Zoonosen soll einerseits die Globalziele in Prävention, Erkennung und Bekämpfung von Zoonosen definieren und andererseits konkrete Umsetzungsstrategien in den Bereichen Tiere, Umwelt und Menschen vorschlagen. Das Koordinationsorgan und seine Unterorgane sollen aus Vertreterinnen und Vertretern des Bundes (insbesondere des BAG) und der Kantone (insbesondere der Kantonsärzteschaft) bestehen (Abs. 2).

**Art. 77 Aufsicht und Koordination**

- 1 Der Bund beaufsichtigt den Vollzug dieses Gesetzes durch die Kantone.
- 2 Er koordiniert die Vollzugsmassnahmen der Kantone, soweit ein Interesse an einem einheitlichen Vollzug besteht.
- 3 Er kann zu diesem Zweck:
  - a. den Kantonen Massnahmen für einen einheitlichen Vollzug vorschreiben;
  - b. bei Gefährdungen der öffentlichen Gesundheit die Kantone anweisen, bestimmte Vollzugsmassnahmen umzusetzen;
  - c. die Kantone verpflichten, den Bund über Vollzugsmassnahmen zu informieren;
  - d. den Kantonen Vorgaben für ihre Vorbereitungs- und Notfallpläne machen.

**Tierseuchengesetz (TSG)** vom 1. Juli 1966 (Stand am 1. Januar 2013)

[www.admin.ch/ch/d/sr/9/916.40.de.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/sr/9/916.40.de.pdf)

Das Tierseuchengesetz regelt die Prävention und Bekämpfung von Tierseuchen und Zoonosen<sup>66</sup>. Das BVET kann in dringlichen Fällen zeitlich beschränkte Vorschriften erlassen, wenn überraschend eine bisher nicht geregelte Tierseuche auftritt oder auf die Schweiz überzugreifen droht. Das BVET kann auch vorübergehende Massnahmen anordnen, wenn eine hoch ansteckende Seuche auf die Schweiz überzugreifen droht (Art. 57, Abs. 2).

Bei der letzten Revision wurde die Prävention gestärkt: Das BVET fördert die Tierseuchenprävention; insbesondere kann es Früherkennungs- und Überwachungsprogramme durchführen. Es kann die Durchführung von Früherkennungs- und Überwachungsprogrammen an Dritte übertragen (Art. 57 Abs. 3 Bst. b und 4).

**Tierseuchenverordnung (TSV)** vom 27. Juni 1995 (Stand am 15. Januar 2013)

[www.admin.ch/ch/d/sr/916\\_401/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/916_401/index.html)

Das TSV regelt die Bekämpfung von hochansteckenden und anderen Tierseuchen. Bei der Revision des TSV von 01.07.2011 wurde das West-Nil-Fieber (WNF) als zu überwachende Seuche aufgenommen (Art. 5) und eine Meldepflicht für WNF bei Tieren eingeführt (Art. 61).

**Verordnung des EDI über Arzt- und Labormeldungen**

vom 13. Januar 1999 (Stand am 1. November 2012) des EDI

[www.admin.ch/ch/d/sr/818\\_141\\_11/index.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/818_141_11/index.html)

## **Art. 1 Gegenstand**

<sup>1</sup> *Diese Verordnung bezeichnet die meldepflichtigen Beobachtungen übertragbarer Krankheiten des Menschen, die von Ärztinnen oder Ärzten sowie von den Laboratorien zu erbringen sind. Sie nennt die Meldekriterien, die Meldefristen und bestimmt, welche Meldungen personenidentifizierend erfolgen (Anhang 1).*

<sup>3</sup> *Die in den Anhängen aufgeführten Meldefristen gelten auch für die Kantonsärztinnen und Kantonsärzte sowie für das Bundesamt für Gesundheit (BAG).*

**Stand:** Beim BAG besteht eine Meldepflicht für West-Nil-, Chikungunya- und Dengue-Fieber. Die Fallzahlen werden wöchentlich publiziert (BAG-Bulletin).

---

<sup>66</sup> Zoonose: zwischen Mensch und Tier übertragbare Krankheit; Tierseuche: Definition s. TSV, Art. 1

## Chemikaliengesetzgebung

Die für die Bekämpfung von Organismen verwendeten chemischen und biologischen Bekämpfungsmittel unterstehen der Chemikaliengesetzgebung. Biozide Wirkstoffe und Produkte bergen bestimmungsgemäss ein human- und ökotoxisches Risikopotenzial. Für ihren Einsatz müssen daher bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Neben den allgemeingültigen chemikalienrechtlichen Bestimmungen sind v.a. die Biozidprodukteverordnung (für die Zulassung der Bekämpfungsmittel, spezifische Anforderungen für das Inverkehrbringen) sowie die Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (Fachbewilligungspflicht für die berufliche Verwendung der Mittel) relevant.

### **Biozidprodukteverordnung, VBP**

Verordnung über das Inverkehrbringen von und den Umgang mit Biozidprodukten

(vom 18. Mai 2005 (Stand am 1. Februar 2013, SR 813.12) [www.admin.ch/ch/d/sr/c813\\_12.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c813_12.html))

Die VBP definiert die Produktarten, die als Biozidprodukte gelten und legt die Anforderungen an die Kennzeichnung und das Vermarkten sowie die Zulassungsverpflichtung fest. Für die Bekämpfung von Mücken ist die Produktart 18 (Insektizide, Akarizide und Produkte gegen andere Arthropoden) relevant.

#### **Art. 1. Gegenstand und Geltungsbereich**

*1 Diese Verordnung regelt:*

- a. das Inverkehrbringen von Biozidprodukten und ihren Wirkstoffen, namentlich die Zulassungsarten und -verfahren, die Verwendung von Daten früherer Gesuche zu Gunsten von späteren Gesuchstellerinnen sowie die Einstufung, Verpackung, Kennzeichnung und das Sicherheitsdatenblatt;*
- b. besondere Aspekte des Umgangs mit Biozidprodukten.*

*2 Für Biozidprodukte, die pathogene Mikroorganismen sind oder enthalten, sind die Bestimmungen dieser Verordnung über das Inverkehrbringen auch auf die Einfuhr zu nicht-beruflichen oder nicht-gewerblichen Zwecken anwendbar.*

Die strengeren Einfuhrbestimmungen in Absatz 2 gelten zum Beispiel für die Larvizide Bti und Bsph.

#### **Art. 3 Pflicht zur Zulassung, Registrierung oder Anerkennung**

*1 Biozidprodukte dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie zugelassen, registriert oder anerkannt sind.*

*1bis Für Biozidprodukte, die zu beruflichen oder gewerblichen Zwecken eingeführt werden, ist die Pflicht nach Absatz 1 vor der ersten Abgabe bzw. vor der ersten Verwendung zu erfüllen.*

*2 Biozidprodukte, die zu Forschungs- und Entwicklungszwecken in Verkehr gebracht werden, sind von der Pflicht nach Absatz 1 ausgenommen. Sind diese Biozidprodukte gentechnisch veränderte, pathogene oder gebietsfremde Mikroorganismen oder enthalten sie solche, so bleiben die Vorschriften der Einschliessungsverordnung vom 9. Mai 2012 (ESV) und der Freisetzungsverordnung vom 10. September 2008 (FrSV) vorbehalten.*

**Art. 5 Umfang der Zulassung, der Registrierung oder der Anerkennung und gesuchstellende Person**

- 1 Die Zulassung, Registrierung oder Anerkennung gilt für ein Biozidprodukt:
  - a. in einer bestimmten Zusammensetzung;
  - b. mit einem bestimmten Handelsnamen;
  - c. für bestimmte Verwendungszwecke;
  - d. einer bestimmten Herstellerin.
- 2 Die Zulassung, Registrierung oder Anerkennung wird einer bestimmten Person gewährt; sie ist persönlich und nicht übertragbar.
- 3 Eine Zulassung, Registrierung oder Anerkennung kann nur beantragen und innehaben, wer Wohn- oder Geschäftssitz oder eine Zweigniederlassung in der Schweiz hat.

Die Zulassung von Biozidprodukten ist beschränkt auf einen bestimmten Hersteller, für ein spezifisches Produkt (Handelsname und Zusammensetzung) und für bestimmte Verwendungszwecke. Die in Absatz 3 beschriebene Voraussetzung wird voraussichtlich mit der nächsten Revision der VBP geändert werden müssen. Denn gemäss „Mutual recognition agreement“ (MRA, s. unten) kann eine Firma, die die Zulassung in einem EU-Land hat, jedoch keinen Sitz in der Schweiz hat, die Zulassung in der Schweiz anerkennen lassen.

**Art. 7** Die VBP sieht verschiedene Zulassungsarten vor, je nach Status der in den Produkten enthaltenen Wirkstoffen, d.h. je nachdem, ob die Wirkstoffe in den Listen I oder IA der Anhänge der VBP (Listen I oder IA der Richtlinie 98/8/EG) oder in der Liste der notifizierten Wirkstoffe aufgeführt sind, und je nachdem, ob das gleiche Produkt schon in einem EU- bzw. EFTA-Mitgliedstaat zugelassen ist. Die Zulassung ist zeitlich beschränkt. (**Art. 8** Die Dauer ist abhängig von der Zulassungsart).

**Art. 10** beschreibt, welche Voraussetzungen ein Wirkstoff erfüllen muss, damit er zur Verwendung in einem Biozidprodukt in Verkehr gebracht werden darf.

**Art. 10 Inverkehrbringen von Wirkstoffen**

- 1 Es dürfen nur Wirkstoffe zur Verwendung in Biozidprodukten in Verkehr gebracht werden, die in der Liste I oder IA aufgeführt sind oder die in der Liste der notifizierten Wirkstoffe aufgeführt sind und deren Aufnahme in die Liste I oder IA nicht aufgrund eines Entscheids der Europäischen Union (EU) abgelehnt wurde.
- 2 Wer andere Wirkstoffe zur Verwendung in Biozidprodukten erstmals in Verkehr bringen will, muss der Anmeldestelle Angaben über den Wirkstoff und über mindestens ein Biozidprodukt machen, für das er bestimmt ist; dies gilt nicht, wenn der Wirkstoff eingeführt und das damit hergestellte Biozidprodukt ausgeführt wird. Die Angaben müssen den Anforderungen nach Anhang 5 genügen. Die Anmeldestelle muss bestätigt haben, dass die Unterlagen vollständig sind. Ist ein solcher Wirkstoff einmal rechtmässig in Verkehr gebracht worden, so kann er wie ein Wirkstoff nach Absatz 1 weiter in Verkehr gebracht werden.

**Art. 11 – Art. 13** beschreiben die Voraussetzungen für die Zulassung und Registrierung und regeln die Anerkennung eines in der EU- oder EFTA-Mitgliedstaates zugelassenen oder registrierten Produkts und die Voraussetzungen, unter denen diese möglich ist.

**Art. 14 – Art. 26** regeln die Zulassungsverfahren im Detail. **Art. 15** regelt das vereinfachte Verfahren für Biozidprodukte, die der Rahmenformulierung eines bereits registrierten oder zugelassenen Produkts entsprechen. Die Beurteilungsstellen für die Prüfung der Zulassungs-anträge sind gemäss **Art. 52** das BAG (Gesundheitsschutz), das BAFU (Umweltschutz, mittelbarer Schutz des Menschen), das BLW (agronomische Belange), das BVET (Tiergesundheit) und das SECO (Arbeitnehmerschutz).

**Art. 30** Zur Bekämpfung einer unvorhergesehenen Gefahr, die mit anderen Mitteln nicht eingedämmt werden kann, kann die Anmeldestelle eine erleichterte Zulassung erteilen. Eine Voraussetzung für diese Ausnahmen ist, dass grundsätzliche Anforderungen erfüllt sind.

Für Biozidprodukte, die zu Forschungs- und Entwicklungszwecken gebraucht werden, gibt es gewisse Erleichterungen (**Art. 31**). Sind die zu untersuchenden Biozidprodukte oder Wirkstoffe gentechnisch veränderte oder pathogene Mikroorganismen oder enthalten sie solche, so richtet sich das Bewilligungsverfahren nach der FrSV (**Art. 32**). Solche Organismen dürfen also entweder – mit einer Zulassung - in Verkehr gebracht werden oder sie können zu Forschungs- und Entwicklungszwecken verwendet werden, wenn eine Bewilligung für einen Freisetzung-versuch gemäss FrSV vorliegt.

Für die Einstufung, Verpackung, Denaturierung, Kennzeichnung von Biozidprodukten und das Sicherheitsdatenblatt (**Art. 35 –Art. 40**) gelten die Bestimmungen der Chemikalienverordnung.

## **Erläuterungen zur Zulassung**

Die Zulassung geschieht **in zwei Etappen**: Zunächst wird ein Wirkstoff beurteilt, schliesslich ein bestimmtes Biozidprodukt, das diesen enthält.

### Zulassung biozider Wirkstoffe

Wirkstoffe, die als solche zur Bekämpfung von Schadorganismen verwendet werden, gelten als Biozide und müssen zugelassen werden. Die bioziden Wirkstoffe selbst benötigen keine Zulassung, wenn sie ausschliesslich zur Verwendung in Biozidprodukten in Verkehr gebracht werden (wenn sie in eine Formulierung gemischt werden, damit das entstehende Produkt ein Biozidprodukt wird) und wenn die Wirkstoffe entweder notifiziert oder in den „Positivlisten“ (Listen I oder IA in den Anhängen der VBP) aufgeführt sind. Für die Aufnahme in diese Positivlisten wird jeder Wirkstoff für die Produktarten, in denen er notifiziert ist, wissenschaftlich hinsichtlich seines Risikos für Mensch und Umwelt und seiner Wirksamkeit beurteilt.

Details zur Zulassung sowie aktuelle Wirkstofflisten finden sich auf der Homepage der Anmeldestelle Chemikalien des Bundes<sup>67</sup>:

- Liste der notifizierten Wirkstoffe
- Liste der nicht mehr notifizierten Wirkstoffe (nach Produktart eingeordnet)
- Liste der aufgenommenen Wirkstoffe in die Listen I/IA
- Inoffizielle, konsolidierte Liste der notifizierten Wirkstoffe

---

<sup>67</sup> Gemeinsame Anmeldestelle Chemikalien des BAG, BAFU und SECO:  
[www.bag.admin.ch/anmeldestelle/00925/00937/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/anmeldestelle/00925/00937/index.html?lang=de)

## Zulassung von Biozidprodukten

**EU:** Biozidprodukte (Produktgruppe 18) mit bestimmten alten Wirkstoffen dürfen bis zur Entscheidung über die Aufnahme/Nichtaufnahme in der EU-weit geltenden „Positivliste“ (= Anhang I, IA der RL 98/8/EG) in gewissen Ländern der EU noch in Verkehr gebracht werden, ohne dass eine Zulassung vorliegt. Dies **gilt bspw. auch für das im Tessin verwendete Permethrin und Diflubenzuron**. Nach der Aufnahme in die Positivliste muss für diese aber innerhalb von zwei Jahren in der EU eine neue Zulassung beantragt werden. *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) wurde bereits als Wirkstoff in die Positivliste aufgenommen; im Fall von *Bacillus sphaericus* wurde die Aufnahme in die Positivliste der EU beantragt, aber noch nicht darüber entschieden.

**Schweiz:** Zu beruflichen oder gewerblichen Zwecken dürfen nur Biozidprodukte verwendet werden, die zugelassen, registriert oder anerkannt und die nach der VBP gekennzeichnet sind. Dies gilt demnach auch für die gegen Stechmücken eingesetzten Insektizide. Für die Zulassung der Biozidprodukte müssen sämtliche darin enthaltenen Wirkstoffe in den Listen I oder IA (Anhänge 1 und 2 der VBP) aufgenommen worden sein.

Das Inverkehrbringen eines Biozidprodukts in der Schweiz ist auf verschiedenen Wegen möglich:

1. Neuzulassung eines Biozidprodukts durch eine **in der Schweiz ansässige Firma**
2. Eine Firma, die bereits im Ausland über eine Zulassung verfügt, beantragt über eine **Schweizer Tochterfirma** eine Anerkennung gemäss Art. 12 der VBP in der Schweiz. In diesem Fall ist eine erleichterte Zulassung möglich.
3. „Mutual recognition agreement“ (MRA<sup>68</sup>):  
Zwischen der Schweiz und der EU besteht ein Abkommen über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen, in dem auch Biozide aufgeführt sind, und das grundsätzlich die Anerkennung einer Biozidzulassung durch eine **ausländische Firma** zulässt. Die VBP verlangt allerdings einen *Schweizer* Hersteller; dieser Widerspruch muss noch geklärt werden und führt voraussichtlich zu einer entsprechenden Anpassung der VBP<sup>69</sup>. Biozidprodukte, die aus gentechnisch veränderten oder pathogenen Mikroorganismen bestehen oder solche enthalten, sind heute von dem MRA ausgenommen.

## Änderung der Rechtsgrundlagen

Ab 1. September 2013 gilt eine neue europäische Biozid-Verordnung, die die bisher geltende Biozid-Richtlinie 98/8/EG ablöst. Wie die neuen rechtlichen Grundlagen der EU implementiert werden (Verfahren, Bewertungsgrundlagen etc.), wird derzeit durch die EU-Mitgliedstaaten ausgearbeitet.

Die Revision der europäischen Biozid-Verordnung führt auch in der Schweiz zu einer **Revision der VBP**, die bereits im Gang ist. Auch das **MRA wird zur Zeit angepasst** (Feststellen der Äquivalenz). Vorgesehen ist dabei unter anderem, dass zukünftig Biozidprodukte mit pathogenen Organismen nicht mehr (wie bisher) aus dem MRA ausgenommen sein sollen. Dazu gehören auch Produkte auf der Basis von Bti (heute schon im Einsatz) und Bsph (ein Freisetzungversuch wurde bewilligt), die gegen Stechmücken wirksam sind.

---

<sup>68</sup> Mutual recognition agreement, MRA, von 20. Dez. 2011, Kapitel 18 [www.admin.ch/ch/d/sr/c0\\_946\\_526\\_81.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c0_946_526_81.html)

<sup>69</sup> Seit Sept. 2012 gibt es dazu eine Projektgruppe aus Bund und Kantonen.

## Grenzen der Beurteilung von bioziden Wirkstoffen und Produkten

Ein generelles Problem besteht darin, dass die Rechtsvorschriften (Schweiz und EU) bisher nur **die Exposition durch einzelne Stoffe** regeln. Nicht berücksichtigt werden multiple Belastungen, die in der Realität bestehen.

Es ist schwierig, die unter **Laborbedingungen** gemachten Beobachtungen auf die Auswirkungen der **reellen Belastung mit Bioziden zu übertragen**. Während im Labor genau definierte Konzentrationen der Stoffe geprüft werden, sind die Konzentrationen in der Umwelt variabel, je nach Umweltverhalten, insbesondere der Persistenz der Stoffe. Dies gilt bspw. für die Konzentrationen von ausgebrachten Insektiziden in Fliessgewässern. Je nach Witterung (Trockenheit oder Regenfall) kann es auch zur Akkumulierung oder Stossbelastungen kommen.

Von den klassischen **Testorganismen**, die für die Beurteilung eines Stoffs verwendet werden, lässt sich **nicht unbedingt auf andere natürlich vorkommende** und potentiell exponierte Organismen schliessen.

**Handlungsbedarf:** Die im Kanton Tessin bisher für die Mückenbekämpfung verwendeten chemischen und biologischen Insektizide (z.B. Diflubenzuron, biologische Larvizide) sollten auf ihr Verhalten in der Umwelt (Auswirkung auf Nichtzielorganismen, Stabilität und Akkumulation in der Umwelt) untersucht und miteinander verglichen werden<sup>70</sup>.

## Generelle Bemerkungen zur Zulassungssituation in der Schweiz:

Muss ein Biozidprodukt neu zugelassen werden, so sind die Voraussetzungen dafür **anspruchsvoll**: Der Gesuchsteller muss vor der Inverkehrbringung zeigen, dass die Wirkstoffe und die Produkte sicher und unschädlich für Mensch, Nichtzielorganismen und Umwelt sind. Die Zulassungsverfahren sind ausserdem teuer.

Mit den hohen Anforderungen an eine Neuzulassung, bei der die Wirkstoffe und Produkte auf ihr human- und ökotoxisches Potenzial geprüft werden, wäre zu hoffen, dass (öko)toxischere Stoffe resp. Produkte vom Markt verschwinden und dass sich so das Schutzniveau für Mensch und Umwelt erhöht. Aber auch Produkte mit einer guten ökotoxikologischen Bilanz könnten es schwer haben, wenn der Hersteller über beschränkte finanzielle Ressourcen verfügt und der Absatzmarkt – wie oft bei den Insektiziden - klein ist (Umweltbundesamt 2006). Die hohen Zulassungsanforderungen führen dazu, dass Produkte mit begrenzten Anwendungsmöglichkeiten (Nischenprodukte) nicht auf den Markt gelangen (WHO Summary 2008).

Es ist daher zu befürchten, dass **immer weniger Biozidprodukte zur Verfügung** stehen werden und dass dies die Bekämpfung von Seuchen und Epidemien erschweren wird. Falls die eingesetzten Mittel zu wenigen Wirkmechanismus-Klassen gehören, wird es wahrscheinlicher, dass die Zielorganismen Resistenzen bilden.

**Handlungsbedarf:** Die zuständigen Bundesstellen sollten im Rahmen der gegenwärtigen Revision der Rechtsgrundlagen die Zulassungs- und Anerkennungsverfahren nach Möglichkeit so gestalten, dass in der Schweiz keine besonderen Hürden bestehen, ein neues Biozidprodukt auf den Markt zu bringen. Die Verfahren sollten daher möglichst EU-kompatibel sein.

Um zukünftig Einschränkungen bei der Bekämpfung von Seuchen und Epidemien zu vermeiden, sollten immer ausreichend Produkte mit unterschiedlichen Wirkmechanismen zur Verfügung stehen. Beim Bund (z.B. im Rahmen der IDAV) sollte geklärt werden, welche Stelle zukünftig den Bedarf und die Marktsituation der Insektizide abklären könnte.

---

<sup>70</sup> Die Chemikalienfachstelle des Kantons Tessin (SPAAS, Sezione protezione Aria, Acqua e Suolo) hat bereits begonnen, die Persistenz von Diflubenzuron und allfälligen Rückständen in Gewässern zu untersuchen.

## Umgang mit Biozidprodukten

### **Art. 41 Sorgfaltspflicht**

- 1 Wer mit einem Biozidprodukt und seinen Abfällen umgeht, muss diese ordnungsgemäss verwenden und dafür sorgen, dass sie Mensch, Tier und Umwelt nicht gefährden können.
- 2 Die auf der Verpackung und dem Sicherheitsdatenblatt angegebenen Hinweise und die Gebrauchsanweisung müssen berücksichtigt werden.
- 3 Das Biozidprodukt darf nur für den vorgesehenen Zweck verwendet werden. Es dürfen nur Geräte eingesetzt werden, die eine fachgerechte und gezielte Verwendung des Biozidprodukts ermöglichen.
- 4 Der Einsatz des Biozidprodukts ist auf ein Mindestmass zu beschränken.

Die Umweltbelastung durch die Ausbringung von Insektiziden zur Mückenbekämpfung kann erheblich reduziert werden, wenn die Sorgfaltspflicht eingehalten wird und die Mittel korrekt angewendet werden (s. Kap. 6.9 – 6.11).

### **Art. 58 Nachträgliche Kontrollen**

- 1 Die kantonalen Vollzugsbehörden kontrollieren Biozidprodukte, die in Verkehr gebracht sind oder von den Herstellerinnen selber verwendet werden.
- 2 Sie überprüfen, ob:
  - a. die in Verkehr gebrachten Biozidprodukte über eine Zulassung, Registrierung oder Anerkennung verfügen;
  - b. für die in Verkehr gebrachten Wirkstoffe die Voraussetzungen nach Artikel 10 eingehalten sind;
  - c. für die zu Forschungs- und Entwicklungszwecken in Verkehr gebrachten Biozidprodukte die Bestimmungen nach den Artikeln 31 und 32 eingehalten sind;
  - d. die Verfügungen nach Artikel 20 eingehalten werden, insbesondere ob die Vorschriften über Verpackung und Kennzeichnung und über die Erstellung von Sicherheitsdatenblättern befolgt werden;
  - e. die Vorschriften über die Abgabe und Aufbewahrung von Sicherheitsdatenblättern befolgt werden;
  - f. die besonderen Bestimmungen über den Umgang mit Biozidprodukten eingehalten werden.

Eine unabhängige Kontrolle<sup>71</sup> beim Einsatz der Biozidprodukte stellt sicher, dass die Umwelt nicht durch unsachgemässen Umgang belastet wird (z.B. durch falsche Menge, Konzentration, Rezeptur, schlechte Instruktion der ausführenden Personen). Beim Einsatz neuer Biozidprodukte können Auswirkungen auf die Umwelt durch ein Begleitmonitoring überprüft werden (s. Kap. 6.12).

---

<sup>71</sup> Im Tessin wird die Auswahl und Verwendung von Insektiziden zur Mückenbekämpfung mit der Chemikalienfachstelle des Kantons (SPAAS, Sezione protezione Aria, Acqua e Suolo) besprochen und vor Ort kontrolliert, ob die Produkte korrekt angewendet werden.

### **Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV; SR814.81)**

Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen, vom 18. Mai 2005 (Stand am 3. Januar 2013)

[www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_81.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_81.html)

Die ChemRRV verbietet den Umgang mit bestimmten, besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen oder schränkt ihn ein. Es regelt auch die persönlichen und fachlichen Voraussetzungen für den Umgang mit diesen und legt die fachbewilligungspflichtigen Chemikalien-Anwendungen fest.

#### Anwendungsbewilligung

Die Anwendung bestimmter Biozidprodukte bedarf einer Bewilligung (**Art. 4 - 6**). Eine Anwendungsbewilligung wäre bspw. beim Versprühen und Ausstreuen von Biozidprodukten aus der Luft erforderlich.

#### Fachbewilligungspflicht

Nur Personen mit einer Fachbewilligung oder als gleichwertig anerkannten Qualifikation dürfen beruflich oder gewerblich Schädlingsbekämpfungsmittel im Auftrag Dritter verwenden (**Art. 7**). Zulässig ist – mit Ausnahme von Begasungsmitteln – auch die Verwendung nach Anleitung solcher Personen.

### **Verordnung des EDI über die Fachbewilligung für die allgemeine Schädlingsbekämpfung (VFB-S) vom 28. Juni 2005 (Stand am 1. Februar 2009)**

[www.admin.ch/ch/d/sr/8/814.812.32.de.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/814.812.32.de.pdf)

Die VFB-S nennt die Ausbildungsanforderungen, die Personen erfüllen müssen, um beruflich im Auftrag Dritter mit Bioziden (u.a. Insektiziden) Schädlinge bekämpfen zu dürfen. Die beruflichen Verwender von Insektiziden müssen von einer Person mit Fachbewilligung eingewiesen werden. Es gibt zur Zeit in der Schweiz nur eine Prüfungsstelle, die Kurse für den Erwerb einer Fachbewilligung für die allgemeine Schädlingsbekämpfung anbietet<sup>72</sup>. Diese muss gemäss VFB-S ein nicht öffentliches Verzeichnis über die von ihnen ausgestellten Fachbewilligungen führen.

### **Kantonale Verordnungen**

Zusätzlich zu den nationalen Rechtsgrundlagen gibt es auch kantonale Rechtserlasse, die für die invasiven Vektoren relevant sind. Im Tessin sind die Zuständigkeiten (für Kontrollen von krankheitsübertragenden Tieren) festgelegt in der kantonalen Hygieneverordnung "*Regolamento sull'igiene del suolo e dell'abitato*". Unter anderem ist dort festgelegt, dass die Gemeinden für die Überwachung und Bekämpfung verantwortlich sind und für die Kosten von Monitoring und Bekämpfung aufkommen müssen. In den meisten anderen Kantonen dürften solche Verordnungen fehlen.

---

<sup>72</sup> BAG: Liste der Prüfungsstellen und Kursangebote für die allgemeine Schädlingsbekämpfung  
[www.bag.admin.ch/themen/chemikalien/00253/01367/01368/index.html?lang=de#sprungmarke0\\_7](http://www.bag.admin.ch/themen/chemikalien/00253/01367/01368/index.html?lang=de#sprungmarke0_7)

## **International**

### **WHOPES (WHO Pesticide Evaluation Scheme)**

Das WHOPES hat seit ca. 50 Jahren die Entwicklung und Evaluierung von Pestiziden für den Gesundheitssektor gefördert und koordiniert (Becker 2010). Beteiligt sind daran u.a.: Regierungsvertreter, die WHO, das *International Program on Chemical Safety (IPCS)* der WHO, Hersteller von Pestiziden und Forschungsinstitute. Die Pestizide werden einem 4-Phasen Test und einem Evaluationsprogramm unterzogen: geprüft wird die Sicherheit, Wirksamkeit und Anwendbarkeit von Pestiziden für den Gesundheitsschutz. Die WHO gibt Empfehlungen an die Staaten ab. Die Länder stützen sich aber nicht zwingend auf die Empfehlungen ab.

**Handlungsbedarf:** Gemäss Experten wäre eine verstärkte Zusammenarbeit der ECDC und EMCA mit der WHO und die Verwendung der Daten der WHOPES in allen europäischen Staaten wünschenswert. In der Schweiz sollten die Empfehlungen der WHO insbesondere bei der Auswahl der Biozidprodukte für die Vektorbekämpfung mit berücksichtigt werden.

## Anhang IV Institutionen der Schweiz, die im Gebiet der invasiven Stechmücken aktiv sind

An verschiedenen Institutionen der Schweiz werden Forschungs- und Monitoring-Projekte im Gebiet der invasiven Stechmücken durchgeführt. Die Arbeiten werden von unterschiedlichen Geldgebern unterstützt, unter anderem: Bund (BAG, BAFU, BABS, BVET), Kantone (TI), Universitäten (Uni ZH, ETH, Swiss TPH).

Die SVEG erstellt im Auftrag des BAFU eine Übersicht dieser Einrichtungen mit dem Ziel, ihre Aktivitäten zu koordinieren (SVEG 2012). Im Folgenden sind nur die wichtigsten Institutionen, ihre Tätigkeitsfelder und aktuellsten Projekte aufgeführt:

### Istituto Cantonale di Microbiologia (ICM, Tessin, ab Juni 2013 SUPSI<sup>73</sup>)

Erforschung, Überwachung und seit 1988 Kontrolle von Mücken; Forschung zur Persistenz des biologischen Larvizids Bti. Das ICM hat in der Schweiz die grösste Expertise zu *Ae. albopictus*. In Lugano wurde ein Sicherheitslabor eingerichtet, in dem Mücken gezüchtet werden können (persönl. Mitteilung von M. Tonolla). Projekte u.a.:

- Untersuchung über das Schlüpfen der Tigermücke abhängig von Saison und Lichtperiode (Masterarbeit).
- Untersuchungen zum Einsatz des biologischen Larvizids Vectomax (bewilligter Freisetzungsversuch)
- Analyse des Bekämpfungserfolgs im Tessin durch Vergleich mit einer Region Italiens (Dissertation Tobias Suter).
- Projekte zur Sensitivität und Resistenz der Mücken gegen Insektizide

### Institut für Parasitologie der Universität ZH<sup>74</sup> (IPZ, F. Schaffner, A. Mathis)

Das IPZ ist seit 2007 nationales Referenzzentrum für Vektor-Entomologie (vom BVET ernannt) und betreibt ein Monitoring von Mücken sowie Forschung zur Verbreitung und Vektorkompetenz. Seit 2012 steht dafür ein Labor der Sicherheitsstufe 3 an der Universität ZH zur Verfügung. Projekte u.a.:

- Projekt *Mosquitoes and related hazards in Switzerland 2010 – 2014* zur Untersuchung der Biodiversität der Mücken (finanziert vom BAFU). Beteiligt sind neben dem IPZ auch das SwissTPH (Pie Müller), das ICM TI (M. Tonolla) und die Universität Lausanne (Vogelmalaria).
- Eine Pilotstudie für das BAFU, *Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and related hazards in Switzerland*, wurde 2011 abgeschlossen. Sie analysierte die in der Schweiz vorkommenden Mückenarten in fünf Regionen (Tessin, Mittelland, Voralpen, Inneralpen und Jura). Die Studie wies 37 Spezies nach, darunter zwei invasive Arten (*Ae. albopictus*, *Ae. japonicus*) und Vektoren für Human- (Arboviren, Malaria) und Tierkrankheiten (Arboviren, Protozoen und Nematoden).
- *Spatio-temporal diversity of mosquito fauna in Switzerland* (2011-2012, unter Beteiligung des ICM, der Fondazione Bolle di Magadino und des SwissTPH, Pie Müller), u.a. Studien zu *A. japonicus*
- Projekt zur Vektorkompetenz von Mücken (Übertragung des West-Nil-Virus), unterstützt durch das BVET. Beteiligte sind neben dem IPZ auch Olivier Engler (BABS, Labor Spiez) und die Experten aus dem Tessin (Mückenfang). Ziel ist es, an vier Orten der Schweiz, nördlich der Alpen und im Tessin, an je einem urbanen Standort und in einem Feuchtgebiet die

---

<sup>73</sup> Laboratorio di microbiologia applicata der Tessiner Fachhochschule (SUPSI, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana [/www4.ti.ch/index.php?id=14009](http://www4.ti.ch/index.php?id=14009))

<sup>74</sup> Institut für Parasitologie Universität ZH [www.paras.uzh.ch/index.html](http://www.paras.uzh.ch/index.html)

Mückenpopulationen zu analysieren. Die häufigsten Mückenarten sollen auf ihre Vektorkompetenz bezüglich des West-Nil-Virus untersucht werden.

- Forschung an *Ae. japonicus*: Vorkommen und Verbreitung werden untersucht, u.a. durch Tracking von fluoreszenzmarkierten Mücken.
- Vorgesehenes Projekt: Im Rahmen einer Dissertation soll die Relevanz der Buschmücke *Ae. japonicus* als Vektor untersucht werden (Eigenschaften, Vektor-kompetenz, Verbreitungsmuster, Populationsdichten, Brutplätze). Weiterer Aspekt: die Kontrolle von *Ae. japonicus* (NZZ 26.7.2012). Die Finanzierung ist noch nicht geklärt.
- Internationales Projekt im Rahmen EDENext (Kap. 3.3)

#### Schweiz. Tropen- und Public Health-Institut (SwissTPH, P. Müller, C. Lengeler)

- Das SwissTPH testet schon lange Repellents und Insektizide in Bioassays (bisher nicht spezifisch gegen die Tigermücke) nach internationalen Standards (z.B. Guidelines der WHO Pesticide Evaluation Scheme, WHOPEs 2012, EPA 2010 Product Performance Test Guidelines).
- 2009 wurde ein Monitoring von Mücken u.a. am Flughafen BS durchgeführt (T. Suter), dabei wurden keine Tigermücken festgestellt (persönl. Mitteilung C. Lengeler).
- Das SwissTPH ist beteiligt am Projekt *Mosquitoes and related hazards in Switzerland 2010 – 2014* und hat in diesem Rahmen ein Monitoring in der Nordwestschweiz entlang der Verkehrswege durchgeführt (T. Suter).
- Aktueller Vorschlag für ein **mehrjähriges, nationales Monitoringprojekt** des SwissTPH (P. Müller) zusammen mit ICM (M. Tonolla) unter Mitwirkung von P. Lüthy (ETH Zürich): Um die zeitliche und geografische Ausbreitung der Tigermücke zu beobachten, soll die Überwachung in den nächsten Jahren systematisch auf die gesamte Schweiz ausgedehnt werden (NZZ an Sonntag 26.8.2012, persönl. Mitteilung P. Lüthy). Dazu sollen an 40 bis 50 repräsentativen Orten Insektenfallen aufgestellt werden (nur in den Sommermonaten, pro Raststätte 3 bis 10 Fallen, die alle zwei Wochen geprüft werden sollen). Im Fokus sind dabei wichtige Transportachsen von Süden nach Norden und von Westen nach Osten (v.a. Autobahnen, Gotthard, San Bernardino, Route Genf, Rhonetal, Wallis). Es wird gegenwärtig abgeklärt, wer das Projekt ausführen könnte.
- Erfolg der Bekämpfung: T. Suter vergleicht in einer Dissertation Vorgehen und Erfolge im Tessin mit jenen einer italienischen Region (Como). Erste Analysen deuten darauf hin, dass es im Tessin gelingt, die Tigermückenpopulation auch langfristig einzudämmen.  
T. Suter führt auch Studien durch zur Verbreitung der Tigermücke in verschiedenen Regionen und Jahreszeiten und untersucht, inwieweit Populationen lokal etabliert sind oder Mücken eingeschleppt werden. Weitere Teile der Arbeit betreffen die Vektorkompetenz, die Sensitivität resp. Resistenz gegenüber Insektiziden sowie die Blutmahlzeit bei Mensch und Tier. Die Arbeit geschieht in Zusammenarbeit mit Brasilien (in Brasilien werden auch Infektionsversuche mit der Tigermücke durchgeführt). T. Suter soll auch im neu eingerichteten Mückenlabor in Lugano arbeiten.

#### ETH Zürich (Peter Lüthy)

- Massgebliche Beteiligung an der Mückenbekämpfung im Tessin
- Diverse Forschungs- und Monitoringprojekte im Gebiet der Insektenvektoren

#### Labor Spiez (O. Engler)

- Das Labor Spiez betreibt seit einigen Jahren ein Monitoring der Viren in Stechmücken, in Zusammenarbeit mit dem ICM (O. Petrini, M. Tonolla).
- Projekt 2010 - 2012 gemeinsam mit ICM (M. Tonolla) und ETH ZH (P. Lüthy):  
*Mikrobiologisches Monitoring in der Schweiz von Mückenarten, die als Vektoren für humanpathogene Viren in Frage kommen.*

#### Agroscope Zürich

hat die Einschleppung von gebietsfremden Mücken durch den Handel, Flugzeuge sowie sanitäre Massnahmen zu deren Beseitigung untersucht (A. Aebi, Projekt bis 2012). Dabei wurden Fallen im Flughafen Zürich und in den Gebäuden eines grossen Gemüseimporteurs aufgestellt; die Effizienz der Fallen wurde geprüft (DRS2 14.4.2012). Gemäss H.P. Dien (Leiter der Pflanzenschutzbehörde des Flughafens ZH) werden durch das Monitoring (mit Insektenfallen in der Frachthalle) nur 20% der unerwünschten Insekten gefunden.

#### Weitere

Für das Monitoring stehen bisher begrenzte finanzielle und personelle Mittel zur Verfügung. Bei steigendem Bedarf (und weiterer Ausbreitung der Tigermücke) wäre daher längerfristig auch denkbar, dass das Regionallabornetzwerk in die Mückendiganostik eingebunden wird (Vorschlag M. Tonolla, gemäss Protokoll einer Sitzung mit dem AWEL Zürich von 1. Sept 2011).

## Anhang V Empfohlene Massnahmen und Handlungsbedarf

In der nachfolgenden Tabelle (**Tabelle 6**) sind – nach Themen geordnet - die **wichtigsten Schritte** aufgezeichnet, die aus meiner Sicht in der Schweiz nötig sind, damit rechtzeitig auf eine Veränderung der Gefahrensituation durch die Tigermücke und vektorübertragene Krankheiten reagiert werden kann.

In gewissen Themengebieten bestehen bereits Aktivitäten oder es wurden **erste Schritte** gemacht, die weitergeführt werden sollten.

Bei den noch offenen Punkten wird unterschieden zwischen **dringlichen Massnahmen**, die sofort, d.h. **in den nächsten zwei bis drei Jahren**, angegangen werden sollten, und den **mittel- bis langfristigen** Massnahmen.

Dazu sind jeweils die Stellen und Institutionen aufgeführt, die im betreffenden Bereich aktiv werden sollten.

Zukünftig kann es diesbezüglich bei den Bundesbehörden noch Änderungen geben: Die Zuständigkeit des BAFU für die Koordination bei invasiven gebietsfremden Organismen ist heute in der Freisetzungsverordnung festgelegt. Mit der Revision des Epidemiengesetzes soll im Bereich der krankheitsübertragenden Vektoren die Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen den zuständigen Stellen beim Bund und bei den Kantonen verstärkt werden. Es ist möglich, dass in diesem Rahmen zukünftig **einige Zuständigkeiten und Aufgaben neu verteilt werden**.

<b>Zuständigkeiten</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/ langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Koordination auf nationaler Ebene</b>	Klärung der Zuständigkeiten an der Schnittstelle zwischen Umweltschutz und Gesundheit beim Umgang mit gesundheitsrelevanten und gebietsfremden Organismen (Ziel der IDAV)			Bundesbehörden
<b>Klärung der Schnittstelle interkantonal und zwischen Bund und Kantonen</b>		Schaffen einer Plattform zum Informationsaustausch und zur Koordination der Massnahmen (bspw. eine Unterarbeitsgruppe im Rahmen der AGr. für invasive Neobiota, AGIN)		Kantone Bundesbehörden
<b>Sensibilisierung der kantonalen Behörden</b>	Informationen im Internet (BAFU-Homepage) Vorträge bei Tagungen, Publikationen	Aufforderung der Kantone zu ersten Massnahmen und zur Klärung der Zuständigkeiten; Bereitstellung weiterer Informationen über <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Tigermücke und deren aktuelle Verbreitung</li> <li>• Bedrohungslage für die Schweiz und Kantone</li> <li>• Handlungsbedarf</li> </ul>		BAFU Kantone
<b>Zuständigkeiten im Kanton</b>		Festlegen im Kanton, wer die koordinierende Stelle für Vektoren von Infektionskrankheiten ist		Koordinationsstelle Neobiota der Kantone
<b>Organisation im Kanton</b>		Einsetzen einer kantonalen Arbeitsgruppe Klären der dafür relevanten Interessensvertreter und betroffenen Behörden (Kap. 8.3.4)	Bereitstellung der Mittel für die Konstitution einer AGr; Festlegung der Aufgaben einer solchen AGr	Koordinationsstelle der Kantone

<b>Forschung</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Forschung über Mücken, übertragene Viren und Bekämpfungsmittel</b>	<p>Forschungsprojekte verschiedener Institutionen zu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologie, Vorkommen von Vektor und Erreger</li> <li>• Vektorkompetenz und -kapazität</li> <li>• Bestimmung des Schwellenwerts für die Entstehung einer Epidemie</li> <li>• Effizienz und Dosierung der Bekämpfungsmittel in Labor- und Feldstudien</li> <li>• Prüfung und Entwicklung neuer Bekämpfungsmethoden</li> <li>• Insektizidresistenz</li> </ul> <p>(s. Kap. 5.1; Anhang IV)</p>	Koordination und Abklärung des Bedarfs zukünftiger Forschung innerhalb der SVEG	<p>Weiterführung der Forschung, möglichst mit Unterstützung von Bund, evtl. auch der Kantone und Gemeinden</p> <p>Bei Bedarf Schaffung neuer Forschungsstellen (personelle und finanzielle Ressourcen)</p>	<p>Forschungsinstitutionen</p> <p>Behörden (Unterstützung)</p>
<b>Analyse der Umweltbedingungen</b>	<p>Analyse der klimatischen Verhältnisse in der Schweiz (Ist-Zustand, Prognose), um festzustellen, ob und wo die klimat. Voraussetzung für eine Etablierung der Tigermücke gegeben ist. (Ein solches Projekt läuft im Auftrag des BAFU).</p>			Klimatologen
<b>Koordination der Forschung in der Schweiz</b>	<p>Die SVEG dient als Plattform zum Austausch zwischen Entomologen und Vertretern der Bundesbehörden, der Koordination und der Prioritätensetzung.</p>			SVEG
<b>Koordination Forschung international</b>	<p>Schweizer Experten sind aktiv in internationalen Projekten (ECDC, VBORNET, EMCA) involviert.</p>			Forschungsinstitutionen

<b>Monitoring / Überwachung</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Analyse der wichtigsten Eintrittspforten und Importpfade in die Schweiz</b>	Erste Analyse im Konzept 2011 des BAFU/BAG	Im Rahmen eines nationalen Monitoring-Projekts sollten diese systematisch untersucht werden.		Experten/ Entomologen BAFU
<b>Aufbau eines Frühwarnsystems und flächendeckendes Monitoring</b>	Diverse Monitoringprojekte  Ein Projektvorschlag für ein systematisches Monitoring in der Schweiz wird derzeit ausgearbeitet durch Pie Müller (SwissTPH), Mauro Tonolla (ICM Tessin).	Monitoring der Ausbreitung der Tigermücke (und anderer invasiver Mückenspezies) in der Schweiz, mit Fokus auf die wichtigsten Verkehrswege, Eintrittspforten und potentiellen Hot spots.	Weiterführung über mehrere Jahre, um den Verlauf der Ausbreitung zu bestimmen	Experten/ Entomologen BAFU (Finanzierung)
<b>Monitoring durch Mücken übertragene Viren</b>	Projekte verschiedener Institutionen, u.a. Labor Spiez (Kap. 5.1.2; Anhang IV)			Diverse Forschungsinstitutionen  Labor Spiez
<b>Erstellen von Risikokarten zur Verbreitung der Vektoren</b>	Risikokarten existieren bisher für das Tessin.	Entwicklung eines Tools zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Ausbreitung mit Hilfe interaktiver Karten.	Regelmässiges Erstellen von Risikokarten zur Verbreitung von <i>Ae. albopictus</i> in der Schweiz  Regelmässige Publikation der Risikokarten und Lageberichte	Wissenschaftler  BAFU (Publikation)
<b>Koordination international</b>	Monitoring-Daten der Schweiz fliessen in europäische Projekte ein (VBORNET).			Entomologen, Mückenspezialisten
<b>Überwachung der vektorübertragenen Krankheiten</b>	Bestehende Meldepflicht für Chikungunya-, West-Nil- und Dengue-Fieber			BAG

<b>Lagebeurteilung</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Beobachtung der Entwicklung und Beurteilung der Bedrohungslage</b>	Bisher nur im Tessin	<p>Laufende Beobachtung der Verbreitung der Mücken, Erreger und Krankheiten im In- und Ausland.</p> <p>Vernetzung mit internationalen Organisationen zum Informationsaustausch</p> <p>Laufende Beurteilung der Bedrohungslage in den verschiedenen Regionen der Schweiz</p> <p>Wenn nötig: Klären der Zuständigkeiten beim Bund</p>	Schaffen eines Koordinationsorgans für Vektoren von Infektionskrankheiten (wie im Entwurf des revidierten EpG vorgesehen)	<p>BAFU (invasive Mücken, Vektoren)</p> <p>BAG (human-pathogene Erreger)</p> <p>BVET (tierpathogene Erreger)</p> <p>IDAV (Abklären Zuständigkeiten)</p>
<b>Erarbeitung von Entscheidungshilfen für das weitere Vorgehen</b>	Bisher nur im Tessin	Festlegen von Entscheidungskriterien für Konsequenzen (Bei neuem Auftreten von Tigermücke, Viren oder übertragener Krankheiten, abhängig von Standort, Umweltbedingungen etc.)		BAFU, in Zusammenarbeit mit Experten der GLZ TI
<b>Vermittlung der Monitoring-Daten an betroffene Kantone</b>		Das BAFU sollte koordinieren: Es sollte laufend die Befunde aus dem Monitoring erhalten und darüber betroffene Kantone informieren.		BAFU

### Lagebeurteilung

Thema	Bereits begonnene Aktivitäten	Sofortiger Handlungsbedarf	Handlungsbedarf mittel-/langfristig	Beteiligte
<b>Risikoevaluierung und Entscheid zu Massnahmen</b>	Bisher nur im Tessin	Risikoevaluierung auf der Basis der Befunde aus dem Monitoring, Standortfaktoren und weiterer von Experten erarbeiteter Kriterien  Festlegen des Vorgehens bei veränderter Bedrohungslage  Beschluss bezüglich Massnahmen und Bekämpfung		Betroffene Kantone: Koordinationsstelle (oder von dieser eingesetzte Arbeitsgruppe)  unterstützt durch BAFU und Experten des Kantons Tessin

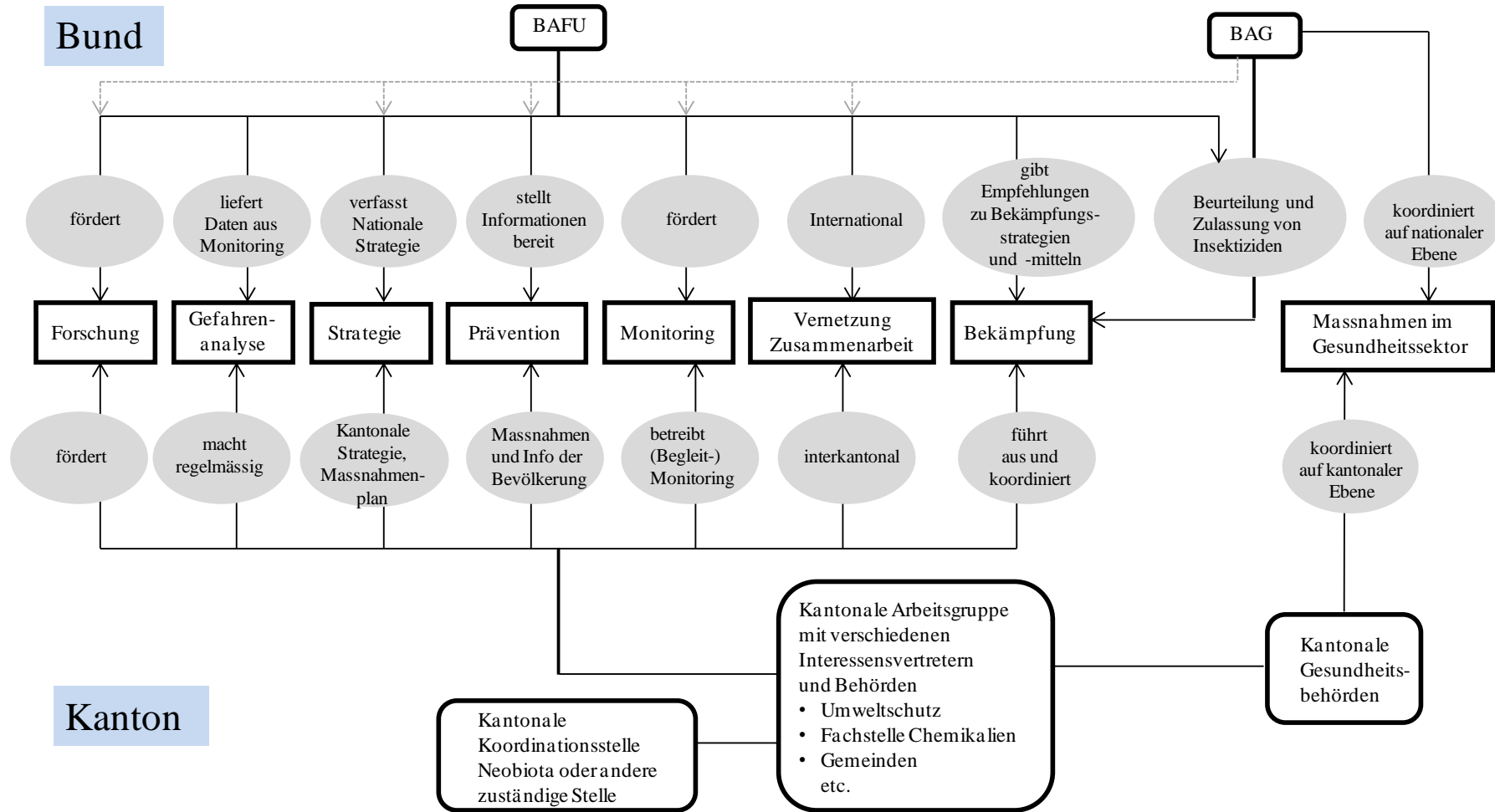
<b>Prävention</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Rechtliche Grundlagen</b>	Erste Analyse der rechtlichen Grundlagen im Konzept 2011 des BAFU/BAG  Gewisse Neuregelungen sind bereits im revidierten Epidemiengesetz vorgesehen	Sichten der bestehenden Rechtsgrundlagen  Feststellen von Lücken (Zuständigkeiten etc.)	Schliessen von Lücken in den Rechtsgrundlagen	IDAV (Bundesbehörden): nationales Recht  Kantonale Koordinationsstelle: kantonaes Recht
<b>Import kritischer Güter</b>	Gewisse Neuregelungen sind bereits im revidierten Epidemiengesetz vorgesehen		Regulation des Imports kritischer Güter (Altreifen, Lucky Bamboo)  Klärung der Zuständigkeit, Prüfen der heutigen Möglichkeiten auf Grund rechtlicher Basis	IDAV
<b>Evaluieren neuer biologischer Insektizide</b>	Ein Freisetzungversuch mit dem biologischen Larvizid Vectomax ( <i>B. thuringiensis</i> und <i>B. sphaericus</i> ) wurde bewilligt.		Beurteilung der Ergebnisse des Freisetzungversuchs und Entscheid über dessen zukünftigen Einsatz	BAFU
<b>Bedarf und Möglichkeiten der Zulassung neuer Insektizide für die Mückenbekämpfung</b>	Zur Zeit: Revision der rechtlichen Grundlagen für Biozidprodukte in EU und Schweiz	In betroffenen Kantonen (TI): Rechtzeitig Bedarf für neue Bekämpfungsmittel feststellen	Evaluieren von Wirkstoffen, die für die Bekämpfung von Insektenvektoren geeignet sind (Berücksichtigung der Empfehlungen der WHO; vgl. Kap. 6.3)  Klären der Möglichkeiten einer vereinfachten Zulassung von Insektiziden	Zu klären durch die IDAV und betroffene Kantone  Anmeldestelle Chemikalien des Bundes

<b>Kommunikation, Einbezug Bevölkerung</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Sensibilisierung der Bevölkerung</b>	Gewisse Informationsgrundlagen und ein Konzept zur Tigermücke (BAFU/BAG 2011) sind bereits im Internet publiziert.		Publikation weiterer Informationen zu aktuellen Aktivitäten im Bereich der invasiven Stechmücken und Vektoren  Lageberichte (mit Risikokarten), Konzepte und Empfehlungen	BAFU (Mücken, Vektoren)  BAG (human-pathogene Erreger);  BVET (tierpathogene Erreger)
	Publikationen über Situation und Vorgehen des Kantons Tessin, Flugblatt zum Einbezug der Bevölkerung		Spezifische Informationen für die Bevölkerung zu Situation und Vorgehen im Kanton (ergänzend zum Bund)	Koordinationsstelle der Kantone

<b>Bekämpfung</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Empfehlungen für die Bekämpfung</b>			Empfehlungen für die Kantone zum Einsatz von Insektiziden (Auswahl der Mittel und korrekter Einsatz)  Unterstützung eines Begleit-Monitorings beim Einsatz von Bekämpfungsmitteln	noch zu bestimmende Stelle bei BAFU oder BAG (im Rahmen der IDAV)
<b>Vorbereitung im Gesundheitssektor für auftretende Viren oder Krankheitsfälle</b>	Informationen und Empfehlungen auf der Homepage des BAG	Konzept, wie im Fall einer Einschleppung von Dengue-, Chikungunya- oder West-Nil-Fieber durch Reisende in eine Region mit einer etablierten Tigermücken-Population (TI) zu reagieren ist.  Definition von Sofortmassnahmen bei Auftreten einer autochthonen Übertragung oder Epidemie		Gesundheitsbehörden betroffener Kantone (GLZ TI)  Unterstützt durch BAG
<b>Koordination international und mit angrenzenden Nachbarländern</b>	Der Kanton Tessin hat eine Zusammenarbeit und einen Austausch mit Italien (persönl. Mitteilung M. Tonolla).		Bei Bedarf weitere Zusammenarbeit suchen	Kanton Tessin; weitere betroffene Kantone

<b>Bekämpfung</b>				
<b>Thema</b>	<b>Bereits begonnene Aktivitäten</b>	<b>Sofortiger Handlungsbedarf</b>	<b>Handlungsbedarf mittel-/langfristig</b>	<b>Beteiligte</b>
<b>Vorbereitung der Bekämpfung der Tigermücke im Kanton</b>	Bisher nur im Kanton Tessin	Abhängig von Bedrohungslage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellen finanzieller Mittel</li> <li>• Bekämpfungskonzept / Massnahmenplan erarbeiten und umsetzen</li> <li>• Eruiieren für die Bekämpfung geeigneter Stellen</li> </ul>	Koordinationsstelle der Kantone  (oder von dieser eingesetzte Arbeitsgruppe)
<b>Bekämpfung der Tigermücke</b>	Bisher nur im Kanton Tessin	Abhängig von Bedrohungslage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung des Materials für Monitoring und Bekämpfung</li> <li>• Instruktion des Bekämpfungspersonals durch Person mit Fachbewilligung für Schädlingsbekämpfung</li> <li>• Laufende Evaluation der erfolgten Massnahmen</li> </ul>	Koordinationsstelle Neobiota der Kantone  (oder von dieser eingesetzte Arbeitsgruppe)

# Anhang VI Akteure/Aufgaben im Gebiet invasiver, gebietsfremder Vektoren für humanpathogene Krankheitserreger



**Abbildung 14:** Das Diagramm zeigt Zuständigkeiten und Aufgaben von Bund und Kantonen. Nicht dargestellt ist die Zusammenarbeit zwischen Bund und Kantonen sowie die Beteiligung von Experten in allen Teilgebieten.