

Aus dem Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**Zur Wirksamkeit unterschiedlicher Netzprototypen zum Schutz von
Milchvieh und Kälbern vor Überträgern (Gnitzen, *Culicoides* spp.)
der Blauzungenkrankheit und anderen Lästlingsinsekten**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Oona Skrock
Tierärztin aus Bielefeld

Berlin 2011
Journal-Nr.: 3512

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunnberg
Erster Gutachter: PD Dr. Peter-Henning Clausen
Zweiter Gutachter: PD Dr. Franz Josef Conraths
Dritter Gutachter: Prof. Dr. Kurt-Johannes Peters

Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):

cattle, Culicoides, *Musca domestica*, insect pests, disease vectors, insect control, vector control, insecticides, deltamethrin, bioassays, bluetongue virus

Tag der Promotion: 19.10.2011

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-86387-056-0

Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2011

Dissertation, Freie Universität Berlin

D 188

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written authorization of the publisher.

Coverbild vorne © Eric Isselée - Fotolia.com

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2011

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

verlag@menschundbuch.de – www.menschundbuch.de

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	V
GRAFIKVERZEICHNIS.....	VII
TABELLENVERZEICHNIS	X
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XI
1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
2. LITERATUR	3
2.1 Blauzungenkrankheit.....	3
2.1.1 Ätiologie	3
2.1.2 Epidemiologie.....	4
2.1.3 Pathogenese und Klinik	6
2.1.4 Diagnostik	7
2.1.5 Bekämpfung und Prophylaxe.....	8
2.2 Vektoren der Blauzungenkrankheit	8
2.2.1 <i>Culicoides</i> spp.	9
2.2.1.1 Arten und Morphologie	9
2.2.1.2 Entwicklung.....	11
2.2.1.3 Verbreitung und Epidemiologie	12
2.2.1.4 Gnitzen als Vektoren	15
2.2.1.5 Fangmethoden	17
2.3 Lästlingsinsekten in der Umgebung des Rindes	19
2.3.1 Musciden.....	19
2.3.1.1. Morphologie	19
2.3.1.2 Entwicklung.....	20
2.3.1.3 Verbreitung und Epidemiologie	21
2.3.1.4 Musciden als Krankheitsüberträger und Lästlinge	22

2.3.1.5 Fangmethoden	24
2.3.2. Mücken (<i>Culicidae</i> , <i>Simuliidae</i>) und Bremsen (<i>Tabanidae</i>)	25
2.4 Bekämpfungsmethoden.....	26
2.4.1 Hygiene-Management im Betrieb	27
2.4.2 Physikalisch/ mechanische Methoden.....	27
2.4.2.1 Einsatz von insektizidfreien Netzen	28
2.4.3 Biologische Methoden	29
2.4.4 Chemische Methoden.....	30
2.4.4.1 Insektizide.....	31
2.4.4.1.1 Pyrethroide	31
2.4.4.1.2 Einsatzmöglichkeiten am Tier.....	34
2.4.4.1.3 Einsatzmöglichkeiten im Tierumfeld	35
2.4.4.1.3.1 Einsatz von insektizidbehandelten Netzen	35
2.4.4.1.4 Ökotoxikologie.....	37
3. MATERIAL UND METHODEN.....	38
3.1 Studienregion.....	38
3.2 Untersuchungsbetrieb	38
3.3 Studienplan	39
3.4 Netze	40
3.4.1 Insektizidbehandeltes Netz	40
3.4.2 Unbehandelte Netze	42
3.5 Felduntersuchungen.....	43
3.5.1 Kälbergluhaltung.....	43
3.5.1.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze	45
3.5.1.2 Schutz durch unbehandelte Netze.....	47
3.5.1.3 Entomologisches Monitoring.....	51
3.5.1.3.1 Gnitzen	51
3.5.1.3.2 Musciden	54
3.5.1.4 Abwehrverhalten der Kälber.....	55

3.5.1.5 Gewichtserhebung Kälber	55
3.5.2 Milchviehanlage.....	56
3.5.2.1 Vernetzung.....	57
3.5.2.2 Entomologisches Monitoring.....	60
3.5.2.2.1 Gnitzen	60
3.5.2.2.2 Musciden	61
3.5.3 Entomologische Untersuchungen im Umfeld der Versuchseinheiten.....	61
3.5.4 Untersuchungen zu Witterungseinflüssen.....	63
3.6 Laboruntersuchungen.....	64
3.6.1 Bewertung der bioziden Wirksamkeit im Labor	64
3.6.1.1 Netzproben.....	64
3.6.1.2 Bioassay Fliegen.....	65
3.7 Wetterdaten	67
3.8 Statistische Auswertung.....	68
4. ERGEBNISSE	70
4.1 Feldversuche	70
4.1.1 Untersuchungen in Kälbergluhaltung	70
4.1.1.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze	70
4.1.1.1.1 Gnitzen	70
4.1.1.1.2 Musciden	72
4.1.1.2 Schutz durch unbehandelte Netze.....	73
4.1.1.2.1 Gnitzen	73
4.1.1.2.2 Musciden	76
4.1.1.3 Abwehrverhalten Kälber.....	78
4.1.1.3.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze.....	78
4.1.1.3.2 Schutz durch unbehandelte Netze	79
4.1.1.4 Befallsrate der Kälber mit Musciden.....	81
4.1.1.4.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze.....	81
4.1.1.4.2 Schutz durch unbehandelte Netze	82

4.1.1.5 Gewichtserhebung der Kälber	84
4.1.1.5.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze	84
4.1.1.5.2 Schutz durch unbehandelte Netze	85
4.1.2 Untersuchungen in Milchviehställen.....	86
4.1.2.1 Gnitzen.....	86
4.1.2.1 Musciden	87
4.1.3 Entomologische Untersuchungen im Umfeld der Versuchseinheiten.....	88
4.2 Laborarbeiten	90
4.2.1 Bewertung der bioziden Wirksamkeit.....	90
4.3 Wetterdaten	94
5. DISKUSSION	99
5.1 Bewertung des Standortes	99
5.2 Feldversuche	100
5.2.1 Kälberigluhaltung.....	100
5.2.2 Milchviehställe.....	108
5.2.3 Entomologische Untersuchungen im Umfeld der Versuchseinheiten.....	111
5.3 Laborarbeiten	112
5.3.1 Insektizidpersistenz der Netzproben	112
5.4 Wetterdaten	114
5.5 Schlussfolgerungen.....	115
6. ZUSAMMENFASSUNG	117
7. SUMMARY	120
8. ANHANG.....	123
9. LITERATURVERZEICHNIS	126

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtsaufnahme der Milchviehanlage Lögow (Agrargenossenschaft Lögow eG), Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (Quelle: Google Earth).....	39
Abbildung 2: Nahaufnahmen des Deltamethrinhaltigen Polyesternetzes (Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Firma Texinov [®] Textiles Techniques Frankreich, Lyon, Frankreich, 2009.....	41
Abbildung 3: Nahaufnahme des unbehandelten Polyethylenetzes (asymmetrische Maschenweite von 0,7-1,2mm); Firma Rökona Textil GmbH, Tübingen, 2009.....	42
Abbildung 4: Nahaufnahme des unbehandelten Textilnetzes (gleichmäßige Maschenweite <1mm); Firma Rökona Textil GmbH, Tübingen, 2009.....	43
Abbildung 5: Versuchsgruppe A, Deltamethrinhaltiges Polyesternetz: Vollständig vernetzte Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	44
Abbildung 6: Versuchsgruppe A, Deltamethrinhaltiges Polyesternetz: 1,80m hoch vernetzte Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	46
Abbildung 7: Unvernetzte Versuchseinheit (Kontrolle) auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	46
Abbildung 8: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Polyethylenetz: Vollständig vernetzte Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	47
Abbildung 9: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Polyethylenetz: 1,80m hoch vernetzte und unvernetzte Versuchseinheit (Kontrolle) auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	48
Abbildung 10: Schematische Darstellung der Fangreuse.....	49
Abbildung 11: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Textilnetz: Nahaufnahme einer Fangreuse an der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	49
Abbildung 12: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Textilnetz: 1,80m hoch vernetzte und unvernetzte Versuchseinheit (Kontrolle) auf der Milchviehanlage in Lögow, Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	50
Abbildung 13: Eine Außenfalle am Rand des Geländes der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	51
Abbildung 14: Aufbau der BG Sentinel [®] UV-Lichtfalle (©Handbuch für die BG Sentinel [®] UV-Lichtfalle, BioGents GmbH, Regensburg).....	52

Abbildung 15: Flügelzeichnung der Gnitzen aus dem <i>Obsoletus</i> -Komplex (Rohrmann, 2010).....	53
Abbildung 16: Flügelzeichnung der Gnitzen aus dem <i>Pulicaris</i> -Komplex (Rohrmann, 2010).....	53
Abbildung 17: Fliegenklebstofffalle auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	54
Abbildung 18: Positionierung der Gnitzen- und Fliegenfallen, der Wetterstation und des Deltamethrinhaltigen Polyesternetzsaunes auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009 (Quelle: Google Earth).	56
Abbildung 19: Deltamethrinhaltiger Polyesternetzsaun an der hinteren Längsseite des Interventionsstalls (links: Kontrollstall) auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.....	58
Abbildung 20: Deltamethrinhaltiger Polyesternetzsaun an der gegenüberliegenden Längsseite des Interventionsstalls auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.....	58
Abbildung 21: Netzfreier Zufahrtsweg und Deltamethrinhaltiger Polyesternetzsaun an der Vorderseite des Interventionsstalls auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.....	59
Abbildung 22: Netzfreier Zufahrtsweg und Deltamethrinhaltiger Polyesternetzsaun an der Rückseite des Interventionsstalls auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.....	59
Abbildung 23: Installierte Biogents-Sentinel [®] UV-Licht Insektenfalle im Interventionsstall auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	60
Abbildung 24: Abgenommene Fliegenklebstofffallen nach einer Woche im Kontrollstall auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.....	61
Abbildung 25: Positionierung der Gnitzen-Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009 (Quelle: Google Earth).....	63
Abbildung 26: Geöffnete Testbox [®] , ausgekleidet mit dem Deltamethrinhaltigen Polyesternetz.	66
Abbildung 27: Überführung der sensiblen Laborfliegen (<i>M. domestica</i>) in die geschlossene Testbox [®]	66
Abbildung 28: Auf dem Betriebsgelände installierter Außensensor einer Wetterstation auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.....	67

Grafikverzeichnis

Grafik 1: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen in Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.	70
Grafik 2: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen pro Klebstofffalle in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.	72
Grafik 3: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylnetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.	73
Grafik 4: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.	75
Grafik 5: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen pro Klebstofffalle in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylnetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.	76
Grafik 6: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen pro Klebstofffalle in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.	77
Grafik 7: Vergleichende Darstellung der Abwehrbewegungen von jeweils 3 Kälbern pro Versuchseinheit (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm). Jedes Kalb wurde pro Beobachtungstag mittags, nachmittags und abends für jeweils 10 Minuten beobachtet. Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).	78
Grafik 8: Vergleichende Darstellung der Abwehrbewegungen von jeweils 4 Kälbern pro Versuchseinheit (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylnetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm). Jedes Kalb wurde pro Beobachtungstag mittags, nachmittags und abends für jeweils 10 Minuten beobachtet. Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).	79

Grafik 9: Vergleichende Darstellung der Abwehrbewegungen von jeweils 4 Kälbern pro Versuchseinheit (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm). Jedes Kalb wurde pro Beobachtungstag mittags, nachmittags und abends für jeweils 10 Minuten beobachtet. Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (02.09.-28.10.2009).....	80
Grafik 10: Vergleichende Darstellung der durchschnittlichen Befallsrate der beobachteten Kälber mit Musciden in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).....	81
Grafik 11: Vergleichende Darstellung der Befallsrate der beobachteten Kälber mit Musciden in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).....	82
Grafik 12: Vergleichende Darstellung der Befallsrate der beobachteten Kälber mit Musciden in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (02.09.-28.10.2009).....	83
Grafik 13: Minimale, maximale und mittlere Tageszunahmen in Gramm der Kälber in den Iglu-Versuchseinheiten in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-19.08.2009).	84
Grafik 14: Minimale, maximale und mittlere Tageszunahmen in Gramm der Kälber in den Iglu-Versuchseinheit in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-19.08.2009).....	85
Grafik 15: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen im Interventions- und Kontrollstall (freistehende Vernetzung des Interventionsstalles mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetzzaun, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.....	86
Grafik 16: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen im Interventions- und Kontrollstall (freistehende Vernetzung des Interventionsstalles mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetzzaun, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz- Ruppin, Brandenburg 2009.....	88
Grafik 17: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen (LT1-LT4, BG-Sentinel® UV-Lichtfallen) auf dem Betriebsgelände und der Umgebung der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-28.10.2009).....	89

-
- Grafik 18:** T50-Werte nach Exposition von sensiblen Testfliegen (*M. domestica*) für 10 Sekunden in der Testbox[®], ausgekleidet mit Deltamethrinhaltigen Polysternetzproben. Die Netzproben wurden vor Ausbringung im Mai 2009 (Ausgangswert) und in monatlichen Abständen bzw. bis zu 12 Monate nach Ausbringung auf der Milchviehanlage in Lögow getestet. 91
- Grafik 19:** Verlauf der durchschnittlichen Temperatur in °C und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz- Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009). 96
- Grafik 20:** Verlauf der relativen durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit in % und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz- Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009). 96
- Grafik 21:** Verlauf der wöchentlich durchschnittlichen Niederschlagshöhe in mm und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009). 97
- Grafik 22:** Verlauf der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit in km/h und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz- Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009). 97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: In Deutschland (2010) zugelassene Pyrethroidhaltige Ektoparasitika zur Anwendung beim Rind.....	32
Tabelle 2: Alternierender Belegungsplan für die Aufstallung der Kälber in den Versuchseinheiten I bis VI.	45
Tabelle 3: Mittlere T50-Werte im Fliegen-Bioassay mit monatlich entnommenen Netzproben, Milchviehanlage Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009/2010.....	93
Tabelle 4: Beobachtungsprotokoll für die Abwehrbewegungen der Kälber in den Versuchseinheiten.	123
Tabelle 5: Protokoll für die Gewichtserfassung der Kälber in den Versuchseinheiten....	124/24
Tabelle 6: Testbogenvorlage für den Fliegen-Bioassay.	125

Abkürzungsverzeichnis

Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>
BTD	Bluetongue disease
BTV	Bluetongue virus
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EFSA	European Food Safety Authority
etc.	<i>et cetera</i>
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
m	Meter
mg/m ²	Milligramm pro Quadratmeter
mm	Millimeter
min.	Minuten
OIE	Office International de Epizooties
OP	organische Phosphorsäureester
p.i.	<i>post infectionem</i>
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
UV	ultraviolett
WHO	World Health Organisation
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung und Zielsetzung

Im August 2006 kam es im Dreiländereck Holland, Belgien und Deutschland zu einem unerwarteten Ausbruch der Blauzungenkrankheit (Kampen und Kiel, 2006; Mehlhorn et al., 2007; Kampen, 2008), die die heimischen Wiederkäuerbestände bedrohte. Die im Ausbruchsjahr in Deutschland registrierten 900 Fälle stiegen im Sommer 2007 explosionsartig auf über 20.000 Fälle an. Neben den hohen wirtschaftlichen Einbußen (Tierverluste, Leistungseinbußen, Tierärztkosten, eingeschränkter Handel durch seuchenrechtliche Bestimmungen) verursachten die Infektionen einen erheblichen Leidensdruck bei den erkrankten Tieren (FLI, 2010d).

Bei der Blauzungenkrankheit handelt es sich um eine ursprünglich aus Afrika kommende vektorübertragene Viruserkrankung der Haus- und Wildwiederkäuer, die sich über den Mittelmeerraum bis nach Mitteleuropa ausbreitete. Die Hauptvektoren für das Blauzungenvirus (BTV) sind 1-3mm kleine Mücken der Gattung *Culicoides* (Gnitzen).

Die wichtigsten klinischen Leitsymptome dieser Erkrankung sind anhaltendes hohes Fieber, entzündliche Veränderungen an Haut und Schleimhaut von Auge, Maul und Nase, Erosionen an Zitzen und Klauen sowie Lahmheiten, Aborte und Abmagerung.

Auf dem afrikanischen Kontinent und in Südeuropa gilt die Gnitzenpezies *C. imicola* als Hauptüberträger. Nördlich der Alpen wurde sie bisher noch nicht nachgewiesen. Neueste entomologische Untersuchungen in Deutschland und im westlichen Nordeuropa haben ergeben, dass auch die bei uns beheimateten *Culicoides* spp. potentielle Vektoren des Blauzungenvirus sein können (Mehlhorn et al., 2007; Mehlhorn et al., 2008c; Hoffmann et al., 2009; Mehlhorn et al., 2009).

Die Aufstallung der Tiere zu den Hauptflugzeiten der Vektoren (Gnitzen) bietet nach bisherigen Erkenntnissen keinen absoluten Schutz (Baylis et al., 2010).

Die Bekämpfung von ihren feuchten Bruthabitaten durch Trockenlegung (Soulsby, 1982; Boorman, 1993; Taylor et al., 2007; Carpenter et al., 2008a) oder Behandlung mit Insektiziden (Braverman, 1994; Taylor et al., 2007; EFSA, 2008) ist schwierig, da die Entwicklungshabitate der in Deutschland nachgewiesenen opportunistischen *Culicoides* spp. nur unzureichend bekannt sind (Werner und Kampen, 2007; EFSA, 2008).

Als weitere Schutzmaßnahmen vor den Vektoren kommen neben der Umgebungsbehandlung auch verschiedene Insektizide am Tier in Form von pour on Behandlungen oder Ohrclips zum Einsatz. Ein Effekt der unterschiedlichen Formulierungen auf die Gnitzen konnte nur für eine geringe Zeitspanne nachgewiesen werden (Carpenter et al., 2008a; Mehlhorn et al., 2008a; Liebisch et al., 2008a). Eine Feldstudie auf einer Bullenstation in Brandenburg zeigte, dass trotz durchgeführter Insektizid-Behandlungen am Tier noch Gnitzen im Stall gefangen wurden, die eine Blutmahlzeit aufgenommen hatten (Bauer et al., 2009).

Ein neuer Ansatz zum Schutz vor tiermedizinisch bedeutenden Vektoren ist der Einsatz von insektizidbehandelten Netzen. Erste Untersuchungen in Kenia zeigten im Rahmen der Bekämpfung von Tsetsefliegen abnehmende Infektionsraten mit Trypanosomen sowie auch

bei Folgeuntersuchungen in Ghana geringere Einträge von Lästlingsinsekten und Stechmücken in die mit einem insektizidbehandelten Netz geschützten Bereiche (Maia et al., 2005; Bauer et al., 2006b).

Auch in Deutschland liegen erste erfolgversprechende Ergebnisse insektizidbehandelter Netze zum Schutz von Rinderstallungen gegen Gnitzen und Lästlingsinsekten vor (Bauer et al., 2009; Rohrmann, 2010; Geerike, 2010).

Aufgrund der voranschreitenden Resistenzlage gegen Insektizide, vor allem bei Fliegen (*Musca domestica*) (Jandowsky et al., 2009; Jandowsky, 2010; Jandowsky et al., 2010) sowie der nachgewiesenen Aqua- und Kaltblüttoxizität mancher Wirkstoffe (Ungemach, 2006), kann aber der Einsatz von Insektiziden nicht als alleinige Bekämpfungsmethode angesehen werden (Takken, 2002).

Unbehandelte Netze als mechanische Barriere wurden bereits auf den Eintrag von Anopheles-Mücken in menschliche Behausungen (Darriet et al., 2000) und damit als Schutz vor Malariainfektionen (Clarke et al., 2001) untersucht.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Prüfung der Wirksamkeit insektizidbehandelter und unbehandelter Netze gegen den Eintrag von heimischen Gnitzen und Lästlingsinsekten (Musciden) in Offenstallungen auf einem Milchviehbetrieb in Brandenburg. Neben entomologischen Untersuchungen sollen die Auswirkungen der Schutzmaßnahmen auch auf das Wohlbefinden und die Produktivität der Tiere beurteilt werden.

In Laboruntersuchungen soll zusätzlich die biozide Wirksamkeit und Umwelt-Persistenz des insektizidbehandelten Netzes ermittelt werden.

2. Literatur

2.1 Blauzungenkrankheit

2.1.1 Ätiologie

Bei der Blauzungenkrankheit (bluetongue disease, Maulkrankheit, catarrhal fever of sheep) handelt es sich um eine infektiöse, aber nicht kontagiöse Viruserkrankung der Wiederkäuer und Wildwiederkäuer, die ihren Ursprung in Südafrika hat. Die Tierseuche ist bei der OIE (Office International des Epizooties, heute „World Organisation for Animal Health“) unter „Multiple species diseases“ gelistet und in allen Mitgliedsstaaten der EU anzeigepflichtig (FLI, 2010b; OIE, 2010a).

Der Erreger ist ein doppelsträngiges RNA-Orbivirus der Familie Reoviridae. Es ist unbehüllt und somit gegen äußere Umwelteinflüsse sehr resistent, allerdings säurelabil (Rolle und Mayr, 2007). Der Anhaftung an die Zellwand und dem Eintritt in die Zellen dienen die zwei infektiösen Virusproteine VP2 und VP7 der insgesamt sieben vorhandenen Strukturproteine (VP1-VP7). Das externe VP2 ist weiterhin entscheidend für die Neutralisation und bestimmend für den Serotyp. In infizierten Zellen sind zusätzlich mindestens drei Nicht-Strukturproteine (NS1, NS2 und NS3) vorhanden, die wahrscheinlich für die Virusausschleusung aus den Zellen mitverantwortlich sind (Schwartz-Cornil et al., 2008).

Die Replikation des Virus findet in Endothelzellen und mononukleären Phagozyten statt. Nicht replizierend kann es sich auch bis zu 5 Monaten in Erythrocyten verstecken. Bei der Virusreplikation können regelmäßig genetischen Neuarrangements auftreten (Rolle und Mayr, 2007).

Die bisher nachgewiesenen 24 Serotypen des Blauzungenvirus, von denen 20 allein in Afrika vorkommen, zeigen eine große antigenetische Variabilität und unterschiedliche Virulenz (Tabachnik, 2004). Mittlerweile wurde ein potentieller 25. Serotyp in der Schweiz nachgewiesen. Hierbei handelt es sich um das Toggenburger-Orbivirus der Ziegen (Hofmann et al., 2008).

Das Virus gehört zu den durch blutsaugende Arthropoden übertragenen Arboviren (arthropod-born viruses) (Mellor, 2000). Beim Blauzungenvirus sind die Überträger die hämatophagen Weibchen einiger Arten der Gattung *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*).

2.1.2 Epidemiologie

Die OIE hat die klassischen Verbreitungsgebiete der Blauzungenkrankheit festgelegt. Grundsätzlich wurde das Vorkommen der Blauzungenkrankheit auf allen Kontinenten, außer in der Arktis und der Antarktis beschrieben. Die Gebiete erstrecken sich in den tropischen, subtropischen und gemäßigten Regionen zwischen 53° nördlicher und 34° südlicher Breite mit einer aktuellen Ausbreitungstendenz nach Norden (OIE, 2010b).

Die Blauzungenkrankheit wurde zum ersten Mal Anfang des 20. Jahrhunderts in Südafrika erwähnt (Hutcheon, 1902). Über Merinoschafe wurde sie dann in weitere Teile Afrikas verschleppt (Werner und Kampen, 2007). Das Auftreten der Tierseuche ist eng mit dem Vorkommen der Überträger-Mücke assoziiert. In Afrika und anderen subtropischen Bereichen tritt sie aufgrund der ganzjährigen Aktivität des Vektors endemisch auf.

Bereits in den 1950er Jahren gab es die ersten Ausbrüche der Blauzungenkrankheit in Portugal (Sellers et al., 1978). Das Blauzungenvirus kam aus Afrika über die Mittelmeerinseln nach Südeuropa, wo es sich auch in den 90iger Jahren weiter ausbreitete (Mellor und Wittmann, 2002; Purse et al., 2005; Mellor et al., 2008). Zunächst handelte es sich noch um kurzlebige Ausbrüche (Mellor und Boorman, 1995). Seit 1998 hingegen ist die Blauzungenkrankheit auch im Mittelmeerraum enzootisch (Giovannini et al., 2004; Gomez-Tejedor, 2004). Die meisten Ausbrüche in Südeuropa wurden zwischen 2001 und 2003, beispielsweise in Griechenland, Bulgarien, Serbien-Montenegro (Djuricic et al., 2004), in der Türkei, Kroatien, Spanien sowie in Mazedonien und Italien beschrieben.

In Deutschland wurde der erste Ausbruch der Blauzungenkrankheit am 21. August 2006 im Aachener Raum gemeldet. Weitere Infektionsherde lagen in Holland und Belgien, die wenige Tage zuvor den ersten Ausbruch gemeldet hatten (17. und 19.08.2006) (Mehlhorn et al., 2008c). Bis Ende 2006 kamen weitere Fälle in Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Hessen, im Saarland und in Niedersachsen hinzu. Nach der Ausbreitung im Dreiländereck erstreckte sich der Seuchenzug weiter nach Frankreich und Luxemburg (FLI, 2010b).

Es handelte sich bei allen Ausbrüchen in Deutschland um Infektionen vom Serotyp 8 (BTV-8), der bisher nur südlich der Sahara, in Asien sowie Mittel- und Südamerika vorgekommen war (Conraths et al., 2007a). Es konnte bereits eine große molekularbiologische Ähnlichkeit für das Gen, welches das virale Protein VP2 kodiert, mit einem 1982 in Nigeria isolierten Stamm nachgewiesen werden (Enserink, 2006). Insgesamt wurden in Deutschland im Ausbruchsjahr 2006 knapp 900 Blauzungenfälle bestätigt (BMELV, 2006).

Bereits im Mai 2007 konnte in Nordrhein- Westfalen der erste Fall des neuen Jahres verzeichnet werden. Seither wird davon ausgegangen, dass das Virus in unseren Breitengraden überwintern kann (Hoffmann et al., 2008). Im Sommer desselben Jahres kam es zu einem explosionsartigen Auftreten von Infektionen mit insgesamt über 20 000 Fällen (BMELV, 2007). Hinzu kamen die ersten Blauzungenkrankheitsfälle in Dänemark, der Schweiz, der Tschechischen Republik und in Großbritannien. Im Jahr 2008 meldeten Deutschland, Holland, Belgien, Frankreich, Luxemburg und die Schweiz der OIE, dass die Blauzungenkrankheit bei ihnen endemisch auftritt.

Trotz der im Mai 2008 begonnenen Impfpflicht in Deutschland gegen den vorherrschenden Serotyp 8 wurden noch über 5000 weitere Blauzungenfälle registriert (BMELV, 2008). Inzwischen wurden in Mitteleuropa auch weitere Serotypen nachgewiesen. Im Oktober und November 2008 konnte zuerst in den Niederlanden (Region Overijssel) und kurz danach auch im unmittelbar angrenzenden Deutschland (Landkreis Grafschaft Bentheim) der Serotyp 6 (BTV-6) nachgewiesen werden (Eschbaumer et al., 2009). Die Sequenzanalysen vom EU-Referenzlabor (CRL-BT) in Pirbright (UK) zeigten, dass dieser Serotyp eine hohe Verwandtschaft mit einem südafrikanischen Vaccinevirus besitzt (FLI, 2010c). Der Serotyp 1 (BTV-1) breitete sich nach seiner ersten Entdeckung 2006 in Marokko kontinuierlich weiter nach Norden aus und besaß bereits 2008 signifikante Überlappungsgebiete mit BTV-8 in Frankreich und Spanien. Nach der flächendeckenden Vakzinierung der Wiederkäuer verzeichnete Deutschland bis Ende 2009 nur noch knapp 150 bestätigte Fälle der Blauzungenkrankheit (BMELV, 2009).

Zusammen mit BTV-1 und BTV-8 gehören die vorrangig in Südeuropa heimischen Serotypen 2, 4, 9 und 16 zu den in den letzten 10 Jahren in Europa nachgewiesenen Serotypen (Schwartz-Cornil et al., 2008). Im Gegensatz zu den anhand von DNA-Sequenzanalysen rekonstruierten Einführungsrouten der Serotypen 2, 4, 9 und 16 nach Südeuropa (Purse et al., 2005) ist der Einschleppungsmodus der Blauzungenkrankheit nach Deutschland im Jahr 2006 noch nicht hinreichend geklärt. Als mögliche Eintrittspforten werden der Import von infizierten Wiederkäuern oder Vektoren, von infizierten Samen, Eizellen, Embryonen und Impfstoffen, sowie das passive Verdriften der Vektoren mit dem Wind diskutiert (Conraths et al., 2007b; Mehlhorn et al., 2008c; Saegerman et al., 2008). Es wurde bereits nachgewiesen, dass die Gnitzen wie „Luft-Plankton“ (Hayashi et al., 1979) durch passive Verdriftung mit dem Wind Entfernungen von 200 km bis zu über 700 km zurücklegen können (Sellers und Maarouf, 1993).

Der vorwiegend saisonale Verlauf von BTV-8 unterscheidet sich nicht markant von den anderen europäischen Serotypen (EFSA, 2008). Das Auftreten des Krankheitsgeschehens steht im engen Zusammenhang mit den Flugzeiten der Vektoren. Ein saisonaler Anstieg von BTV-Ausbrüchen entspricht einem hohen Vorkommen von kompetenten Vektoren (Mellor et al., 2000; Capela et al., 2003; De Liberato et al., 2003; Miranda et al., 2004). Zwar wurde der in Afrika und im Mittelmeerraum wichtigste Vektor des Blauzungenvirus *C. imicola* bislang noch nicht nördlich der Alpen nachgewiesen (Werner und Kampen, 2007; Saegerman et al., 2008; Hoffmann et al., 2009; Mehlhorn et al., 2009), aber die bisherigen Feld- und Laboruntersuchungen weisen darauf hin, dass unsere autochthonen Gnitzenarten als Überträger des Virus wohl infrage kommen (Carpenter et al., 2006; Meiswinkel et al., 2007; Mehlhorn et al., 2009). Die hohen Temperaturen im Sommer und Herbst 2006 sowie der milde Winter 2006/07 begünstigten die rasante Ausbreitung des Blauzungenvirus in Deutschland. Für die allgemeine Ausbreitungstendenz nach Norden werden die fortschreitende Klimaerwärmung, die auch mit der Verbreitung potenzieller Vektoren einhergeht (Mellor, 1996; Purse et al., 2005; Wilson und Mellor, 2009) und die Globalisierung des Tierhandels mitverantwortlich gemacht (Mehlhorn et al., 2008c).

2.1.3 Pathogenese und Klinik

Generell sind alle Wiederkäuer sowie Neuweltkameliden, für das Blauzungenvirus empfänglich (Rolle und Mayr, 2007). Neben der Haustierpopulation wurden BTV-Antikörper auch bei Elchen, Moschusochsen, Wildschafen und Cerviden (Geweihträger) entdeckt (Robinson et al., 1967; Murray und Trainer, 1970; Thorne et al., 1988; Dubay et al., 2006; Lutz, 2008). In Süd-/Westspanien ging eine BTV-1 Infektion bei wilden Mufflons auch mit klinischen Symptomen und Mortalität einher (Fernandez-Pacheco et al., 2008).

Bei dem Krankheitsbild handelt sich um eine Allgemeinerkrankung, die mit hohem und zum Teil sechs bis acht Tage anhaltendem Fieber beginnt. Hinzu kommen anschließend entzündliche Veränderungen an Maul und Schleimhaut der Augen und Nase bzw. Flotzmaul und vermehrtes Speicheln. Erosionen an den Zitzen sowie Lahmheiten, allgemeine Bewegungsunlust und Abmagerung aufgrund von Muskel- und Klauenlederhautentzündungen sind weitere Symptome. Im weiteren Krankheitsverlauf können Atembeschwerden, Ödembildung und allgemeine Sekundärinfektionen folgen (Rolle und Mayr, 2007; Werner und Kampen, 2007). Das Anschwellen und die blau-violette Färbung der Maulschleimhaut und der Zunge infolge einer Zyanose als klinisches Symptom, das der Blauzungenerkrankung ihren Namen verdankt, wird hingegen sehr selten beobachtet (Elbers et al., 2008).

Der akute Krankheitsverlauf betrifft abgesehen von einigen resistenten afrikanischen Schafrassen (Rolle und Mayr, 2007) vor allem Schafe und deren Jungtiere, die oft nach 2 bis 8 Tagen sterben (Conraths et al., 2009). Bei der Placentapassage v.a. in der 5.-6. Trächtigungswoche kann das Virus zum Abort oder zu Fetopathien (Hydrocephalus, Hydranencephalopathie, Nekrosen, Kleinhirnhypoplasie) führen. Die Fähigkeit der vertikalen Transmission konnte für den Serotyp 8 in Europa, nicht aber für die Serotypen in Afrika nachgewiesen werden (EFSA, 2008).

Trotz der „typischen“ Symptomatik kann die Diagnose nur mit einer Sensitivität von 76% und einer Spezifität von 72% gestellt werden (Elbers et al., 2008). Als Differentialdiagnosen müssen die Bovine Virusdiarrhoe (BVD), die Maul- und Klauenseuche (MKS), das Bösertige Katarrhalfieber (BKF), die vesikuläre Stomatitis (Vesiculovirus) sowie der Lippengrind (Ecthyma contagiosa, Parapoxvirus ovis) beim Schaf und die Schaf- und Ziegenpocken (Capripoxvirus) berücksichtigt werden (Werner und Kampen, 2007). Aber auch die Moderhinke, die akute Haemonchose, die Besnoitiose sowie die Photosensibilität (Liebisch und Liebisch, 2007) und Mykotoxikose (FLI, 2010a) können dem Krankheitsbild ähneln.

Die Inkubationszeit beträgt 2 bis 15 Tage (FLI, 2008, 2010d), beim Schaf auch 3 bis 7 Tage (Rolle und Mayr, 2007). Die durchschnittlich 5%ige Morbidität bei Rindern (Rolle und Mayr, 2007) kann bis auf 100% ansteigen (Liebisch und Liebisch, 2007; Werner und Kampen, 2007). Die Mortalität liegt je nach Alter, Rasse sowie individuellem Gesundheits- und Ernährungszustand zwischen 2% und 80%. Die Rinder entwickeln trotz hoher Antikörpertiter häufig eine klinisch unauffällige Infektion und können dann ein Virusreservoir darstellen. Die neutralisierenden Antikörper werden auch übers Kolostrum an das Neugeborene weitergegeben. Dieser passive Immunschutz hält circa zwei bis sechs Monate an (Rolle und Mayr, 2007). Eine überstandene Infektion führt zur Ausbildung einer serotypspezifischen und

häufig lebenslangen Immunität (Rolle und Mayr, 2007; FLI, 2010d). Die Virämie wird für Ziegen und Schafe mit bis zu 50 Tagen, beim Rind mit 15 bis 70 Tagen (FLI, 2008), mitunter bis zu 90 Tagen (Hourrigan und Klingsporn, 1975; Conraths et al., 2007a; Conraths et al., 2007b) angegeben.

Die Auswirkungen der Blauzungenkrankheit zeigen sich im erheblichen Leiden der Tiere, in hohen wirtschaftlichen Einbußen aufgrund hoher Tierverluste und Leistungseinbußen einschließlich der Tierarztkosten und im eingeschränkten Handel wegen seuchenrechtlicher Bestimmungen (FLI, 2010d).

Der Mensch ist für die Krankheit nicht empfänglich und somit ist der Konsum von Fleisch- und Milchprodukten ohne Bedenken möglich (BMELV, 2010).

2.1.4 Diagnostik

Für die Diagnose können der direkte Virusnachweis, der Genom- bzw. Antigennachweis oder der Antikörpernachweis herangezogen werden.

Die Anzucht des Blauzungenvirus erfolgt routinemäßig aus mit Gerinnungsgehemmern versetztem Blut auf beispielsweise Aorten-Endothelzellen, Verozellen (Zelllinie aus den Nieren der grünen Meerkatze) oder Insektenzellen. Die Virusisolierung in embryonierten Hühnereiern ist zwar effizienter, aber in der Durchführung weitaus schwieriger. *Post mortem* eignen sich Milz und Lymphknoten am besten für die Virusisolierung (FLI, 2010a).

Zum Nachweis des Virusantigens eignet sich aufgrund ihrer hohen Sensitivität und Spezifität die RT-PCR (Dadhich, 2004; FLI, 2010a). Die Pan-BTV-real time RT-PCR wird angewandt, um alle 24 Serotypen nachzuweisen. Darüber hinaus werden spezifische real-time RT-PCR Systeme zum Nachweis von BTV-8, BTV-1 und BTV-6 verwendet (Hoffmann et al., 2009). Mit der PCR kann das Virus länger nachgewiesen werden als mit der direkten Virusisolierung und ist beim Schaf bis zu 100 Tagen sowie beim Rind bis zu 240 Tagen nach der Infektion möglich (FLI, 2008).

Der Antikörpernachweis muss immer in Verbindung mit den klinischen oder epidemiologischen Befunden einhergehen und kann frühestens nach 7 bis 10 Tagen p.i. erfolgen. Für diese Diagnostik sind in Deutschland kommerzielle Kompetitions-ELISA (cELISA) zugelassen. Mittlerweile ist der Nachweis von BTV-Antikörpern auch in Milch von Schafen und Rindern mittels Milch-ELISA möglich. Des Weiteren steht für den sehr frühen Nachweis von Blauzungen-Antikörpern sowie für den sensitiven Nachweis von Impfantikörpern der „zwei Doppel-Antigen (Sandwich)-ELISA“ zur Verfügung (FLI, 2010a). Der Neutralisationstest zur Typendifferenzierung (Dadhich, 2004) kann ebenfalls verwendet werden (FLI, 2010a).

2.1.5 Bekämpfung und Prophylaxe

Eine wirksame kausale Therapie der Blauzungenkrankheit ist bislang nicht vorhanden. Alle Therapien beschränken sich auf die symptomatische Behandlung erkrankter Tiere. Des Weiteren können Hygienemaßnahmen, Beschränkung des Tierverkehrs auf das absolut notwendige Maß sowie Quarantäne bei Zukauf weiterer Tiere das Erkrankungsrisiko senken (Iben, 2009).

Im Januar 2008 wurde auf EU- Ebene die Impfung von Rindern, Schafen und Ziegen gegen BTV-8 beschlossen. Nach eingehenden Unbedenklichkeitsprüfungen sind aktuell vier inaktivierte monovalente Impfstoffe auf dem Markt („BTV PVR ALSAP 8“ von der Firma Merial, „Zulvac 8 Bovis“ von Fort Dodge, „Bluevac-8“ von CZ Veterinaria und „Bovilis BTV8“ von Intervet) (PEI, 2009). Der serotypspezifische Impfschutz hält nach derzeitigem Kenntnisstand bei einmaliger Grundimmunisierung ein Jahr (Schwartz-Cornil et al., 2008; FLI, 2010d). Die im Mai 2008 begonnene Pflichtimpfung in Deutschland wurde Anfang 2010 wieder aufgehoben (Bundestag, 2009).

In einigen endemisch verseuchten Ländern wie auch in Südafrika werden polyvalente Lebendvakzine eingesetzt, welche aber das Risiko von Fetopathien, Neukombination von Impfstämmen sowie deren potentielle Verschleppung durch die Überträger mit sich bringen (Liess und Kaaden, 2003; Venter et al., 2007).

Neben der Impfung ist die Kontrolle der Überträger (Mehlhorn et al., 2008c; Iben, 2009) als eine wichtige Prophylaxemaßnahme zu nennen. Die Aufstallung der Tiere kann hilfreich sein, bietet aber keinen absoluten Schutz (Baylis et al., 2010).

Die Möglichkeiten der Vektorenbekämpfung werden detailliert unter Punkt 2.4. erläutert.

2.2 Vektoren der Blauzungenkrankheit

Die Hauptvektoren der Blauzungenkrankheit sind einige Mückenarten (Gnizen, engl.: biting midges, no-see-ums) aus der Gattung *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*).

In warmen Ländern wurde das Blauzungenvirus auch in Mücken der Familie *Culicidae* sowie in tropischen Zecken der Gattung *Amblyomma* und *Ornithodoros* nachgewiesen (Becker, 1974), bislang jedoch noch nicht die Übertragung.

Direkte Kontaktinfektionen zwischen Säugetieren sind zwar nicht bekannt, jedoch konnte experimentell eine rein mechanische Übertragung durch die Schaflausfliege (*Melophagus ovinus*) nachgewiesen werden (Gray und Bannister, 1961). Folglich müssen auch viruskontaminierte Spritzen im Rahmen tierärztlicher Tätigkeiten sowie infiziertes Sperma, Eizellen oder Embryonen in Form von so genannten unbelebten Vektoren als mögliche Übertragungswege in Betracht gezogen werden. Letzteres konnte in experimentellen Übertragungsversuchen bestätigt werden (Bowen et al., 1985a; Bowen et al., 1985b).

2.2.1 *Culicoides* spp.

Die Gattung *Culicoides* gehört innerhalb der Ordnung der Diptera (Zweiflügler) und Unterordnung der Nematocera (Mücken) zu der Familie der *Ceratopogonidae*.

Die Ceratopogoniden sind nahe verwandt mit den Zuck- (Familie *Chironomidae*) und Dunkelmücken (Familie *Thanmaleidae*), unterscheiden sich aber durch die bei den Gnitzen vorhandenen stechend-saugenden Mundwerkzeuge sowie der ausgeprägten Flügeladerung und der Ausgestaltung ihrer Beine und Genitalien (Werner und Kampen, 2007).

Die Familie der *Ceratopogonidae* ist weltweit verbreitet (ausgenommen Arktis und Antarktis) und beinhaltet 5.500 valide Artnamen in fünf Unterfamilien und 125 Gattungen (Borkent, 2006). Vier dieser Gattungen (*Culicoides*, *Leptoconops*, *Forcipomyia*, *Austrocops*) haben hämatophage Weibchen (Kettle, 1984; Boorman, 1993; Mellor et al., 2000). Die mitunter sehr aufwändige Identifizierung und Differenzierung der einzelnen Arten und ihrer Bruthabitate macht sie zu einer der wissenschaftlich am wenigsten untersuchten Dipterenpezies Europas (Havelka und Aguilar, 1999; Liebisch und Liebisch, 2007; Werner und Kampen, 2007). Die Gattung *Culicoides* ist aus veterinärmedizinischer Sicht die Bedeutsamste; über 90% dieser Gattung sind obligate Blutsauger an Säugern, inklusive Menschen, auch an Vögeln, Reptilien und anderen Insekten (Kettle, 1984; Boorman, 1993; Meiswinkel et al., 1994; Mellor, 1996; EFSA, 2008).

Die insgesamt ca. 1300 *Culicoides* Arten (Borkent und Wirth, 1997) sind von der subarktischen Region bis in den Süden von Amerika, Afrika und Australien verbreitet. In Deutschland sind mindestens 332 heimische Arten nachgewiesen (Havelka und Aguilar, 1999).

Ein Charakteristikum für die Gnitzen ist die Ausbildung so genannter Komplexarten (Zwillingsarten oder isomorphe Arten), die nicht morphologisch, sondern nur zytotaxonomisch, biochemisch oder molekularbiologisch eindeutig zu trennen sind (Werner und Kampen, 2007). In der Regel wird zur eindeutigen Identifizierung eine Multiplex-PCR eingesetzt (Gomulski et al., 2006; Mathieu et al., 2007; Nolan et al., 2007).

2.2.1.1 Arten und Morphologie

Die Einteilung der bisher bestimmten *Culicoides* spp. wurde international oft unterschiedlich gehandhabt. Die EFSA (European Food Safety Authority) hat 2008 die folgende Zuordnung veröffentlicht (EFSA, 2008):

In Europa gehören die potentiellen Vektoren des Blauzungenvirus zu den Untergattungen *Avaritia* und *Culicoides*, die basierend auf morphologischen und molekularen Merkmalen in weitere Arten-Komplexe unterteilt werden. In der Untergattung *Avaritia* formen folgende Arten den „*Obsoletus*-Komplex“: *C. obsoletus* Meigen 1818, *C. scoticus* Downes and Kettle 1952 und *C. montanus* Shakirzjanova 1962. Die Weibchen dieser Gruppe können nur mithilfe

molekularer Marker identifiziert werden. Zu diesem Komplex gehören noch weitere, aber separate Taxonomen, die weder mit ihm noch untereinander verwandt sind. Dies sind *C. chiopterus* Meigen 1830, *C. dewulfi* Goetghebuer 1936 und *C. imicola* Kieffer 1913.

Zu der Untergattung *Culicoides sensu stricto* gehören die folgenden drei Komplexe. „*Pulicaris*-Komplex“: *C. pulicaris* Linné 1758 und *C. lupicaris* Downes and Kettle 1952, „*Newsteadi*-Komplex“: *C. newsteadi* Austen 1921 und *C. punctatus* Meigen 1818 und „*Impunctatus*-Komplex“: *C. impunctatus* Goetghebuer 1920 und *C. delta* Edwards 1939. Zur Vereinfachung können aber auch alle Gruppen der Untergattung *Culicoides sensu stricto* dem „*Pulicaris*-Komplex“ zugeordnet werden (Gomulski et al., 2006).

Mit einer Größe von 0,5 bis 3mm gehören die Gnitzen der Gattung *Culicoides* zu den kleinsten blutsaugenden Insekten (Boorman, 1993). Der Körper der Adulten wirkt gedrungen und besitzt einen dunklen schwarz-grauen Farbton. Die Anordnung der Augen ist abhängig von der Art. Die Antennen besitzen je nach Geschlecht unterschiedlich lange 13 bis 15 Glieder, die beim Männchen büschelartig gefiedert sind. Dieses Merkmal wird deshalb zur Geschlechtsbestimmung herangezogen und gibt den Gnitzen auch den Namen „Bartmücke“ (lat.: ceratopogon) (Meigen, 1830).

Der Proboscis (Saugrüssel) hängt vertikal nach unten und besitzt die gleiche Länge wie der Kopf. Die mit insgesamt 5 Gliedern etwas längeren Palpen (Taster) sind auf dem 3. Glied mit einem sensorischen Organ (Johnstonsches Organ) ausgestattet.

Die Mundwerkzeuge der hämatophagen Weibchen bestehen aus einer steifen Oberlippe (Labrum) und sägeartigen Mandibeln sowie aus dem Unterkiefer und dem Hypopharynx. Die reduzierten Mundwerkzeuge der Männchen sowie nichtsaugende Weibchenarten besitzen nur eine weiche und flexible Oberlippe. Der Thorax der Adulten kann unterschiedlich gemustert und gefleckt sein. Die relativ breiten und fein behaarten (Mikrotrichien) Flügel sind an der Spitze teils gerundet und werden in Ruhehaltung dachziegelartig übereinander gelegt. Sie besitzen zum Teil eine für die einzelnen Arten charakteristische Musterung mit hellen und dunklen Flecken (Martini, 1952), die aufgrund von Pigmenteinlagerungen in der Flügelmembran zustande kommt (Kettle, 1984). Ein weiteres Charakteristikum ist die starke Ausbildung der Radialader, die zwischen der Medial- und Costalader verläuft und noch vor der Flügelspitze in den Flügelrand trifft. Die Radialader bildet zusammen mit der Costalader, die am oberen Flügelrand liegt, zwei etwa gleich große Radialzellen (Flügelzellen). Auch das Vorhandensein einer sogenannten Querader zwischen der Radial- und Medialader ist typisch für die Gattung (Kettle, 1984).

Die Gnitzen besitzen drei Beinpaare, wobei das vordere Paar sehr kurz ist. Die Klauen sind einfach gestaltet (Werner und Kampen, 2007). Die umfangreichen Merkmale der männlichen Genitalorgane werden zur genaueren Speziesdifferenzierung verwendet. Die weiblichen Gnitzen besitzen zwei Spermatheken (Spermataschen) (Boorman, 1993).

Da die morphologische Differenzierung nicht immer eindeutig und mitunter sehr zeitaufwändig ist, sind die molekulare Nachweise weiterhin von großer Bedeutung. Für die Gnitzenspezies *C. dewulfi* wurde bereits ein hoch spezifischer Primer entwickelt, welcher

über eine PCR eine schnelle und einfache Identifizierung dieser Spezies aus einem Pool von adulten Gnitzen und auch Larven ermöglicht (Stephan et al., 2009).

2.2.1.2 Entwicklung

Die Entwicklung der Gnitzen vollzieht sich nach einem holometabolen Zyklus, das heißt nach einer vollkommenen Metamorphose mit Puppenstadium.

Die Morphologie der Eier variiert je nach Unterfamilie und Gattung. Sie sind 0,15- 0,3mm lang und haben eine ovale bis lang gestreckte Form. Die Eiablage erfolgt einzeln oder auch als Paket von 30 bis zu 250 Eiern und bei den terrestrisch lebenden Arten auf dem Erdboden, auf Pflanzen oder an bzw. unter Substanzen in Gewässernähe. Dabei kann die Anzahl Eier pro Quadratmeter Bodenfläche bis zu 10.000 Stück betragen (Boorman, 1993). Die aquatischen Formen, zu der die meisten lästigen *Culicoides*-Arten gehören, legen ihre Eier auch an Pflanzenstängeln etwa ein Zentimeter unter der Wasseroberfläche ab.

Die erste Larve der insgesamt vier Larvenstadien schlüpft nach 2 bis 9 Tagen (Boorman, 1993). Sie besitzt dann eine vollsklerotisierte Kopfkapsel sowie stark ausgebildete und distal gezahnte Mandibeln. Zum Teil befinden sich an diesem Larvenstadium prothorakale, thorakale oder hintere Fortsätze. Die Stadien zwei bis vier sind je nach Art und Nahrungsangebot 2 bis 4mm groß. Im vierten Stadium ist es der Larve möglich zu überwintern (Braverman, 1994; Mellor und Leake, 2000), da sie hier ihre Fress- und Wachstumsphase leicht verkürzen oder verlängern kann (Kettle, 1984; Olbrich, 1987; Werner und Kampen, 2007). So ist beispielsweise bekannt, dass *C. dewulfi* und *C. chiopterus* gemeinsam in Kuhdung überwintern (Zimmer et al., 2008). Die Nahrungsquellen dieses Larvenstadiums sind Pilze, Algen (Boorman, 1993), Nematoden, Protozoen und kleine Arthropoden (Blanton und Wirth, 1979; Meiswinkel et al., 1994). Die schlanken Larven der aquatischen Formen sind gute Schwimmer und ernähren sich vor allem räuberisch von Larven anderer Mückenarten. Alle Larven besitzen eine hohe Temperaturtoleranz und eine gute Verträglichkeit gegenüber stark sauerem und alkalischem, aber auch salzigem Milieu (Liebisch und Liebisch, 2007). Ihre Entwicklung dauert je nach Sommerbedingungen 14 bis 25 Tage.

Die kompakten gelbbraun bis schwarz gefärbten Puppen haben eine Größe von 2 bis 4mm und am Kopfende ein kurzes prothorakales Hörnchen. Die Puppen der aquatisch lebenden Formen liegen oft im Pulk an der Wasseroberfläche, wohingegen die Larven der terrestrischen Formen zur Verpuppung einzeln ins Trockene wandern. Beide Formen brauchen für ihre Entwicklung drei bis 10 Tage (Werner und Kampen, 2007). Die Gnitzenpezies *C. obsoletus* braucht für ihr Entwicklungs- und Überlebensoptimum relativ niedrige Temperaturen, wohingegen *C. pulicaris* an eine hohe und stabile Luftfeuchtigkeit gebunden ist (Purse et al., 2005).

Die Überlebensdauer adulter Gnitzen variiert zwischen zwei bis fünf Wochen (Mellor et al., 2000; Werner und Kampen, 2007). Experimentell konnte eine Lebensdauer von bis zu 3,5 Monaten nachgewiesen werden (Goetghebuer und Lenz, 1934; Mellor et al., 2000). Abhängig von den lokalen klimatischen Bedingungen können *Culicoides* spp. eine, zwei, drei oder mehr Generationen im Jahr hervorbringen (EFSA, 2008).

Die Partnerfindung der adulten Gnitzen erfolgt über Pheromone. Im Flug findet schließlich die ein- bis mehrmalige Kopulation statt (Linley und Adams, 1972). Die Weibchen der hämatophagen Arten nehmen alle drei bis vier Tage (Birley und Boorman, 1982) Blut auf, da das darin enthaltene Protein für die Eireifung erforderlich ist. Die Blutmahlzeit kann vor oder nach der Begattung stattfinden (Werner und Kampen, 2007). Einige Arten wie zum Beispiel *C. impunctatus* (Boorman, 2006) sind aber auch autogen, das bedeutet, dass die erste Eiproduktion auch ohne eine Blutmahlzeit vonstatten gehen kann (Kampen und Kiel, 2006). Zur Risikoeinschätzung einer BTV-Übertragung können die weiblichen Gnitzen nach ihrem Alter („age-grading of females“) eingeteilt werden. Die „paren“ Weibchen haben im Gegensatz zu den „nulliparen“ Weibchen bereits Eier gelegt und entsprechend schon eine Blutmahlzeit aufgenommen und sind deshalb Überträger des BT-Virus (EFSA, 2008).

Die männlichen Gnitzen ernähren sich überwiegend von Pflanzensäften. Untersuchungen haben ergeben, dass sie hier Umbelliferen bevorzugen (Hiepe und Ribbeck, 1982).

2.2.1.3 Verbreitung und Epidemiologie

Zum ersten Mal werden Gnitzen in der Literatur 1713 von Rev. W. Derkham (Rektor des Upminster Essex) beschrieben (Mellor et al., 2000).

Trotz eingehender Forschung sind die genauen Entwicklungshabitate der in Deutschland nachgewiesenen mammophilen Gnitzen bisher nicht umfassend identifiziert (Werner und Kampen, 2007; EFSA, 2008). Grundsätzlich handelt sich aber um unterschiedliche Feuchtbiotop in der Nähe der jeweiligen Larvenentwicklungshabitate, da die adulten Gnitzen sich für gewöhnlich nur wenige 100m von ihren Brutplätzen entfernen (EFSA, 2007). Die maximale Distanz beträgt zwei bis drei Kilometer (Kettle, 1957; Lillie et al., 1981; Kettle, 1984). Zu den Biotopen gehören Schlamm, verrottendes Laub, faulende Früchte und Pilze sowie Kompost, Humus und Moose. Hinzu kommen aquatische Biotop wie Moore und Sumpf, Ufer- und Überflutungsbereiche, Gräben, Bäche, Seen und weitere kleine Wasseransammlungen unterschiedlichster Art. Aber auch huminstoffreiche und saure Wasser von Hochmooren kommen als Habitate in Frage (Kampen et al., 2007). Die bevorzugten Larvenhabitate von *C. nubeculosus* liegen unter Baumrinden oder in Jauche (Kühlhorn, 1964). Bei einer Studie in Belgien wurden Brutplätze von *C. obsoletus* und *C. scoticus* auch in Maissilage gefunden (Balenghien et al., 2008). *C. impunctatus* ist immer in der Nähe von Feuchtgebieten und Mooren zu finden (Takken et al., 2008).

Die männlichen Gnitzen sind oft in Schwärmen fliegend an definierten Landmarkierungen (Waldränder, Büsche, Gräben usw.) zu finden. Ein aktives Flugverhalten zeigen die Gnitzen generell nur auf kurzen Strecken und an windstillen Tagen (Hill, 1947). Eine Windstärke von mehr als 3m/s pro Sekunde führt bereits zur passiven Verdriftung mit dem Wind mit Geschwindigkeiten von maximal 5 bis 8km/h (Mehlhorn, 2008).

Abhängig von den jeweiligen Arten erstreckt sich der Lebensraum der Gnitzen von den Tropen bis in die Tundra sowie vom Meeresspiegel bis in 4000m Höhe (Mellor et al., 2000). Hingegen scheinen sie im tiefen Süden Südamerikas, in Neuseeland, Patagonien und auf den Hawaii-Inseln nicht vorzukommen (Boorman, 1993; Mellor et al., 2000).

Der effizienteste und am weitesten verbreitete Vektor des Blauzungenvirus *C. imicola* ist ursprünglich in Afrika und Südostasien beheimatet und wurde 1982 das erste Mal in Südeuropa (Spanien) nachgewiesen (Mellor et al., 1983). Auch im mediterranen Raum ist diese Gnitzenart der hauptsächliche Vektor des BTV (Calistri et al., 2003; Purse et al., 2005). Nördlich der Alpen ist diese Vektorspezies bislang noch nicht vorgekommen (Werner und Kampen, 2007; Meiswinkel et al., 2008; Clausen et al., 2009; Hoffmann et al., 2009; Mehlhorn et al., 2009). Allerdings wurde eine vermutlich durch den Wind verdriftete Gnitze dieser Art in der südlichen Schweiz in der Nähe von Lugano gefangen (Cagienard et al., 2006). *C. imicola* braucht wärmere klimatische Bedingungen ist aber sonst sehr anpassungsfähig. Sie überlebt den Winter, wenn gleich bleibende Tageshöchstwerte von mindestens 12,5°C (Isotherme) gegeben sind (Sellers und Mellor, 1993).

Die Gnitzen aus dem *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex kommen von Südeuropa bis zu 70° nördlicher Breite vor (Purse et al., 2005). So ist der *Obsoletus*-Komplex über ganz Europa verteilt und überall in Nordeuropa (EFSA, 2008) sowie am meisten in Südeuropa und dort vor allem in den nördlichen Arealen zu finden (Calvete et al., 2008). Zum Teil gibt es auch Überlappungsgebiete mit *C. imicola* (Korsika, Griechenland, Italien, Spanien, Portugal und in Teilen Frankreichs). Die Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex sind die Hauptvertreter (> 50% bis 70%) in Deutschland (Mehlhorn et al., 2007; Mehlhorn et al., 2008c), Frankreich (Balenghien et al., 2008) und Belgien (Losson et al., 2007) sowie in Italien (De Liberato et al., 2010). Der *Pulicaris*-Komplex sowie *C. dewulfi* und *C. chiopterus* zeigen ebenso eine weite Verteilung von Nord- bis Südeuropa, haben aber, ausgenommen in Spanien, eine insgesamt geringere Abundanz als die Gnitzen aus dem *Obsoletus*- Komplex (EFSA, 2008).

Die Saisonalität der Gnitzen variiert nach Spezies, spezifischer Biologie und meteorologischen Faktoren. Aber auch das Vorhandensein von Brutplätzen und die Wirtstierpräferenz spielen eine Rolle. Während *C. imicola* aufgrund der Isotherme in ihren Heimatgebieten ganzjährig aktiv ist, besitzen die mittel- und nordeuropäischen Gnitzen Flugzeiten von April bis November (Olbrich, 1987; Liebisch und Liebisch, 2007). Die Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex haben ihren Aktivitätshöhepunkt im Juni und Juli (Miranda et al., 2004), die aus dem *Pulicaris*-Komplex und *C. imicola* im September und Oktober. In Nordeuropa hingegen liegen die Höhepunkte der Flugzeiten für den *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex im Mai und im Juni (EFSA, 2008).

Die meisten Gnitzen sind vorwiegend dämmerungs- und nachtaktiv (Kettle, 1957; Nelson und Bellamy, 1971; Braverman, 1992; Mellor et al., 2000; EFSA, 2008) mit einem tageszeitlichen Anstieg zwischen 18 und 20 Uhr (Liebisch und Liebisch, 2007). In Frankreich wurden aber auch tag- und stechaktive Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex (Balenghien et al., 2008) sowie in den Niederlanden mittels CO₂-Fallen *C. obsoletus* aber auch *C. pulicaris* gefangen (Takken et al., 2008). Die Gnitzen sind grundsätzlich bei feuchtem, warmem und windstillem Wetter aktiv (Boorman, 1993). Des Weiteren verursachen die globale Klimaerwärmung und die Verschleppung anderer Arten eine saisonale Abhängigkeit der Generationen im Jahresverlauf (Mellor, 2004). So war das Vorkommen der Gnitzenarten, die als mutmaßliche Vektoren des Blauzungenvirus diskutiert werden, in Deutschland bis Ende 2006 niemals völlig erloschen (Mehlhorn et al., 2007; Clausen et al., 2009; Hoffmann et al., 2009) und auch im Winter 2006/07 wurden einige paar Weibchen aus dem *Obsoletus*-Komplex gefangen (Losson et al., 2007; EFSA, 2008). Ihre saisonale Aktivität unterscheidet sich vom Aktivitätszeitraum der nulliparen Weibchen. Die von der EFSA definierte „Vektorfreie Zeit“ (SVFP= Seasonal Vector Free Period) benennt die Zeitspanne, in der keine adulten Gnitzen in Lichtfallen gefangen werden (EFSA, 2008).

Die meisten Felduntersuchungen mittels Lichtfallen haben ergeben, dass die nördlichen paläarktischen Gnitzen vornehmlich exophil sind, d.h. sich außerhalb von Gebäuden aufhalten (Anderson et al., 1993; Meiswinkel et al., 2008; Baylis et al., 2010). Die gilt vor allem für die Arten aus dem Pulicaris-Komplex (Meiswinkel et al., 2008). Generell wurden aber sowohl *C. obsoletus* und *C. pulicaris* (Takken et al., 2008; Zimmer et al., 2008) als auch *C. dewulfi* (EFSA, 2008) innerhalb von Stallungen gefangen. Die nachgewiesene Innenaktivität schließt auch Blutmahlzeiten mit ein (EFSA, 2008; Meiswinkel et al., 2008). Generell ist das beobachtete Verteilungsmuster aber abhängig von den Wetterbedingungen und der Nähe zum Tier. Die Gnitzen zogen sich beispielsweise an bewölkten Tagen und bei Tierpräsenz in die Stallungen zurück (Meiswinkel et al., 2008; Baylis et al., 2010). Zur Eientwicklung (Oogenese) verlassen sie die Gebäude; so wurde ein hoher Anteil gravider Weibchen in einem nahe gelegenen Laubwald gefangen. Der bevorzugte Aufenthalt im Stall sind Fenster und Mauerwinkel (Meiswinkel et al., 2008), demnach warme Plätze mit wenig Luftbewegung und hoher Luftfeuchte (Liebisch und Liebisch, 2007). Zwar können auch Adulte unter milden klimatischen Bedingungen in den Ställen überwintern (Losson et al., 2007), die genaue Überlebenszeit ist aber nicht bekannt (EFSA, 2008). Experimentell zeigten nur mit Zuckerlösungen ernährte Gnitzen eine Lebensdauer von 10 (4°C) bis zu 92 Tagen (17-25°C) (Goffredo et al., 2004).

Die potentielle Überwinterung der Gnitzen in gemäßigten Klimazonen hat eine zentrale Bedeutung für die Epidemiologie des Blauzungenvirus. Eine infizierte vektorkompetente Gnitze mit einer Überlebenszeit von mitunter über drei Wochen ist lebenslang infektiös (MacLachlan, 2004) und die transovariable Übertragung des BTV auf die Vektornachkommenschaft wird nachhaltig diskutiert (Mecham et al., 2004; White et al., 2005). Bereits bewiesen ist die Überwinterung von Gnitzen in ihrem 4. Larvenstadium (Braverman, 1994). Auch der Aspekt der Reaktivierung des BTV aus latent infizierten T-Lymphozyten infizierter Wiederkäuer durch blutsaugende Gnitzen unterstützt die Persistenz der Blauzungenkrankheit (Takamatsu et al., 2005; Rolle und Mayr, 2007).

2.2.1.4 Gnitzen als Vektoren

Etwa 50 Arten der Gattung *Culicoides* werden zu Vektoren verschiedener und ökonomisch bedeutsamer Erkrankungen gezählt (Boorman, 1993; Eckert et al., 2008; Lucius und Loos-Frank, 2008).

Nach dem Ausbruch der Blauzungenkrankheit in Deutschland wies das Fehlen des Hauptvektors (*C. imicola*) darauf hin, dass die paläarktischen Gnitzen potentielle Vektoren sein können (Mellor und Wittmann, 2002; Purse et al., 2005). Durch ein BMELV-finanziertes Forschungsprojekt wurde das Blauzungenvirus sowohl bei Krankheitsfällen aus heimischen *Culicoides* spp. isoliert als auch ihre Empfänglichkeit für das Virus bestätigt (Hoffmann et al., 2009; Mehlhorn et al., 2009). Der Nachweis der zyklischen Übertragung des Virus von einem infizierten Tier auf ein empfängliches Tier ist bisher aber nur für sieben Spezies (*C. actoni*, *C. brevitarsis*, *C. fulvus*, *C. imicola*, *C. insignis*, *C. nubeculosus*, *C. variipennis*) erfolgt (Mellor, 1990; Wittmann und Baylis, 2000).

Die Wirtswahl erfolgt artspezifisch durch biotische und abiotische Faktoren. Olfaktorische Attraktantien bei der Nahrungssuche sind zum Beispiel Duftstoffe wie Octenol, Phenol, Amine und Cantharidine (Drummond und Hammond, 1991; Drummond und Boorman, 2003). Auch die Körperwärme (Frenzel, 1993; Taylor et al., 2007) und der allgemeine Tiergeruch spielen eine wesentliche Rolle. Olbrich (1987) hat zudem festgestellt, dass sich die Gnitzen optisch orientieren, denn große und dunkle Weidetiere wurden bevorzugt gestochen.

Bei der Untersuchung der Blutmahlzeiten von Gnitzen aus dem *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex in Brandenburg und Niedersachsen, dominierte das Rind als Wirtstier, auch wenn andere Wirbeltiere in der Nähe waren (Bartsch et al., 2009). Die Wirtstierpräferenzen von Gnitzen geben kein einheitliches Bild. *C. dewulfi* wurde vermehrt in der Nähe von Rinderstallungen gefangen. In Israel bevorzugt *C. imicola* das Pferd. In England wurden vor allem *C. dewulfi*, *C. chiopterus* und *C. nubeculosus* an Schafen gefunden, *C. pulicaris* und *C. punctatus* hingegen nicht. Bei den Tierarten gibt es zudem unterschiedliche Prädilektionsstellen. Schafe werden vorzugsweise an vliesarmen Bereichen am Kopf, an den Ohren, an Bauch und an den Beinen attackiert. Das Rind wird generell auf dem gesamten Körper gestochen, wobei *C. imicola* vermehrt am Rücken und *C. obsoletus* vor allem am Bauch Blut saugt (EFSA, 2008).

Die Vermehrung des Blauzungenvirus erfolgt im Vektor in den Mitteldarm- und Speicheldrüsenzellen und wird durch höhere Temperaturen gesteigert (Paweska et al., 2002; Wittmann et al., 2002). Optimal sind Temperaturen von 25°C bis 30°C über einen Zeitraum von 10 bis 15 Tagen (Mellor, 1990; FLI, 2008). Bei steigenden Temperaturen nimmt auch die Stechaktivität und –frequenz der Gnitzen zu und damit auch das Risiko einer BTV-Übertragung (Mullens und Holbrook, 1991; Wittmann und Baylis, 2000). Untersuchungen ergaben, dass variierend mit den Luftbewegungen die maximale Stechaktivität bei Temperaturen zwischen 20°C und 22°C liegt. Wenige Stechattacken konnten bei relativ geringen (12-15°C) (Sellers und Mellor, 1993) oder relativ hohen Temperaturen (25-30°C) (Carpenter et al., 2008b) verzeichnet werden. Bei 10°C stellten die Gnitzen ihre Aktivität ein (Olbrich, 1987). Experimentelle Studien im Labor haben zudem gezeigt, dass eine infizierte

Gnitze ausreicht, um alleine mit nur einer Blutmahlzeit einen Wirt zu infizieren und eine Epidemie auszulösen (Baylis et al., 2008).

Neben dem Blauzungenvirus konnten noch 50 weitere Arboviren aus den Familien der *Bunyaviridae*, *Reoviridae* und *Rhabdoviridae* aus Gnitzen isoliert werden (Mellor et al., 2000). Dazu gehören das Akabane-Virus bei den großen und kleinen Wiederkäuern sowie beim Pferd, das Epizootische Hämorrhagische Fieber-Virus beim Rind und den Wildwiederkäuern, das Bovine Ephemeralfieber-Virus und die Palyam-Virus-Serogruppe bei Rindern und Schafen (Mellor et al., 2000; Werner und Kampen, 2007). Diese Viruserkrankungen sind vor allem in Afrika, Asien und Australien verbreitet (Mellor et al., 2000). Für das Afrikanische Pferdepest-Virus sind die *Culicoides* spp., vor allem *C. imicola* und *C. bolitinos*, ebenso als Vektoren von Bedeutung. Das Virus gehört wie das Blauzungenvirus zu den Orbiviren der Familie *Reoviridae* und kommt in Afrika, aber auch im Mittelmeerraum vor. Demnach besteht die Möglichkeit, dass die heimischen Gnitzen auch für diese Erkrankung, die bei Pferden eine sehr hohe Mortalität hat, die Überträgerrolle übernehmen (Ilchmann et al., 2009). Das Rifttal-Virus kann in Afrika und im angrenzenden Raum neben Wiederkäuern und Kamelen durch Gnitzen auch auf den Menschen übertragen werden (Boorman, 1993). Für das Oropouche-Virus in Südamerika ist die Übertragung durch Gnitzen auf den Menschen bereits bewiesen (Linley et al., 1983).

Gnitzen sind auch verantwortlich für das Sommerekzem (sweet itch, kassen disease) der Pferde (v.a. Islandpferde) (Dietz und Huskamp, 1999; Langner, 2005). Es handelt sich dabei um eine Überempfindlichkeitsreaktion auf das Speichelallergen von Gnitzen. Diese Form der allergischen Dermatitis kann auch bei Schafen und Rindern vorkommen. Ein massenhaftes Auftreten von Gnitzen führt oft zu vermehrten Abwehrbewegungen und Unruhe der Tiere. Die Stiche sind schmerzhaft, und es kann an den Einstichstellen zu Schwellungen bis hin zu Ödemen kommen (Werner und Kampen, 2007).

Auch bei der Übertragung von Nematoden spielen Gnitzen eine epidemiologisch wichtige Rolle. Bei verschiedenen *Onchocerca*-Arten sind sie Zwischenwirte und übertragen beim Blutsaugen das dritte Larvenstadium. Dies kommt zum einen bei der weltweit verbreiteten *O. gutturosa* vor, die vor allem im straffen Bindegewebe des Rindes sitzt (Schnieder et al., 2006). Zum anderen ist auch *O. gibsoni* zu nennen, die beim Rind in Nordamerika, Asien und Afrika vorkommt (Wall und Shearer, 2001; Schnieder et al., 2006).

Neben Viren und Nematoden können bei einigen Tierarten auch Protozoen von den Gnitzen übertragen werden. Das sind weltweit verbreitete Blutparasiten wie *Haemoproteus* spp. (Mullens et al., 2006), *Leucozytozoon* spp. und *Trypanosoma* spp. der Vögel (Beck und Pantchev, 2006; Werner und Kampen, 2007; Eckert et al., 2008). Im Jahr 2002 wurden im Raum Brandenburg bei 26,9% aller untersuchten Wildvögel (Mäusebussard, Turmfalke, Sperber, Waldkauz usw.) *Leucozytozoon* spp. und *Haemoproteus* spp. nachgewiesen (Lierz et al., 2002). Zum Abschluss sind noch die *Hepatozoon* spp. der Affen, Fledermäuse und Nager zu nennen, die in Afrika und Südostasien vorkommen (Werner und Kampen, 2007; Eckert et al., 2008).

2.2.1.5 Fangmethoden

Das Ziel der Monitoringprogramme in Deutschland 2007/08 war es, Felddaten über die Speziesverteilung sowie das Vorkommen weiterer potentieller Vektoren und ihrer saisonalen Dynamik zu bekommen (Mehlhorn et al., 2009). Voraussetzung für diese und weitere Untersuchungen sind geeignete und effiziente Fangmethoden.

Die erstmals im Jahre 1944 zum Insektenfang eingesetzten Lichtfallen (Du Toit, 1944) werden weltweit sehr häufig für Monitoring-Programme eingesetzt. Die vom Licht angelockten Gnitzen gelangen durch den von einem Ventilator erzeugten Sog in einen Fangbecher im Inneren der Falleneinrichtung, der je nach späterem Verwendungszweck der Gnitzen mit Ethanol oder Wasser mit zusätzlichen Detergenzien gefüllt ist. Ein grobes Netz vor Beginn des Fangkorbes hält größere Nicht-Ziel-Insekten fern (Goffredo und Meiswinkel, 2004). Für den Lebendfang von Gnitzen kann der Fangbecher durch einen stabilen Fangkorb ausgetauscht werden. Die Fallen sind praktisch in der Handhabung und können eine große Anzahl von Insekten fangen. Nachteile sind, dass sie nur über eine Stromzufuhr arbeiten. Zudem können eine Schädigung der Gnitzen durch den Ventilatorsog sowie der Eintrag von kleinen Nicht-Ziel-Insekten die spätere Ausdifferenzierung des Fanges erschweren.

Bezüglich der Effektivität hat sich UV-Licht gegenüber weißem Licht durchgesetzt (Anderson und Linhares, 1989; Wieser-Schimpf et al., 1990; Venter und Hermanides, 2006). Es besitzt auch eine selektive Attraktivität für gravide und pare Weibchen (Anderson und Linhares, 1989). Generell wird die Effektivität von Lichtfallen stark von den äußeren Witterungsverhältnissen beeinflusst. Bei geringer Lichtintensität, d.h. in der Dämmerung und im Dunkeln oder im Inneren von Gebäuden sind sie effektiver als bei hoher Lichtintensität (Carpenter et al., 2008b; EFSA, 2008; Baylis et al., 2010) und als beim Vorhandensein alternativer Lichtquellen (Mellor et al., 2000). Neben dem nur indirekten Nachweis zur Tagaktivität der Gnitzen liefern die Lichtfallen auch zu den Stichraten der Gnitzen nur unzureichend interpretierbare Ergebnisse (EFSA, 2008; Gerry et al., 2009). Starke Nässe sowie Windgeschwindigkeiten wirkten sich negativ auf die Fangeffektivität aus (Taylor, 1962; Meiswinkel et al., 2000; Mellor et al., 2000; Baylis et al., 2004; Carpenter et al., 2008b). Unterschiedliche Höhen für angebrachte Fallen bei Untersuchungen in Südafrika ergaben signifikant unterschiedliche Fangergebnisse (Venter et al., 2009a).

Eine Möglichkeit zur Steigerung der Fangzahlen besteht im zusätzlichen oder alleinigen Einsatz von CO₂ als olfaktorischem Lockstoff. Er ist besonders attraktiv für weibliche Gnitzen, die auf der Suche nach einer Blutmahlzeit sind. So wurden auch vermehrt nullipare sowie pare Weibchen von *C. variipennis sonorensis*, dem Hauptvektor des BTV in Nordamerika, mit CO₂-Fallen gefangen (Holbrook und Bobian, 1989; Mullens, 1995). Weitere Feldversuche haben gezeigt, dass adulte Gnitzen mitunter spezies- und geschlechtsabhängig unterschiedlich auf die Attraktanzien reagieren. So verhielt sich beispielsweise *C. impunctatus* in Schottland besonders sensitiv gegenüber CO₂ (Bhasin et al., 2001), aber nicht gegenüber Lichtquellen (Holmes und Boorman, 1987).

Der Einsatz von Attraktanzien wie Octenol- und Phenolgemischen sowie deren Kombination mit CO₂ und Kuhurin kann ebenfalls die Fangquoten steigern (Bhasin et al., 2001; Cilek und

Kline, 2002). Das effektivste Lockmittel für die Gnitzen sind aber nach wie vor ihre Wirtstiere (Goffredo und Meiswinkel, 2004; Baylis et al., 2010; Garcia-Saenz et al., 2010; Venter et al., 2010).

Adulte Gnitzen können auch mithilfe von mechanischen Aspiratoren direkt vom Tier abgesaugt werden (Goffredo und Meiswinkel, 2004; EFSA, 2008). Sie ermöglichen eine präzise Handhabung, welche die Mücken nicht beschädigt. Der Einsatz am einzelnen Tier und an bestimmten Körperregionen zu unterschiedlichen Tageszeiten kann akkurate Hinweise über die Bissraten sowie die Präferenzstellen am Tier und die Aktivitätszeiten liefern. Nachteile sind die schlechte Sicht beim Einsatz der Fallen in der Dunkelheit sowie die mitunter abschreckende Lautstärke der Batterie betriebenen Modelle. Auch die Witterungseinflüsse und die tierindividuelle Attraktivität für die Gnitzen beeinflussen den Fang (van der Rijt et al., 2008).

Die so genannten Fallnetze („drop traps“) werden auf das Ködertier, welches für eine bestimmte Zeit exponiert war, herabgesenkt. Anschließend können die potentiellen Vektoren von den Maschen der Falle mithilfe eines mobilen Vakuumaspirators abgesaugt werden (Fletcher et al., 1988; Mullens et al., 2010)

Um Informationen über potentielle Larvenhabitats und die Entwicklungsstadien der Gnitzen zu erhalten, werden bestimmte Fallen („emergence traps“) auf die Brutplätze gesetzt. Mit dieser Methode werden neu geschlüpfte Gnitzen sowie auch deren Larven- und Puppenstadien gefangen (Pajor, 1987; Meiswinkel et al., 2004; Foxi und Delrio, 2010).

Die beschriebenen Fangmethoden haben gezeigt, dass der Einsatz verschiedener Fallenmodelle (Carpenter et al., 2008b; EFSA, 2008), der Fallenstandort, die Höhe der Anbringung, das Wetter sowie der Zeitpunkt der Fallenaktivierung unterschiedliche Fangergebnisse liefern können (Anderson und Linhares, 1989; Braverman und Linley, 1993; Carpenter et al., 2008b; EFSA, 2008; Mehlhorn et al., 2009; Venter et al., 2009a; Venter et al., 2009b). Für den Austausch und die Vergleichbarkeit der Daten verschiedener Monitoring-Programme ist eine Standardisierung der Fangmethoden einschließlich der Protokolle unabdingbar (EFSA, 2008).

2.3 Lästlingsinsekten in der Umgebung des Rindes

2.3.1 Musciden

Die Musciden der Dipterenfamilie *Muscidae* umfassen nach derzeitigem Kenntnisstand etwa 40000 Arten (Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008). Zu ihr gehören die drei Unterfamilien *Muscinae*, *Phaoniinae* und *Stomoxynae*. Die Gattung *Musca* umfasst etwa 60 Spezies, von denen in Europa vor allem *Musca domestica* (Stubenfliege oder Große Hausfliege, engl. house fly) sowie auf der Weide *M. autumnalis* (Augen- oder Gesichtsflye; engl. face fly) sowie *Hydrotea* spp. (Kopf- oder Euterfliege; engl. sweat flies oder head flies) bedeutsam sind. Alle Arten dieser Gattung besitzen leckend-saugende Mundwerkzeuge. Nur die Spezies *Stomoxys calcitrans* (Wadenstecher; engl. stable fly) und *Haematobia irritans* (Kleine Weidestechfliege; engl. horn fly) sowie *H. stimulans* (Große Weidestechfliege) der Unterfamilie *Stomoxynae* sind obligatorische Blutsauger (Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008; Lucius und Loos-Frank, 2008). Alle genannten Vertreter spielen in der Rinderhaltung eine veterinärmedizinisch wichtige Rolle. Die vornehmlich endophile und endophage Lebensweise von *M. domestica* und *S. calcitrans* macht sie zu den wichtigsten Vertretern in der Stallhaltung. Aus diesem Grund steht in den folgenden Abschnitten der Arbeit der Begriff Musciden für diese beiden genannten Arten.

Die Biologie und Epidemiologie der Stubenfliege *M. domestica* wird stellvertretend für die anderen Musciden erläutert, da sie die wohl bekannteste und weit verbreiteste Muscidenart ist (Lane und Crosskey, 1993).

2.3.1.1. Morphologie

Das vollständig behaarte Abdomen der etwa 5 bis 8mm großen *M. domestica* besitzt einen grau-gelben Grundton. Dorsal befindet sich eine dunkler und im vierten Segment diffus endender Mittelstreifen. Auf dem grau-schwarzen Thorax gibt es vier Längsstreifen (Soulsby, 1982; Taylor et al., 2007; Eckert et al., 2008). Generell sind die männlichen Fliegen dunkler und etwas kleiner als die weiblichen Fliegen. Die Weibchen besitzen auf der unteren Seite des Abdomens ein zusätzliches dunkles Band. Auch der Abstand der roten Facettenaugen kann zur Geschlechtsdifferenzierung herangezogen werden. Er ist bei den Weibchen doppelt so groß wie bei den Männchen (Soulsby, 1982). Die rauchigen bis klar durchsichtigen Flügel (Schnieder et al., 2006) werden in Ruhehaltung oft gespreizt (Eckert et al., 2008). Das Muster der grau-braunen Flügeladerung wird für die Taxonomie verwendet (Taylor et al., 2007).

Die kurzen Antennen besitzen auf dem dritten und größten Segment eine Borste (Arista) und sind ein sehr wichtiges sensorisches Organ zur Identifizierung möglicher Nahrungsquellen und Brutplätze. Auch die mehrgliedrigen Beine dienen als Geschmacksorgan und sind ebenso wie die Taster und Fühler dunkel gefärbt.

Die leckend-saugenden Mundwerkzeuge können nur flüssige, bevorzugt zuckerhaltige Nahrung aufnehmen (Lucius und Loos-Frank, 2008). Bei der Nahrungsaufnahme wird das Labium, bestehend aus zwei dehnbaren Labellen, wie ein Stempelkissen auf die Nahrung gestülpt, so dass eine gleichmäßige Verteilung des Speichels gewährleistet ist (Soulsby, 1982). Das Einspeicheln dient der Verflüssigung der Nahrungsbestandteile und ein Kropf als temporäres Nahrungsreservoir. Vor dem Transport der Nahrungsbestandteile in den Mitteldarm müssen diese erst regurgitiert werden (Hiepe und Ribbeck, 1982; Soulsby, 1982). Dieser Aspekt hat eine große Bedeutung hinsichtlich der Übertragung von Pathogenen.

2.3.1.2 Entwicklung

Die Entwicklung, Verbreitung und Epidemiologie von *M. domestica* wurde von Soulsby (1982), Schnieder et al. (2006), Taylor et al. (2007) und Eckert et al. (2008) eingehend beschrieben. In folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Fakten zusammengefasst.

Bei ihrer Entwicklung vollzieht die ovipare *M. domestica* vom Ei bis zum Imago eine vollständige Metamorphose und ist maßgeblich abhängig von der Umgebungstemperatur. Bei optimalen Temperaturen (30°C bis 37°C) dauert die gesamte Entwicklung 2 bis 3 Wochen, bei niedrigen Temperaturen um die 16°C auch bis zu 4 Wochen. Temperaturen unter 12°C veranlassen einen Entwicklungsstopp. Bei über 45°C sterben die Eier, Larven und Puppen ab (Keiding, 1986).

Das Brutmedium für die Eiablage ist bevorzugt frischer Pferdekot aber auch anderer Tierkot, sowie Mist- und Komposthaufen mit sich zersetzendem organischem Material, wie zum Beispiel Futterreste und Lebensmittel tierischer oder pflanzlicher Herkunft. Des Weiteren werden Silage oder die Schwimmschicht von Rinder- und Schweinegülle als Ablageplatz aufgesucht. Die Eiablagen selber erfolgen während der gesamten Lebensspanne der Fliegen in einem Intervall von 3 bis 4 Tagen. Pro Eipaket kommen 100-150 der längsovalen und weißgelblichen Eier zusammen. Neben der Temperatur ist auch eine ausreichende Luftfeuchtigkeit von über 90% für die weitere Entwicklung erforderlich. Die Erstlarve schlüpft nach 12 bis 24 Stunden und entwickelt sich innerhalb von 7 Tagen durch zweimaliges Häuten zur Drittlarve. Den lang gestreckten und beinlosen Larven (Maden) fehlt die Kopfkapsel (acephale Larven). Stattdessen besitzen sie ein dunkles und retrahierbares Cephalopharyngealskelett mit Mundhaken, die der Festheftung an Substraten dienen. Die Larven ernähren sich vorwiegend von dem zersetzenden organischen Material ihres Brutmediums. An ihrem stumpfen Hinterende befinden sich die paarigen Atemöffnungen (Stigmenplatten), die zur Identifikation genutzt werden können. Ab dem zweiten Larvenstadium sind dicht hinter dem Vorderende weitere fächerförmige Atemöffnungen zu erkennen.

Das letzte Larvenstadium kann sich mit den Mundhaken bis zu 10m weit fortbewegen und gräbt sich damit auch zur Verpuppung in den Boden ein. Die tönchenförmigen Puppen entstehen durch Verdickung, Härtung und Dunkelfärbung des Integuments der Drittlarve. Die Verpuppung erfordert Trockenheit. Das Puppenstadium beträgt 3 bis 5 Tage mitunter auch

bis zu 26 Tage. Bei der Familie der *Muscidae* öffnet sich die Puppe durch das Aufreißen der zirkulären Naht und Abheben des Deckels am vorderen Pol (Cyclorrapha= Deckelschlüpfer).

Bereits 36 Stunden nach dem Schlupf des Imago kann die erste Paarung und Eireifung erfolgen. Ein Weibchen legt in ihrem Leben circa 500 bis 2000 Eier. In einem Sommer sind somit 10 bis 12 Generationen möglich. In warmen Sommern sind sich explosionsartig entwickelte Fliegenpopulationen keine Seltenheit. Die Überlebenszeit der Imagines wird mit zwei Wochen bis zwei Monaten angegeben.

2.3.1.3 Verbreitung und Epidemiologie

Die Muscidenart *M. domestica* ist von den sub-polaren Regionen bis in die Tropen weltweit verbreitet. In den 50er Jahren wurde sie zusammen mit *M. autumnalis* aus Europa in die USA eingeschleppt, wo sie heute eine ebenso starke Ausbreitung zeigt. Sie verdankt ihren Namen ihrer synanthropen Lebensweise. Ihre Aufenthaltsorte sind ubiquitär. Sie kommt in Wohnungen und Lebensmittelbetrieben sowie in deren näheren Umgebung vor.

M. domestica zeigt keine Tierpräferenz, das heißt sie lebt in unmittelbarer Nähe von Pferden, Rindern, Schafen und auch Schweinen. Zwar kommt sie als Stall- und Weidefliege vor, allerdings werden bestimmte Rastplätze bevorzugt angefliegen. Dort hinterlassen sie regelmäßig große Mengen an Fliegenkot. Zudem scheinen bestimmte Haltungssysteme für diese Fliegenart besonders attraktiv zu sein. So dominiert *M. domestica* vor allem in Kälber- und Schweineställen (Kühlhorn, 1961). Weibliche Fliegen werden zudem oft von Protein verunreinigtem Substrat angelockt, denn Proteine werden für die Ausbildung der Ovarien benötigt. *M. domestica* kann ihre Population durch eigene Vermehrung aufrecht erhalten, deshalb gehört sie innerhalb der Stallfliegen zu den Biotop-eigenen Arten.

Musciden wie *M. domestica* sind generell tagaktiv. Sie kommen von Mai bis Oktober sowie besonders in geschlossenen Stallungen auch ganzjährig vor. Das liegt vor allem daran, dass die Haltungssysteme das ganze Jahr über ausreichend Nahrungs- und Brutsubstrate liefern und die Temperaturen auch im Winter ein Überleben der Fliegen ermöglichen. Flugaktivitäten zeigen sie bei Temperaturen über 14°C bis 18°C. Optimal sind aber 32°C. Im Freien suchen sie oft sonnige Plätze auf. Bei feuchtkaltem Wetter sind sie hingegen sehr träge und ziehen sich in die Stallungen zurück. Ihr aktiver Aktionsradius ist nur gering und liegt bei 500 bis maximal 800m. Allerdings ist eine passive Verdriftung durch den Wind auch über längere Strecken möglich. Nachts versammeln sich die Fliegen auf freien Baumästen, an Decken von Häusern oder Dachräumen.

Die Eier, Larven und Puppen können gut geschützt, zum Beispiel in Ritzen und Spalten, auch kalte Tage überstehen, um sich dann im anschließenden Frühjahr weiterzuentwickeln.

2.3.1.4 Musciden als Krankheitsüberträger und Lästlinge

Aufgrund ihres ubiquitären Vorkommens sowohl in Tier- und Menschbehausungen als auch in Lebensmittelbetrieben sind die Musciden anerkannte Hygieneschädlinge. Sie sind vorwiegend mechanische aber auch biologische Vektoren für zahlreiche Viren, Bakterien, Pilze, Helminthen und Protozoen (Soulsby, 1982; Eckert et al., 2008). Bereits mehr als 100 verschiedene Pathogene und Parasiten wurden von *M. domestica* isoliert. Von 65 Pathogenen konnten die Übertragung nachgewiesen werden (Greenberg, 1971, 1973). Die Etablierung eines Krankheitsbildes hängt neben der Höhe der übertragenen infektiösen Dosis auch von der Empfänglichkeit und dem individuellen Immunstatus des Wirtes ab.

Bei der mechanischen Übertragung kann sich kontaminiertes Material außen an das Exoskelett der Fliegen haften oder die Fliegen können über das Regurgitieren des Futters sowie über den Kotabsatz die Erreger unverändert wieder ausscheiden (azyklische Übertragung) (Lane und Crosskey, 1993; Förster et al., 2007; Eckert et al., 2008). Oocysten von *Cryptosporidia* spp. wurden sowohl an der Oberfläche der Fliegen als auch in ihren Faeces nachgewiesen (Racewicz et al., 2009). Aber auch andere Oocysten und Cysten von Protozoen wie *Giardia intestinalis*, *Toxoplasma gondii* und *Isospora* spp. werden auf diesem Weg von synanthropen Fliegen verschleppt (Cafarchia et al., 2009).

Bei Feldstudien in Rinder- und Schweinestallungen wurden *M. domestica* und *S. calcitrans* als häufigste Species gefangen. Im Rahmen der Untersuchung dieser Wildfänge auf Pathogene wurden von ihrem Exoskelett aerobe Sporenbildner, *Enterobacteriaceae*, Koagulase-negative Staphylokokken und *Staphylococcus aureus*, aber auch Schimmelpilze wie *Aspergillus* spp., *Candida* spp. und *Mucor* spp. isoliert. Zusammen mit enteropathogenen und enterohämorrhagischen *Escherichia coli*-Stämmen (EPEC und EHEC) wurden die *Enterobacteriaceae* sowie *Candida* spp. auch im Intestinaltrakt dieser Stallfliegen entdeckt (Förster et al., 2007; Förster et al., 2009).

Des Weiteren werden *M. domestica* und *S. calcitrans* als mechanische Vektoren für zum Beispiel Aphtoviren (Maul- und Klauenseuche) (Hoffmann und Herrmann, 2002) und das bovine Herpesvirus Typ 1 (Infektiöse Bovine Rhinotracheitis) diskutiert (Hiepe und Ribbeck, 1982; Eckert et al., 2008).

Zusätzlich erwies sich *M. domestica* unter Laborbedingungen auch als mechanischer Vektor für die Dermatophytenart *Microsporum canis* (Cafarchia et al., 2009). Zudem kann sie *Shigella* spp. sowie *Vibrio cholerae* übertragen und wird als potenter Vektor für Typhus und Paratyphus gesehen (Soulsby, 1982; Lane und Crosskey, 1993; Förster et al., 2009).

Als biologischer Vektor fungiert *M. domestica* für die Helminthengattungen *Habronema* und *Railletina* (Soulsby, 1982; Taylor et al., 2007; Lucius und Loos-Frank, 2008). Durch die Ablage von Larven der *Habronema* spp. in kleine Hautläsionen entstehen beim Pferd stark granulierende Hautwunden mit Juckreiz und schlechter Heilungstendenz („Sommerwunden“), die erst im Herbst nach dem Absterben der Larven wieder verschwinden.

Bei Zitzenverletzungen oder der Aufnahme von Milch kann *M. domestica* zusammen mit *M. autumnalis* das *Corynebacterium pyogenes* übertragen, den Erreger der Sommermastitis. *M.*

autumnalis sitzt vorzugsweise im Kopfbereich der Rinder an den Augenrändern, Nasenlöchern und im Bereich des Flotzmauls. Sie ist der Hauptüberträger des Bakteriums *Moraxella bovis*, dem Erreger der bovinen Keratokunktivitis. Ebenso dient sie als Vektor für den Augenschwamm mit *Thelazia* spp. (Thelaziose) der Pferde und Rinder (Schnieder et al., 2006). Beide Fliegenarten sitzen auch gerne auf Wunden oder folgen blutsaugenden Insekten, um sich von austretenden Blutstropfen zu ernähren (Soulsby, 1982; Eckert et al., 2008). Die Fliegenarten der Gattung *Hydrotea* (Kopf- oder Schweißfliege) sind ebenso nachgewiesene Überträger von dem *Corynebacterium pyogenes* sowie von *Streptococcus dysgalactiae* (Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008).

Die Vertreter der blutsaugenden Spezies *S. calcitrans* sowie *H. stimulans* und *H. irritans* (Große und kleine Weidestechfliege) führen zur erheblichen Beunruhigung der befallenen Tiere. Der Stich von *S. calcitrans* ist äußerst schmerzhaft, da der gesamte Stechrüssel durchgestoßen wird (Lucius und Loos-Frank, 2008). Die starken Abwehrbewegungen der Tiere führen oft zu erheblichen Verletzungen. Hinzu kommen verminderte Futteraufnahmen und Einbußen in der Milchleistung. So wurde in einer dreijährigen Studie herausgefunden, dass der Befall mit *S. calcitrans* bei einjährigen Bullen zu einem Unterschied in der täglichen Gewichtszunahme von 0,2kg pro Bulle führte (Campbell et al., 2001). Bei massivem Befall können diese Stechfliegen auch zu einem erheblichen Blutverlust führen. Beide Geschlechter saugen Blut und bei der Gattung *Haematobia* sind bis zu 40 Mahlzeiten am Tag möglich (Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008). Zudem übertragen sie *Stephanofilaria stilesi*, die für die Sommerwunden des Rindes verantwortlich sind. *S. calcitrans* ist ein nachgewiesener mechanischer Vektor für viele Trypanosomen- und Habronemaarten. Zahlreiche bakterielle Erreger wie *Salmonella* spp., *E. coli*, *Listeria* spp. und *Bacillus* spp. werden ebenfalls von dieser Stechfliegenart übertragen (Soulsby, 1982; Schnieder et al., 2006).

Alle stechenden und nicht- stechenden Fliegenarten spielen zu dem eine wichtige Rolle in der Verbreitung der Dermatophytenart *Trichophyton verrucosum*, die für die Glatzflechte der Rinder verantwortlich ist (Hofmann, 2005).

2.3.1.5 Fangmethoden

Es gibt eine große Bandbreite verschiedener Fangmethoden, aber keine universelle Fliegenfalle. Ihr jeweiliger Einsatz ist sowohl abhängig vom Einsatzort als auch von der Zielspezies und von der Indikation des Fanges. Meisten werden Fliegenfallen als physikalische Bekämpfungsmethode eingesetzt. Dazu gehören zum Beispiel Elektrofällen, bei denen die durch UV-Licht angelockten Fliegen durch den Elektrokontakt sterben (Eckert et al., 2008).

Für den individuellen Fang von Fliegen im Rahmen entomologischer Untersuchungen eignen sich sterile Gläser (Förster et al., 2007) oder Handkescher (Chirico, 1994; Jandowsky, 2010).

Für den Massenfang von Fliegen ist der Einsatz von Fliegenklebstofffallen sehr verbreitet. Im Jahr 1973 entdeckte D. F. Williams, dass Alsynite, ein bestimmtes durchscheinendes Fiberglasmaterial, ein bevorzugter Landeplatz für Stallfliegen darstellt (Williams, 1973). Die Alsynite-Klebstofffallen, wie auch die nach Broce modifizierte Zylinder-Falle (Broce, 1988), besitzen eine klebrige Oberfläche, an der die Fliegen nach der Landung hängen bleiben. Weitere Studien zeigten, dass Materialien wie Coroplast (Beresford und Sutcliffe, 2006) oder Polyethylen Terphthalat (PET) (Taylor und Berkebile, 2006) noch attraktiver für Stallfliegen sind als Alsynite. Auf vielen kommerziellen Klebstofffallen soll der zusätzliche Aufdruck von Fliegen mögliche Landeplätze simulieren. Auch der Einsatz von Pheromonen erhöht die Attraktivität für die Fliegen (Chapman et al., 1998). Die Klebstofffallen sollten in der Nähe der Tiere angebracht werden, ohne dass diese sie beschädigen können. Ein regelmäßiger Austausch der Klebeflächen ist notwendig, da mit zunehmender Staubablagerung ihre haftende Wirkung nachlässt. Die gefangenen Fliegen können im Anschluss einer jeden Fangperiode ausgezählt und anhand von optischen Kriterien differenziert werden (Gerry et al., 2007).

Für den effizienten Fang von Stechfliegen werden bevorzugt die Nzi-Fallen („Nzi“ ist Swahili und bedeutet „Fliege“) eingesetzt. Dabei handelt es sich um geschlossene Fallensysteme, die seit 1987 vor allem von den Farmern in Ostafrika zur Vektorkontrolle eingesetzt werden. Sie besitzen ein dreieckiges zeltartiges Design und werden mit einem bestimmten Abstand zum Boden aufgestellt. Als Attraktanz und Kontrast dienen blaue und schwarze Bauelemente. Das Phthalogenblau hat sich dabei gegenüber anderen Blautönen durchgesetzt (Mihok, 2002). Die Fliegen gelangen von unten in den Fangkörper und finden aufgrund der großen transparenten Rückseite der Falle nicht mehr heraus. Beim Aufwärtsfliegen an der zentralen Mittelwand gelangen sie über eine trapezartige Netzkuppel in ein Fangelement. Diese Fallen können auch mit CO₂ als Lockstoff arbeiten. Des Weiteren wird bei Fallen mit ähnlichem Fangprinzip (Canopy- oder Manitoba-Falle) oft ein schwarzer Kunststoffball als zusätzliches visuelles und bewegliches Target eingesetzt. Er schaut knapp unter dem Fallenboden hervor und simuliert Bewegungsreize, auf die die Stechfliegen reagieren (Cilek, 2002).

Beim Einsatz von Fliegenfallen zum Monitoring der aktuellen Fliegenabundanz als Grundlage für nachfolgende Bekämpfungsprogramme ist es wichtig, sich auf eine Fangmethode festzulegen, damit die erhobenen Daten über die Zeit vergleichbar bleiben (Gerry et al., 2007).

2.3.2. Mücken (*Culicidae*, *Simuliidae*) und Bremsen (*Tabanidae*)

Im Bereich der Dipteren sind die zur Unterordnung der Nematocera gehörenden Familien der *Culicidae* (Stechmücken) und *Simuliidae* (Kriebelmücken) sowie die zur Unterordnung Brachycera (Fliegen) gehörende Familie der *Tabanidae* (Bremsen) als weitere Lästlingsinsekten in der Umgebung des Rindes zu nennen. Diese Familien spielen allerdings eher auf der Weide eine Rolle als Lästlinge, da sie selten bzw. mitunter gar nicht in die Stallungen eindringen. Sie werden dennoch der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Zu den *Culicidae* zählen die Unterfamilien *Anophelinae* mit der Gattung *Anopheles* sowie die *Culicinae* mit den Gattungen *Culex* und *Aedes*. Es handelt sich um 4 bis 10mm große, langbeinige und sehr grazile Stechmücken. Die haematophagen Weibchen besitzen einen langen ungegliederten Stechrüssel. Die Larvenhabitats sind die Oberfläche von stehenden Gewässern (*Anopheles* und *Culex*) und feuchte Ufer (*Aedes*). Die gesamte Entwicklung dauert je nach Art und Umweltbedingungen 8 bis 21 Tage. In Mitteleuropa gibt es vorwiegend dämmerungs- und nachtaktive Stechmücken, wie zum Beispiel *Aedes vexans* und *Aedes sticticus* (Überschwemmungsmücken), die vornehmlich Feuchtgebiete und Auenwälder beheimaten. Die so genannten Waldmücken (*Aedes cantans*) sind hingegen auch am Tage aktiv. Der Aktivitätszeitraum der *Culicidae* umfasst April bis Oktober. Bei feucht-warmen Wetterbedingungen im Sommer können Massenentwicklungen zu einer erheblichen Belästigung und Beunruhigung der Tiere führen. Generell gibt es sowohl wirtsspezifische (ornithophile, zoophile, anthrophile) als auch nicht-wirtsspezifische Arten. Aufgrund bestimmter Speichelinhaltsstoffe kann es nach dem Stich lokal zu allergischen Reaktionen in Form von juckenden Effloreszenzen kommen. Culiciden übertragen eine Reihe von Pathogenen wie Plasmodien und Filarien. Zudem sind sie bedeutende Vektoren für Virusfamilien der Arboviren wie *Bunyaviridae*, *Flaviviridae* und *Togaviridae* (Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008).

Bei der Familie *Simuliidae* handelt es sich um 2 bis 6mm große, sehr kompakte und dunkle Stechmücken („Blackflies“). Die wichtigste veterinärmedizinische Bedeutung kommt in Mitteleuropa der Gattung *Simulium* zu, die in allen zoogeographischen Zonen heimisch ist. Zur Eiablage und Entwicklung brauchen die Kriebelmücken schadstoffarme, fließende Gewässer. Die Zeitspanne bis zum Schlupf der Imagines dauert temperaturabhängig in den Sommermonaten 6 bis 8 Wochen. In Endemiegebieten sind die tagaktiven Mücken von März bis November vorzufinden. An sonnigen und windstillen Tage können sie zu einer erheblichen Plage werden. Das Krankheitsbild der Simuliidentoxikose wird durch die gefäßschädigende Wirkung der noch nicht näher charakterisierten Speicheltoxine verursacht. Es kommt zu einem allergisch bedingten Schockgeschehen, das nicht selten zum Tod der befallenen Tiere führt. Zu dem sind einige Simuliiden Vektoren für zum Beispiel *Onchocera gutturosa* (Onchoceroose des Rindes) sowie für Vesiculoviren (vesikuläre Stomatitis) (Hiepe und Ribbeck, 1982; Hofmann, 2005; Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008).

Als weitere Lästlingsinsekten sind weiterhin Arten der Fliegenfamilie *Tabanidae* zu nennen. Sie kommen von den gemäßigten Klimazonen bis in die Tropen und von Niederungsgebieten bis in hohe Berglagen von bis zu 5000m Höhe vor. In Mitteleuropa ist die Regenbremse

Haematopota pluvialis die häufigste Art. Des Weiteren sind noch *Tabanus bovinus* (Rinderbremse) und *Chrysops caecutiens* (Goldaugenbremse) zu nennen. Alle Tabaniden besitzen einen kräftigen Körperbau und eine Größe von bis zu 30mm. Für die Eiablage sind feuchte Erde (*Haematopota* und *Tabanus*) und Pflanzenteile am Gewässerrand (*Chrysops*) und für die Verpuppung trockene Bereiche notwendig. Die Entwicklung dauert insgesamt 1 bis 3 Jahre. Ihr Aktivitätszeitraum umfasst die Monate Mai bis Oktober mit einem Maximum im Juli und August. Sie sind tagsüber bis in die frühen Nachmittagsstunden aktiv. Für die obligaten Blutmahlzeiten verursachen die Tabanidenweibchen mit ihren großen messerblattförmigen Mundwerkzeugen und dem antikoagulierendem Speichel kleine Blutansammlungen. Die Reste einer Blutmahlzeit bleiben oft als Film an den Mundwerkzeugen hängen, so dass eine mechanische Übertragung von verschiedenen Viren, Bakterien und Protozoen möglich ist. Das ist nachgewiesen worden für den Viruserreger der equinen infektiösen Anämie (Lentivirus der Familie *Retroviridae*) und das Rinderpestvirus (Morbilivirus) sowie für *Anaplasma marginale* (Anaplasrose) und *Trypanosoma theileri* des Rindes. Aber auch *Listeria monocytogenes*, *Clostridien* spp. und Staphylo- sowie Streptokokken können übertragen werden (Hiepe und Ribbeck, 1982; Eckert et al., 2008).

2.4 Bekämpfungsmethoden

Zur Etablierung einer artgerechten und leistungsstarken Tierproduktion ist die Reduzierung des Lästlingsinsektenbefalls (Musciden) einschließlich potentieller Vektoren (*Culicoides* spp.) in den Tierbeständen unabdingbar. Das Wohlbefinden der Tiere und Menschen sollte dabei an erster Stelle stehen.

Für die Entwicklung und den effektiven Einsatz der verschiedenen Bekämpfungsmethoden ist die genaue Kenntnis über die Biologie und Epidemiologie der Zielinsekten eine entscheidende Voraussetzung.

Die gezielte Bekämpfung aller Entwicklungsstadien und eine konsequente Durchführung in allen Bereichen sind maßgeblich für den Erfolg. Im Idealfall werden die Bekämpfungsmaßnahmen noch vor dem Aktivitätsbeginn der Insekten und vor dem Erreichen einer hohen Populationsdichte eingesetzt (Gerry et al., 2007).

2.4.1 Hygiene-Management im Betrieb

Der Grundbaustein für den Erfolg aller weiteren biologischen, physikalischen und chemischen Bekämpfungsmethoden ist ein strategisches Hygiene-Management im Betrieb (Eckert et al., 2008). Das wichtigste Kriterium ist die Beseitigung von potentiellen Brutplätzen (Gerry et al., 2007). Diese liegen vorwiegend in organischen und feuchten Materialien. Futtertröge und Tränkeeimer sowie alle Nischen, die sich zersetzende Futterreste beinhalten, müssen regelmäßig gereinigt werden. Zudem sollten die Tränken und Wasserleitungen regelmäßig auf undichte Stellen geprüft werden. Im gesamten Stall muss ein funktionierendes Abflusssystem gewährleistet sein.

Jegliches Tierfutter wie zum Beispiel Silage sollte stallfern und mit einer Kunststoffolie abgedeckt gelagert werden, um eine Verunreinigung durch Wasser, Urin oder Kot zu verhindern. Eine regelmäßige Kotbeseitigung im Stall ist unabdingbar. Die Gülle muss mindestens alle 14 Tage entfernt und die Abflüsse inklusive der Unterseiten der Spaltenböden sorgfältig abgespült werden. Ein regelmäßiges Rühren oder Abpumpen der Gülle zerstört die Schwimmschicht und damit ein weiteres Brutmedium vieler Stallfliegen. Die festen Misthaufen sollten so gestapelt werden, dass für die Fliegenlarven letale Temperaturen über 42°C entstehen. Durch zusätzlich regelmäßiges Umstapeln der obersten Schicht können die für die Larvenentwicklung optimalen Flächen weiter reduziert werden (Gerry et al., 2007; Eckert et al., 2008). Eine zusätzliche kleine Furche um den Misthaufen herum kann die Larvenmigration verhindern (Rozendaal, 1997).

In vielen Betrieben wird organisches Material als Einstreu der Liege- oder Laufbuchten verwendet, was vor allem in den warmen Sommermonaten die Fliegenentwicklung fördert. Die Verwendung von Sägespänen als Einstreu anstatt von Stroh kann die Fliegenaufkommen maßgeblich reduzieren (Schmidtmann, 1991). Generell sollte jegliche Art von Einstreu wöchentlich gewechselt und vor der Lagerung getrocknet werden.

2.4.2 Physikalisch/ mechanische Methoden

Die wohl am häufigsten eingesetzte physikalisch/mechanische Bekämpfungsmaßnahme gegen das Aufkommen großer Fliegenpopulationen und allgemein gegen Vektoren ist der Einsatz verschiedener Insektenfallen (Klebstoff-, UV-Licht- und Elektrofallen), die bereits unter den Abschnitten 2.2.1.5 und 2.3.1.5 beschrieben wurden.

Zur Bekämpfung der Larvenentwicklungshabitate von Gnitzen können Drainage-Systeme oder die vollständige Trockenlegung der Feuchtbiotop in der Nähe von Stallungen von Vorteil sein (Soulsby, 1982; Boorman, 1993; Taylor et al., 2007; Carpenter et al., 2008a).

An Fenster und Türen angebrachte Fliegengitter können mitunter den weiteren Einfluss von Insekten verhindern. Ein Nachteil besteht darin, dass auch kein Ausflug mehr stattfinden kann (Groth, 1973). Des Weiteren kann ein heller Anstrich der Wände die Rückzugsmöglichkeiten

der Fliegen verringern, so dass diese auf andere Plätze ausweichen. Ein regelmäßiges Durchlüften der Stallungen mittels Ventilatoren oder großer Deckengebläse ist ebenso hilfreich, da Fliegen Zugluft meiden (Lüscher, 2003) und Gnitzen schlechte Flieger sind (Braverman, 1989). Felduntersuchungen im Rahmen der Gnitzenbekämpfung haben gezeigt, dass die prophylaktische Aufstallung der Tiere nur bedingt und auch nur in der frühen Saison hilfreich ist. Zudem sollte zuvor das Vorkommen endo- und exophiler Gnitzenarten überprüft werden (Meiswinkel et al., 2000; Carpenter et al., 2008a; Baylis et al., 2010).

Prinzipiell könnten auch Ködertiere eingesetzt werden. Allerdings schränken tierschutzrechtliche Bestimmungen und die unzureichenden Informationen über vorhandene Wirtstierpräferenzen der Gnitzenspezies diese Methode maßgeblich ein (EFSA, 2008).

2.4.2.1 Einsatz von insektizidfreien Netzen

Der Einsatz insektizidfreier Netze als Schutzmaßnahme vor dem Eintrag von potentiellen Vektoren und Lästlingsinsekten findet in einigen Studien zwar Erwähnung (Braverman, 1989; Carpenter et al., 2008a), aber eingehende Feld- und Laboruntersuchungen bezüglich ihrer Effektivität stehen noch aus. Varianten dieser Prophylaxemaßnahmen sind zum Beispiel Fliegendecken, die meistens bei Pferden eingesetzt werden, sowie Fliegengitter an Fenstern und Türen. Alle unbehandelten Netze stellen mit ihrer begrenzten Maschenweite vornehmlich eine physikalische Barriere dar. Die geringe Größe der Gnitzen bedingt relativ kleine Maschenweiten, die zur Reduktion des Lichteinfalls und der Luftzirkulation führen können. Die Konsequenzen sind mitunter negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit (Braverman, 1989; Carpenter et al., 2008a; Calvete et al., 2010; Rohrmann, 2010).

Die Wirkung unbehandelter Netze im Feld wurde bislang nur zum Schutz von Menschen vor verschiedenen vektorübertragenen Krankheiten untersucht. In Afrika konnten die Stichraten von *Anopheles gambiae* in mit Mosquitonetzen (Bettnetzen) geschützten Hütten bis zu 70% reduziert werden. Neben dem höheren Anteil ungesogener Exemplare lag auch die Mortalität der Mücken im geschützten Bereich über der im ungeschützten Bereich. Viele Mücken sterben meist an Entkräftung bei dem Versuch die feinen Maschen zu durchdringen (Darriet et al., 2000). In einer weiteren Studie konnte beim Einsatz von Bettnetzen eine signifikant geringere Prävalenz von Infektionen mit *Plasmodium falciparum* beim Menschen verzeichnet werden (Clarke et al., 2001). Entscheidend für die Wirkung war in beiden Studien, dass die Netze nicht beschädigt sind. In Nepal und Indien zeigte sich beim Schutz durch unbehandelte Netze eine Reduktion der Blutmahlzeiten von *Phlebotomus argentipes* bis zu 85% (Picado et al., 2009).

2.4.3 Biologische Methoden

Die biologischen Bekämpfungsmethoden umfassen den Einsatz von parasitisch und räuberisch lebenden Insekten, von Wirbeltieren wie Vögeln, von entomopathogenen Erregern wie Viren, Bakterien oder Pilzen sowie genetischer Bekämpfungsverfahren. Sie können für alle Entwicklungsstadien der zu bekämpfenden Populationen eingesetzt werden. Bei dem genetischen Verfahren werden die Insektenmännchen zunächst mittels Radio- oder Chemosterilanzen sterilisiert und dann in ausreichender Zahl freigelassen (Hiepe et al., 2006).

Die Güllefliege *Orphyra aenescens* besitzt die gleichen Brut- und Nahrungsstätten wie die Stallfliegen, vor allem wie *M. domestica*. Ihre Larven leben räuberisch von den Stallfliegenlarven, mit denen sie ihren zusätzlichen Proteinbedarf decken. Eine Larve der Güllefliege kann bis zu 20 Muscularven fressen. Zu dem kontrolliert sie ihre eigene Populationsgröße durch Kannibalismus. Die Ansiedlung sollte im Winter oder zeitigem Frühjahr in mehreren Freilassungsintervallen von ein bis zwei Wochen stattfinden. Gegebenenfalls kann im darauf folgenden Frühjahr eine Auffrischung erfolgen. Die Güllefliegen verhalten sich aufgrund ihrer Lichtscheue und Trägheit sehr ortstreu, so dass sie für die Nutztiere und Menschen meistens keine Belästigung darstellen (Eckert et al., 2008).

Weitere Parasitoide sind die nur wenige Millimeter großen Schlupfwespen (*Nasonia vitripennis*, *Muscidifurax zaraptor*, *Muscidifurax raptor* und *Spalangia* spp.), die ihre Eier zur Entwicklung in die Puppen der Fliegen ablegen und diese dadurch langsam abtöten. Zum Teil werden die Fliegenpuppen von den Wespen auch angestochen, um ihre Eier dorthin abzulegen. Eine Schlupfwespe kann 35 bis 200 Puppen abtöten. Im Gegensatz zu den Güllefliegen ist sie für die Tierhaltung mit Festmist angepasst. Eine gleichzeitige Ansiedlung von Schlupfwespen und Güllefliegen ist nicht sinnvoll, da sich die Entwicklung der Wespen auch in deren Puppen vollzieht. Generell sollte die Ansiedlung dieser Wespenarten im zeitigen Frühjahr noch vor der Entwicklung der ersten Fliegenlarven erfolgen. Ein Nachteil ist ihre hohe Temperaturanfälligkeit, was den Einsatz übers Jahr deutlich begrenzt (Meyer et al., 1990; Hogsette, 1999; Eckert et al., 2008). Auch Schwalben und Arachniden sind natürliche Insektenvernichter, reichen aber bei einer massiven Fliegenproblematik alleine nicht aus.

Als entomopathogene Pilze haben sich bestimmte Isolate von *Beauveria bassiana* und *Metarhizium anisopliae* bewiesen. Die adulten Fliegen nehmen die Sporen über präparierte Lockmittel auf. *Beauveria bassiana* führte bei Untersuchungen zu einer bis zu 90%igen Mortalität (Lecuona et al., 2005). Zudem kam es bei ausreichender Feuchtigkeit zur weiteren Sporulation der Pilze aus den verendeten Fliegen (Darwish und Zayed, 2002). Des Weiteren konnte *B. bassiana* die Blutmahlzeiten von afrikanischen *Culex*-Wildfängen reduzieren (Howard et al., 2010). Im Labor erwies sich *M. anisopliae* auch sehr effektiv gegenüber den Larvenstadien von *C. nubeculosus* (Ansari et al., 2010).

Eine bakterielle Bekämpfungsstrategie bietet der Bodenbewohner *Bacillus thuringiensis*. Bei der Sporenbildung kommt es zur Freisetzung von proteinösen Kristallen. Bei Aufnahme des Bakteriums oder seiner Kristalle durch bestimmte Dipterenlarven werden Endotoxine freigesetzt. Die Larven sterben anschließend aufgrund einer massiven Schädigung der

Darmepithelien. Auch auf die Verpuppungs- und Schlupfrate konnte ein negativer Effekt beobachtet werden (Labib und Rady, 2001). Der Einsatz gegen die Larven von *Culicoides* spp. zeigte im Labor bislang keine Wirkung (Braverman, 1989; Carpenter et al., 2008a). Das Fehlen von bestimmten proteolytischen Enzymen oder ein unzureichend hoher pH-Wert im Darm werden als Ursache für die ausbleibende Toxinbildung vermutet.

Des Weiteren konnten zwar in verschiedenen Untersuchungen einige biologische Pathogene gegen Gnuten nachgewiesen werden, allerdings reichen ihre Infektions- und Mortalitätsraten für eine effektive Bekämpfung nicht aus. Dazu gehören zum Beispiel der Pilz *Lagenidium giganteum* (Wright und Easton, 1996) oder einige aus Gnuten selbst isolierte und generell für sie tödliche Iridoviren (Mullens et al., 1999). Als biologische Bekämpfungsmaßnahme könnte auch die in bestimmten *Culicoides* spp. parasitierende Nematode *Heleidomermis magnapapula* eingesetzt werden. Weiteren Feldstudien bezüglich ihrer Wirksamkeit stehen aber noch aus (Carpenter et al., 2008a).

2.4.4 Chemische Methoden

Die chemischen Bekämpfungsmethoden umfassen die Behandlung von Tierbeständen oder Einzeltieren inklusive ihrer Stallungen und Transporter sowie von Brut- und bevorzugten Ruheplätzen der Lästlingsinsekten (EFSA, 2008). Die chemischen Mittel beinhalten insektizide Ektoparasitika, Repellentien und Entwicklungshemmer. Die Einteilung kann weiter nach Wirkstoffgruppe und Wirkung erfolgen. Eine Repellent-Wirkung soll die Landung anfliegender Insekten auf dem Wirtstier verhindern. Beim „knock-down- Effekt“ kommt es zur Immobilisation und Paralyse der Insekten aufgrund neurotoxischer Wirkung, die letztendlich zum Tod führen kann. Je nach Formulierung des Produktes (Flüssigkeit, Spray, Granulat) sowie nach Art der Aufnahme durch die Insekten werden die Insektizide als Kontakt-, Fraß- oder Atemgifte bezeichnet (Ungemach, 2006). Bei den Larviziden handelt es sich um Entwicklungshemmer wie Cyromazin oder Diflubenzuron, welche die Chitinsynthese und Verpuppung der Larven stören. Für Warmblüter sind sie nicht toxisch, allerdings beeinträchtigen sie auch die Imagines nicht (Eckert et al., 2008).

Im Idealfall weisen die eingesetzten chemischen Mittel eine selektive Toxizität gegenüber Arthropoden, aber nur eine geringere Säugertoxizität auf. Die Inhaltsstoffe einiger Präparate zeigen aber eine ausgesprochen hohe Kaltblütertoxizität. Zudem muss beim Einsatz von Insektiziden bei Tieren wie Rindern, die der Gewinnung von Lebensmitteln dienen, darauf geachtet werden, dass nur zugelassene Präparate eingesetzt und die Wartezeiten eingehalten werden, um Rückstände im Tier zu vermeiden (Scholtysik und Steuber, 2002).

2.4.4.1 Insektizide

Bei den Insektiziden haben die pflanzlichen Inhaltsstoffe aus Pyrethrum sowie die daraus abgeleiteten synthetischen Pyrethroide die größte Bedeutung. Organische Phosphorsäureester (OP), Carbamate, Avermectine, Chlornicotinyl- und Phenylpyrazolverbindungen sind ebenfalls wichtige Wirkstoffgruppen (Hiepe et al., 2006). Die bevorzugten Effekte aller Insektizide sind ein schneller Wirkungseintritt noch vor der Erregerübertragung oder die Verhinderung eines Sticks (Repellenz) sowie eine lang anhaltende Wirkung (Residual-Effekt) (Ungemach, 2006). Der Gebrauch sollte streng nach den Anwendungsregeln des jeweiligen Präparates erfolgen. Die Dauer und Dosierung muss strikt eingehalten werden, da bei einem zu langen oder häufigen Einsatz und Unterdosierung eine Resistenzentwicklung gefördert wird. Zur Vermeidung von Resistenzen wird des Weiteren auch das regelmäßige Wechseln der verschiedenen Wirkstoffklassen empfohlen (Ungemach, 2006; Gerry et al., 2007). Ein strategisches Konzept für die systematische und erfolgreiche Insektenbekämpfung setzt den parallelen Einsatz von Larviziden und Adultiziden voraus (Holdsworth et al., 2006).

2.4.4.1.1 Pyrethroide

Die Wirkstoffgruppe der Pyrethroide umfasst chemische Verbindungen, die ihren Ursprung in den Pyrethrinen haben. Pyrethrine sind als natürliche Ester der Chrysanthemum- und Pyrethrumsäure die wirksamen Inhaltsstoffe bestimmter Chrysanthemum-Arten (Dekant et al., 2001; Hiepe et al., 2006; Ungemach, 2006; Fasse, 2010). Ihre neurotoxische Wirkung beruht auf der Blockade der axonalen Reizleitung der Insekten, die durch eine anhaltende Öffnung der Na^+ -Kanäle und der daraus resultierenden Dauerdepolarisation resultiert. Bei den betroffenen Insekten verursachen diese neuronalen Störungen Erregungszustände und Koordinationsstörungen. Bei einer ausreichend langen Einwirkungszeit kann es zeitverzögert auch zum Tod der Insekten kommen. Eine repellente Wirkung wird ebenso beschrieben. Da das natürliche Pyrethrum aufgrund des raschen Abbaus durch das Sonnenlicht nur eine kurze Residualwirkung besitzt, werden seit den 70iger Jahren vor allem synthetische Pyrethroide eingesetzt. Die zusätzliche Kombination der Verbindungen mit dem Synergist Piperonylbutoxid (PBO), der selber nicht insektizid wirkt, aber zu einer längeren Öffnung der Na^+ -Kanäle führt, verleiht dem Wirkstoff eine höhere Lichtstabilität und eine stärkere Wirksamkeit (Hiepe et al., 2006; Ungemach, 2006). Die verschiedenen lipophilen Wirkstoffe werden vornehmlich zur äußeren Anwendung als "pour on" oder "spot on" sowie als Sprüh- oder Waschbehandlungen und in Form imprägnierter Ohrmarken gebraucht. Sie wirken dann als Kontakt- oder auch Fraßgifte. Zu den synthetischen Pyrethroiden zählen unter anderem Permethrin, Cypermethrin, Cyalothrin, Cyfluthrin, Deltamethrin, Fenvalerat, Flumethrin und Fluvalinat. Anhand der chemischen Struktur wird bei dieser Wirkstoffgruppe zwischen Typ I- und Typ II-Pyrethroiden unterschieden. Typ I-Pyrethroide, zu denen unter anderem das Permethrin zählt, besitzen keine Substitution am Alpha-Kohlenstoff, wohingegen Typ II-

Pyrethroide wie die weiterentwickelten Stoffe Delta-, Cyper- oder Flumethrin an dieser Stelle eine Cyano-Substitution haben. Im Vergleich zu Organophosphaten und vielen Organochlorinsektiziden zeigen die synthetischen Pyrethroide nur eine geringe Warmblütertoxizität (Dekant et al., 2001). Eine Vergiftungsgefahr besteht aber bei oraler Aufnahme oder bei der Resorption über Hautläsionen. Die Symptome sind spezifisch für die jeweilige chemische Struktur. Bei den Typ I-Pyrethroiden zeigen sich vorrangig Tremor, Überregbarkeit und Erschöpfung (T-Syndrom), wohingegen bei den Typ II-Pyrethroiden Salivation, Erbrechen, Exzitation, klonische Krämpfen mit phasenweiser Paralyse und lokale Parästhesien (CS-Syndrom) auftreten. Für Kaltblüter wie Fische oder Amphibien aber auch für Bienen sind die Pyrethroide hochtoxisch (Ungemach, 2006). Zurzeit sind in Deutschland fünf pyrethroidhaltige Ektoparasitika für die Anwendung am Rind zugelassen (Tabelle 1) (Vetidata, 2010). Die gelisteten Präparate dienen der Bekämpfung gegen den Befall mit stechenden und nichtstechenden Weidefliegen, Augen- und Kopffliegen, Regenbremsen sowie auch gegen Haarlinge und Läuse.

Tabelle 1: In Deutschland (2010) zugelassene Pyrethroidhaltige Ektoparasitika zur Anwendung beim Rind.

	Butox[®] 7,5 pour on	Latroxin Delta[®] pour on	Bayofly[®] pour on	Flectron[®] Ohrmarke	Auriplak[®] Ohrmarke
Wirkstoff	Deltamethrin	Deltamethrin	Cyfluthrin	Permethrin/ Cypermethrin	Permethrin
Hersteller	Intervet Deutschland GmbH	Serum-Werk- Bernburg AG, MEDISTAR Arzneimittel- vertrieb GmbH	Bayer Vital GmbH	Fort Dodge Veterinär GmbH	Virbac Tierarznei- mittel GmbH
Indikation	<i>Stomoxys calcitrans</i> , <i>Haematobia</i> spp., <i>Musca</i> spp., <i>Hippobosca</i> spp., <i>Linognathus vituli</i> , <i>Haematopinus eurystemus</i> , <i>Bovicola bovis</i>		<i>Haematobia irritans</i> , <i>H. stimulans</i> , <i>Musca autumnalis</i> , <i>Hydrothea</i> spp., <i>Haematopota</i> spp.	<i>Haematobia irritans</i> und <i>H. stimulans</i> , <i>Musca autumnalis</i> , <i>Hydrothea albipuncta</i> , <i>H. irritans</i> , <i>Haematopota pluvialis</i> , <i>H. italica</i>	

Für die spezifische Bekämpfung von Gnitzen gibt es in der EU derzeit kein zugelassenes Handelspräparat (EFSA, 2008).

Die Effektivität von Pyrethroiden gegen die *Culicoides* spp. wurde aber in einigen Studien bereits eingehend untersucht. Dabei wurde die Wirkung der Inhaltsstoffe unterschiedlicher pour-on Formulierungen und imprägnierter Ohrmarken auf Laborzuchten sowie Wildfänge von Gnitzen geprüft, indem diese mit entnommenen Haarproben von behandelten Tieren (Rind oder Schaf) in Kontakt gebracht wurden. Die Entnahme der Proben erfolgte meistens an unterschiedlichen Körperstellen vom Rücken bis zu den Beinen sowie in definierten Zeitabständen nach der Behandlung. Die Wirkstoffe Deltamethrin, Permethrin, Cyfluthrin und Cypermethrin zeigten abhängig von Präparat und Formulierung einen effektiven Schutz von 3 bis 5 Wochen (Mehlhorn et al., 2008a; Mehlhorn et al., 2008b; Liebisch et al., 2008b; Papadopoulos et al., 2009; Schmahl et al., 2009a; Schmahl et al., 2009b). Die insektizide Wirkung von Deltamethrin (Butox[®]) wurde auch nicht durch Regen beeinflusst (Schmahl et al., 2009c). Des Weiteren konnte bei einer aktuellen Studie mit Schafen auch ein Effekt auf die Blutmahlzeiten festgestellt werden. Bis zu 4 Tagen nach der Behandlung mit Deltamethrin (7,5%) wurden im Gegensatz zu den unbehandelten Kontrolltieren keine gesogenen *Culicoides* spp. am behandelten Tier gefunden (Mullens et al., 2010). Ein ausreichender Schutz ist nur gewährleistet, wenn die Konzentration und Verteilung des Produktes an den Stich-Prädilektionsstellen Bauch und Beine hoch genug ist, was in den meisten Studien bestätigt werden konnte (Mehlhorn et al., 2008a; Mehlhorn et al., 2008b; Papadopoulos et al., 2009; Schmahl et al., 2009a; Schmahl et al., 2009b; Schmahl et al., 2009c).

Dennoch konnte bei lege artis Anwendung einiger pour-on Formulierungen mit Deltamethrin und Cyfluthrin eine reduzierte Konzentration des Produktes im Fell von dorsal nach ventral beobachtet werden, was eine nachlassende insektizide Wirksamkeit im Bioassay erkennen lies (Carpenter et al., 2007; Liebisch et al., 2008b). Zudem wurden die letal toxischen Effekte von Cyfluthrin auf *Culicoides* spp. nur bis 23 Tage nach Behandlung beobachtet (Liebisch et al., 2008b) im Gegensatz zu 28 Tagen bei der Studie von Mehlhorn et al (2008b). Die Verteilungsproblematik wurde bereits in vorherigen Studien dargestellt, bei denen Permethrin als Inhaltsstoff getestet wurde (Mullens et al., 2000; Mullens et al., 2001).

Im Rahmen einer weiteren Feldstudie in einer Bullenstation in Brandenburg wurde zudem festgestellt, dass eine regelmäßige (6 Wochen-Intervall) pour-on Behandlung der Bullen mit Deltamethrin keinen Effekt auf die Anzahl und Blutmahlzeiten der in einer UV-Lichtfalle gefangenen Gnitzen hat (Bauer et al., 2009).

Auch die Wirksamkeit von imprägnierten Ohrmarken wurde untersucht, deren Zeitspanne der repellenten und toxischen Wirkung allgemein kürzer und abhängig von der Menge der eingesetzten Ohrmarken war. Für Permethrin (Auriplak[®]) wurde eine toxische und repellente Wirkung von bis zu 7 Tagen (eine Ohrmarke) bzw. bis zu 19 Tagen (zwei Ohrmarken) beobachtet (Liebisch et al., 2008a). Cypermethrin zeigte ebenfalls eine repellente Wirkung von 3 bis 5 Wochen gegen *C. sonorensis* (Reeves et al., 2010). In Kombination mit Permethrin (Flectron[®]) wurde eine insektizide Effizienz von 14 (eine Ohrmarke) und 21 Tagen (zwei Ohrmarken) ermittelt (Liebisch und Liebisch, 2008). Zudem zeigten sich ein

weiteres Mal eine nach distal abnehmende Verteilung der Wirkstoffkonzentration und die daraus resultierende verminderte Wirksamkeit.

2.4.4.1.2 Einsatzmöglichkeiten am Tier

Bei der pour-on Behandlung wird eine ölige Suspension entlang der Rückenmittellinie des Tieres aufgetragen. Die Dosierung ist abhängig vom jeweiligen Produkt. Das aufgetragene Mittel verteilt sich selbstständig durch den sogenannten Dachschindeleffekt, das heißt durch die Reibung der Haare untereinander. Ein bereits bestehender Schmutzfilm kann die Wirkung allerdings negativ beeinflussen. Die Dauer eines effektiven Schutzes wird mit 4 bis 6 Wochen angegeben. In den meisten Fällen handelt es sich bei den Wirkstoffen um synthetische Pyrethroide. Sie haben neben ihrer geringen Säugertoxizität den weiteren Vorteil, dass sie im Gegensatz zu pour-on Präparaten mit makrozyklischen Lactonen (Doramectin, Ivermectin) auch für Tiere zugelassen sind, deren Milch zum menschlichen Verzehr genutzt wird.

Während der Weidesaison werden häufig die mit einem Insektizid imprägnierten Ohrmarken, dessen Wirkungsdauer zwischen 3 und 5 Monaten liegt, verwendet. Unterstützt durch die Bewegungen der Ohren kommt es zu einer kontinuierlichen Wirkstofffreisetzung, dem sogenannten „slow-release“ Effekt (Eckert et al., 2008; Vetidata, 2010).

Zum Dippen gibt es in Nordeuropa keine pyrethroidhaltigen und nur einige wenige Präparate mit Organophosphaten (EFSA, 2008). Bade-, Wasch- und Sprühbehandlungen sind weitere Behandlungsmöglichkeiten am Tier, werden aber aufgrund des großen Aufwands bei Nutztieren nur selten angewendet.

Eine weitere Komponente ist die systemische Anwendung. Hierbei werden Makrocyklische Lactone wie Ivermectin als Pansenbolus intraruminal verabreicht. Der Kot behandelte Tiere enthält noch ausreichend Wirkstoff für eine Entwicklungshemmung der Larven von *M. autumnalis* und *H. irritans* für ungefähr 4 Monate (Eckert et al., 2008). Anfang der 1990iger Jahre wurde ebenfalls die larvizide Wirkung des Kots von Rindern, die systemisch mit Ivermectin behandelt wurden, gegen *Culicoides* spp. für bis zu 4 Wochen beschrieben (Webster et al., 1991).

2.4.4.1.3 Einsatzmöglichkeiten im Tierumfeld

Der Einsatz von Insektiziden im Umfeld der Tiere könnte eine Alternative darstellen, da sich viele Lästlingsinsekten nur temporär am Tier aufhalten. Die handelsüblichen Präparate enthalten Pyrethroide und Organophosphate oder ein Gemisch aus beiden Wirkstoffgruppen. Als Granulat, Anstrich oder Sprühverfahren werden die Mittel lokal an den bevorzugten Rastplätzen der Insekten ausgebracht. Dies sind Wände von Stallungen, Fensterbänke, Gitterstäbe, aber auch der Bereich um die Futtertröge. Sie wirken dann vor allem als Fraß- und Kontaktgifte. Ausgelegte Adultizide sind zum Beispiel schnell wirkende Fraßköder auf Zuckerbasis, welche die Fliegen zusätzlich durch bestimmte Farb- und Sexualstoffe anlocken (Lüscher, 2003; Gerry et al., 2007; Eckert et al., 2008).

Ein für die Bekämpfung von Gnitzen getestetes Präparat ist zum Beispiel Oxyfly[®] mit dem Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin. Ein toxischer und bis zu 9 Wochen nach Behandlung anhaltender Effekt konnte nach Kontakt der *Culicoides* spp. mit den zuvor behandelten Holzflächen (250mg/m²) beobachtet werden (Schmahl et al., 2008). Bei einer Felduntersuchung in Sardinien wurde der Stallboden mit synthetischen Pyrethroiden behandelt. Die zunächst abnehmende Wirkung auf die Population von *C. imicola* hielt aber nur kurz an. Bei einer weiteren Untersuchung wurde die Umgebungsbehandlung zweier Farmen mithilfe des lokalen Einsatzes einer Cypermethrin-Mixtur geprüft. Ein Effekt auf die Gnizenpopulation konnte nicht nachgewiesen werden (Satta et al., 2004). Generell können Sprühbehandlungen (Aerosole) nur kurz einen effektiven Schutz bieten (Carpenter et al., 2008a).

In der Literatur wird auch die Behandlung der Brutplätze mit Insektiziden beschrieben (Braverman, 1994; Taylor et al., 2007; EFSA, 2008). Aufgrund der unzureichenden Kenntnis über alle Bruthabitate der verschiedenen *Culicoides* spp. gestaltet sich diese Art der Bekämpfungsmethode als schwierig. Gegen Stall- und Hausfliegen werden die Larvizide in verschiedenen Formulierungen wie Granulat oder Flüssigkeit zum Versprühen oder Gießen eingesetzt (Eckert et al., 2008).

2.4.4.1.3.1 Einsatz von insektizidbehandelten Netzen

Der Einsatz von insektizidbehandelten Netzen als Bettnetze ist in den tropischen Regionen eine der wichtigsten und effektivsten Schutzmaßnahmen gegen die Vektoren der Malaria. Die stetige Weiterentwicklung dieser Netze in Hinsicht auf Wirksamkeit, Verträglichkeit und Persistenz der Wirkstoffe unterliegt deshalb der Kontrolle der WHO (Jespersen, 2008). Die insektizide Wirkung und ihre Persistenz sind maßgeblich von dem Material, dem aufgetragenen Wirkstoff und dessen Konzentration abhängig (Curtis et al., 1996).

Bereits Anfang der 1960er Jahre wurde der Effekt von Aluminiumnetzen, die mit verschiedenen Organophosphaten ausgestattet wurden, auf *Culicoides* spp. untersucht.

Malathion und Propoxur (Carbamat) führten bei den exponierten Gnitzen zu einem raschen „knockdown“-Effekt sowie zu einer Mortalität von 100%, die auch 21 Tage nach der Behandlung noch anhielt (Jamnback, 1961, 1963). Der toxische Effekt von Malathion und Propoxur wurde später auch gegen die Gnitzenspezies *C. furens* (Poey) bestätigt (Dukes und Axtell, 1976). In folgenden Laboruntersuchungen erzielte die 8%ige Konzentration von Propoxur (Carbamat) die beste und am längsten anhaltende toxische Wirkung gegen *C. mississippiensis* Hoffman (Kline und Roberts, 1981). In den genannten Studien wurde die Wirksamkeit der Netze auch nach Umweltexponierung untersucht (Jamnback, 1963; Kline und Roberts, 1981).

In den meisten Fällen werden die insektizidbehandelten Netze aber mit synthetischen Pyrethroiden ausgestattet. Laborstudien haben dahingehend gezeigt, dass Pyrethroide im Vergleich zu anderen Insektiziden die beste Wirkung gegenüber Gnitzen haben (Kline et al., 1981; Floore, 1985; Wade, 2007).

Basierend auf Versuchen im westlichen Kenia, bei denen zur Bekämpfung von Tsetsefliegen Deltamethrin-behandelte Netze eingesetzt und in den so geschützten Bereichen abnehmende Infektionsraten mit Trypanosomen sowie geringere Einträge von Lästlingsinsekten und Stechmücken nachgewiesen wurden (Bauer et al., 2006b), wurden 2005 in Ghana, Afrika, Deltamethrin-behandelte Netze zum Schutz von Rindern gegen Muscinae und Stomoxynae geprüft. Es konnte eine 70 bis 80%ige Reduktion dieser Lästlingsinsekten sowie ein Effekt auf den Eintrag von *Culicoides* spp. aufgezeigt werden (Maia, 2005; Maia et al., 2010). Im Rahmen der Schutzmaßnahmen gegenüber dem Eintrag von Gnitzen und des damit verbundenen Infektionsrisikos mit dem Blauzungenvirus wurde ebenfalls der Effekt pyrethroidhaltiger Netze geprüft. In Spanien führten cypermethrinhaltige Netze zu einer signifikanten Abnahme der Fangzahlen von *C. imicola* in die geschützten Paddocks (Calvete et al., 2010). Des Weiteren wurde in Deutschland die Wirksamkeit eines mit Deltamethrin-behandelten Netzes (100mg/m²) mit einer Maschenweite von 2 x 2mm zum Schutz von Rinderstallungen untersucht. Die Vernetzung von Fenster und Türen auf zwei Milchviehbetrieben in Brandenburg zeigte eine signifikante Reduktion der Blutmahlzeiten der Gnitzen in den Interventionsställen, allerdings keine nachhaltige Reduktion von Gnitzen und Lästlingsinsekten im Vergleich zu den ungeschützten Kontrollställen. Der ermittelte unzureichende Schutz wird der Vernetzungsart, der zu großen Maschenweite und der zu geringen Insektizidkonzentration des Netzes zu Last gelegt (Rohrman, 2010). Ergänzende Felduntersuchungen zur Prüfung alternativer Bekämpfungsmaßnahmen gegen die Blauzungenkrankheit wurden auf einer Bullenstation der Rinderproduktion Berlin-Brandenburg GmbH in Schmergow durchgeführt (Bauer et al., 2009).

Bei einer weiteren Studie in Brandenburg zeigten Pferde, deren Weide mit einem mit Deltamethrin behandeltem Netzzaun (Höhe 1m) geschützt war, deutlich weniger Abwehrbewegungen als die Tiere auf der ungeschützten Weide (Blank et al., 2005; Bauer et al., 2006a).

Eine bestehende Problematik sind die nachgewiesenen Resistenzen von Musciden gegen Pyrethroide, welche die Wirkung insektizidbehandelter Netze negativ beeinflussen können (Jandowsky et al., 2009; Jandowsky, 2010; Jandowsky et al., 2010). Zudem stellt wie auch bei

den unbehandelten Netzen die Wahl der richtigen Maschenweite eine Herausforderung dar (Carpenter et al., 2008a).

2.4.4.1.4 Ökotoxikologie

Die Pyrethroide sind im Vergleich zu den früher vielfältig eingesetzten Organophosphaten und Organochlorverbindungen weniger toxisch für Säugetiere und verschiedene Ökosysteme. Ein weiterer Vorteil bei einigen Produkten (Flumethrin, Deltamethrin) ist ihr relativ leichter enzymatischer Abbau in der Umwelt, der eine Persistenz verhindert. Dennoch muss ihre Toxizität gegenüber Bienen, Reptilien und Wasserlebewesen berücksichtigt werden. Besonders sensitive Spezies finden sich innerhalb der Klasse der Crustacea sowie der Fische. Beide werden aus diesem Grund oft in Modell-Ökosystemen für die Festlegung bestimmter Grenzwerte an verträglichen Insektizidkonzentrationen genutzt (Van Wijngaarden et al., 2005). So untersuchten Ansari et al. (2009) den durch Deltamethrin induzierten oxidativen Stress in Erythrocyten im Schlangenkopffisch *Channa punctata* Bloch. In Feldstudien wurden individuelle sowie direkte und indirekte Effekte von Cypermethrin auf Kleinstlebewesen (Rädertierchen, Protozoen, Bakterien) und Crustacea im Wasser nachgewiesen (Friberg-Jensen et al., 2003; Wendt-Rasch et al., 2003). Die Verteilung und Akkumulation der hydrophoben Pyrethroide wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Im Wasser ist das zum Beispiel die Art und Menge des Bodensediments. Pyrethroide besitzen die Eigenschaft, vom organischen Material im Sediment rasch adsorbiert zu werden, was die Bioverfügbarkeit im Wasser senkt und damit auch den schädlichen Einfluss auf die aquatischen Lebewesen minimieren kann. Eine Gefahr besteht weiterhin für die Sedimentbewohner, sofern die Pyrethroide nicht rasch abgebaut werden. Der Abbau zu weniger toxischer hydrophiler Untereinheiten geschieht unter anderem durch Oxidase-Enzyme der Wasserorganismen (Katagi, 2010). In einer Feldstudie in Großbritannien wurde des Weiteren festgestellt, dass Dip-Formulierungen auf der Basis von Organophosphaten und Pyrethroiden sich auch auf die Wachstumsaktivität und Struktur von Bakterienpopulationen im Erdboden auswirken können (Boucard et al., 2008). Ausgehend von den bekannten Effekten wird in der Anwendung von Butox[®] 7,5 pour on und Latroxin Delta[®] pour on darauf hingewiesen, die Tiere bei der Nutzung von nur einer Weidefläche pro Weidesaison nur einmalig zu behandeln und sie bis zu 14 Tage nach dem Auftragen nicht in die Nähe von Oberflächengewässern zu bringen (Intervet, 2010; Serumwerk Bernburg, 2010).

3. Material und Methoden

3.1 Studienregion

Die Studienregion ist der Landkreis Ostprignitz-Ruppin im Land Brandenburg und liegt damit im Norddeutschen Tiefland. Der Landkreis ist mit einer Fläche von 2509 km² der Drittgrößte im Bundesland. Zu ihm gehören der Osten der Region Prignitz, die Ruppiner Platte, der Großteil des Ruppiner Landes und das Ländchen Bellin des Havellandes. Im Norden geht der Landkreis in die Mecklenburgische Seenplatte über, im Osten grenzt er an den Landkreis Oberhavel, im Süden an das Havelland und im Westen an die Prignitz. Die Region ist ein landwirtschaftlich geprägtes Flachland und besitzt sowohl Wälder als auch Heidelandschaften. Der wichtigste Fluss im Landkreis Ostprignitz-Ruppin ist der Rhin, welcher hier auch sein Ursprungsgebiet hat (Brandenburg Regional, 2006). An der Grenze zum Havelland bildet er das obere Rhinluch. Es gibt viele Feuchtwiesen, Sumpf- und Wasserflächen sowie Gräben, die von Rhinläufen durchzogen werden (Landschaftsförderverein Oberes Rhinluch, 2010). Die ausgewählte Studienregion sollte optimale Brutbedingungen für die Entwicklung abundanter Gnitzenpopulationen bieten, deren Vorkommen an solche Feuchtbiotope gebunden ist.

3.2 Untersuchungsbetrieb

Der Untersuchungsbetrieb ist die Milchviehanlage Lögow (Agrargenossenschaft Lögow eG) im Ortsteil Lögow der Gemeinde Wusterhausen/Dosse. Er integriert sowohl Kälber- als auch Milchviehhaltung, was ein wichtiges Auswahlkriterium war. Der Betrieb ist vom Aufbau und Management typisch für brandenburgische Milchviehställe. Er umfasst vier Stallanlagen (Modell-Typ L 203), einen Kälberstall, zwei Scheunen und zwei Gebäude mit den betriebswirtschaftlichen Räumen (Abbildung 1).

Der Bestand umfasst zum Untersuchungszeitraum insgesamt 918 Tiere, davon knapp 400 melkende Kühe. Es handelt sich vorwiegend um Schwarzbuntes Milchvieh. Im Jahr werden im Durchschnitt 491 Kälber geboren. Die Kälber werden morgens um 5 Uhr und 8 Uhr sowie nachmittags bzw. abends um 16 Uhr und 19 Uhr gefüttert. Nach der Biestmilch bekommen sie Milchaustauscher und später Heu, Kälberpellets, gequetschten Hafer sowie Mais- und Rapsschrot. Die Kälber werden in den ersten Lebenswochen in Iglus gehalten. Die Bullenkälber werden nach dieser Zeit zur Mast an andere Betriebe verkauft. Die Färsen werden in der Anlage selbst aufgezogen.

In den Ställen der Aufzucht- und Milchrinder liegen die Fütterungszeiten täglich zwischen 6 und 11 Uhr sowie zwischen 14 und 16 Uhr. Es wird vorwiegend mit Maissilage und Anwelksilage gefüttert. Gemolken wird von 5 bis 10 Uhr und von 17 bis 22 Uhr. Die jährliche Milchleistung liegt bei durchschnittlich 8901kg/Tier.

Ektoparasitika-Behandlungen mit Insektizidhaltigen Ohrclips oder pour on Behandlung mit Deltamethrin (Butox[®], Firma Intervet oder Latroxin Delta[®] pour on, Serum-Werk-Bernburg AG) werden nur bei Bedarf durchgeführt und haben im Jahr 2009 nicht stattgefunden.

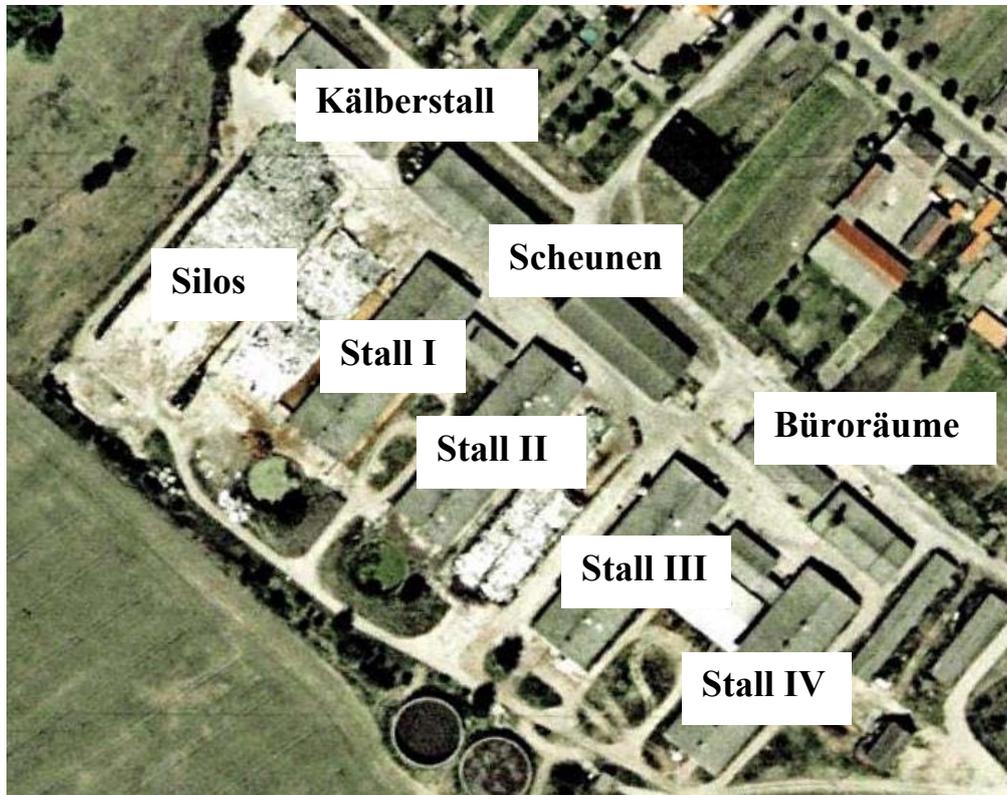


Abbildung 1: Übersichtsaufnahme der Milchviehanlage Lögow (Agrargenossenschaft Lögow eG), Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (Quelle: Google Earth).

3.3 Studienplan

Gegenstand der Untersuchung war die Prüfung der Wirksamkeit von insektizidbehandelten und unbehandelten Netzen zum Schutz von Milchvieh und Kälbern vor dem Eintrag von Gnitzen (*Culicoides* spp.) und anderen Lästlingsinsekten (Musciden) in Offenstallungen.

Die Untersuchungen gliederten sich in zwei Versuche.

In einem ersten Versuch wurde die Wirksamkeit der Netze in einem einfach zu kontrollierenden Versuchsaufbau untersucht. Hierfür wurden Kälber in Igluhaltung ausgewählt und Versuchseinheiten gebildet, die mit den verschiedenen Netzen ausgerüstet waren. Die Überprüfung der Wirksamkeit erfolgte durch entomologische Untersuchungen.

Die Auswirkung des Schutzes der Netze auf das Wohlbefinden der Kälber wurde anhand der Dokumentation ihres Abwehrverhaltens sowie ihrer Gewichtszunahme untersucht. Dies

geschah in Zusammenarbeit mit dem Institut für Nutztierwissenschaften der Humboldt Universität zu Berlin.

In einem zweiten Versuch wurde das Netz, das sich im ersten Versuch am wirksamsten erwiesen hatte, zum Schutz von Milchvieh in Stallhaltung getestet. Für diesen Versuch wurden zwei Milchviehställe auf demselben Betrieb ausgewählt.

Vor und während der Feldversuche erfolgte die Testung der bioziden Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes in Bioassays mit *M. domestica*.

Eine analytische Untersuchung von Netzproben auf den Wirkstoffgehalt wurde vom Institut für Pharmazie und pharmazeutische Technologie der Freien Universität Berlin durchgeführt. Die Untersuchung der Proben zur Prüfung der Rückstandsproblematik des insektizidbehandelten Netzes erfolgte durch den Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. in Poing. Die Wirkung des insektizidbehandelten Netzes auf Nicht-Ziel-Insekten wurde vom Büro für Tierökologische Studien in Berlin geprüft. Ergebnisse dieser Untersuchungen erfahren im Diskussionsteil dieser Arbeit eine besondere Bewertung.

3.4 Netze

3.4.1 Insektizidbehandeltes Netz

Der Hersteller für das Ausgangsmaterial des insektizidbehandelten Netzes war die Firma Texinov[®] Textiles Techniques, Lyon, Frankreich. Es handelte sich dabei um ein schwarzes Polyesterfilament mit einer Maschenweite von 1,6 x 1,7mm (Abbildung 2). Für die Stabilität waren über die gesamte Länge des Netzes alle 50cm Verstärkungstreifen eingesetzt worden. Das bedeutet, dass an diesen Stellen das Netz enger gewebt war.

Von der Firma Cognis GmbH aus Monheim wurde das Insektizid (Deltamethrin) in verkapselter Form bereitgestellt.

Die Mikroverkapselung ist ein patentiertes Verfahren (Deutsches Patent- und Markenamt, DE 10 2004 037 752 A1) der Firma Cognis, welches die Verkapselung von Wirkstoffen hauptsächlich für deren Auftragen auf Fasern und Textiloberflächen beinhaltet. Eigentliches Ziel ist die waschresistente Ausrüstung von Textilien mit kosmetischen Wirkstoffen.

Die Mikrokapselformen selbst haben einen Durchmesser von 1-10µm und werden mittels ausgewählter Bindemittel auf den Textilien fixiert. In diesem Fall wurde das Netz mit einem Cognis 2048-A Plus Binder behandelt (Service Report von Cognis vom 24.04.2009).

Die Vorteile einer Verkapselung (Mauer, persönliche Mitteilung) sind die höhere Arbeitssicherheit für den Ausrüster, eine gleichmäßige Wirkstoffverteilung im Tauchbad und somit auch im Endprodukt sowie das Erlangen einer längeren Persistenz des Wirkstoffes auf dem Netz und eines höheren Schutzes gegen Umwelteinflüsse.

Ein zusätzlich eingebauter UV-Schutz (UV-Absorber) sollte den frühzeitigen Abbau des Deltamethrins, das unter Sonnenstrahlung instabil wird, verhindern (Lafi und Al-Qodah, 2006; Ungemach, 2006).

Die Ausrüstung der Netze mit dem Insektizid erfolgte durch die Firma EMC, Tulle-Ennoblement Textile, Lyon, in Frankreich.

Der Wirkstoffgehalt sollte bei 250mg/m^2 Netz liegen. Interne Qualitätskontrollen der Firma Cognis während der Produktion ergaben schließlich Konzentrationsvarianten zwischen 170mg/m^2 und 201mg/m^2 .

Die Anlieferung von fünf Netzrollen zu je 100m Länge und einer Breite von 2,50m erfolgte Ende April 2009.

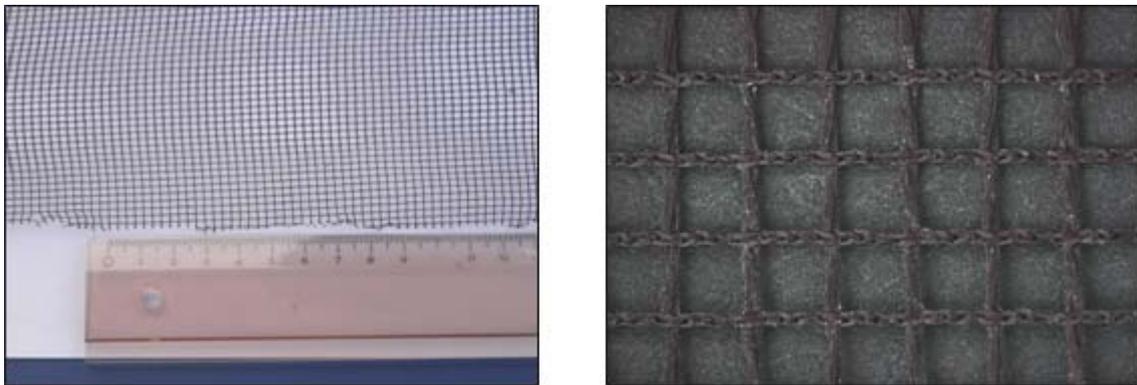


Abbildung 2: Nahaufnahmen des Deltamethrinhaltigen Polyesternetzes (Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Firma Texinov[®] Textiles Techniques Frankreich, Lyon, Frankreich, 2009.

3.4.2 Unbehandelte Netze

Es kamen zwei unbehandelte Netztypen zum Einsatz. Beide wurden von der Firma Rökona Textil GmbH, Tübingen bereitgestellt (Abbildung 3 und Abbildung 4).

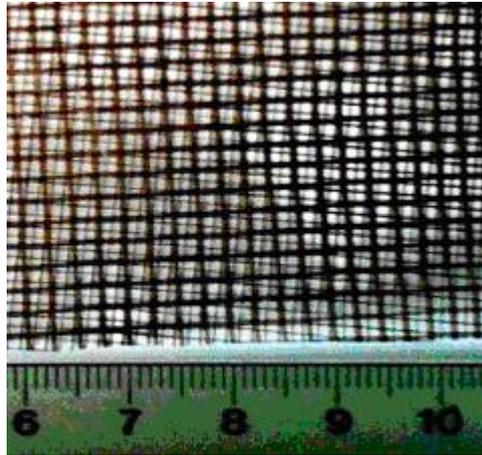


Abbildung 3: Nahaufnahme des unbehandelten Polyethylennetzes (asymmetrische Maschenweite von 0,7-1,2mm); Firma Rökona Textil GmbH, Tübingen, 2009.

Bei dem Material des zu Beginn dieser Studie eingesetzten Netzes handelte es sich um schwarzes nicht beschichtetes Polyethylen (Abbildung 3). Dieses diente gleichzeitig als Verstärkungsmaterial und wurde bei der Herstellung in Form dreier Folientypen axial übereinander gelegt. Dabei entstand ein so genanntes Kettengewirke, d.h. es lagen Längsfäden vor, die miteinander vermascht wurden. Zusätzlich eingeschossene Querrfäden dienten der Steigerung der Stabilität. Die endgültige Lochgröße wurde dann durch die abschließende thermische Fixierung (Dehnen) erreicht (Westerkamp, persönliche Mitteilung).

Das Netz besaß eine asymmetrische/irreguläre Lochgröße mit einer Maschenweite von 0,7 bis 1,2mm. Die Löcher selber waren rechteckig, quadratisch oder auch trapezförmig.

Vom Hersteller wurden technische Daten zu folgenden physikalischen Merkmalen angegeben: Die Luftdurchlässigkeit lag bei einem Unterdruck von 100 Pa bei $3500 \text{ L/m}^2 \times \text{sec}$ sowie bei einem Unterdruck von 200Pa bei $5300 \text{ L/m}^2 \times \text{sec}$. Für die Höchstzugkraft ergaben sich Werte von 291N für die Länge und von 285N für die Breite. Die Höchstzugkraftdehnung war mit 33% in der Länge und 28% in der Breite beschrieben.

Ende April 2009 wurden fünf Rollen zu je 100m Länge und 1,50m Breite dieses Netzes geliefert.

Aufgrund der nicht überzeugenden Untersuchungsergebnisse mit dem oben beschriebenen Netz im Sommer 2009 wurde im Anschluss ein zweites Netz entwickelt und im Kälbersversuch getestet. Es unterschied sich vom ersten Netztyp dadurch, dass es zum einen aus einem oliv-schlammfarbenen Textilmaterial bestand und zum anderen symmetrische Lochgrößen mit einer Maschenweite von $<1\text{mm}$ besaß (Abbildung 4).

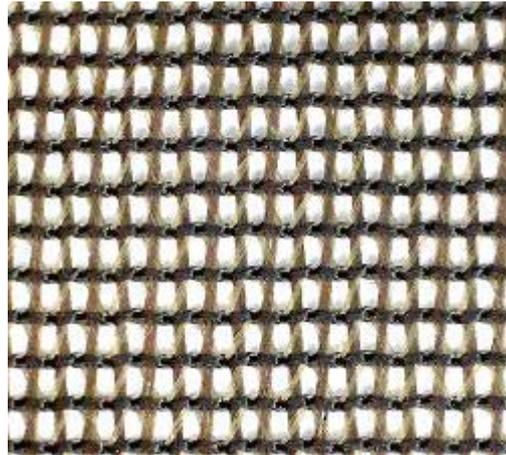


Abbildung 4: Nahaufnahme des unbehandelten Textilnetzes (gleichmäßige Maschenweite <1mm); Firma Rökona Textil GmbH, Tübingen, 2009.

Auch hier lagen technische Daten zu den einzelnen physikalischen Eigenschaften vor: Für die Luftdurchlässigkeit wurden Werte von $3500\text{L/m}^2 \times \text{sec}$ bei einem Unterdruck von 100Pa und $5400\text{L/m}^2 \times \text{sec}$ bei einem Unterdruck von 200Pa angegeben. Die Höchstzugkraftdehnung lag bei 23% in der Länge und bei 34% in der Breite. Die Höchstzugkraft wurde mit 243N in der Länge und 270N für die Breite beschrieben.

Ende August 2009 wurden 10 Rollen zu je 2,50m Breite und 100m Länge dieses Netzes geliefert.

3.5 Felduntersuchungen

3.5.1 Kälbergluhaltung

Für die Untersuchungen wurde die Haltung von Kälbern in Iglus gewählt. Es wurden zwei Versuchsgruppen für die Wirksamkeitsprüfung des insektizidbehandelten (Versuchsgruppe A) und unbehandelten Netzes (Versuchsgruppe B) gebildet. Jede Versuchsgruppe wiederum bestand aus drei Versuchseinheiten mit je fünf Kälberglus zu je einem Kalb pro Iglu (Abbildung 5).

Zur Befestigung der Netze wurde die jeweilige Versuchseinheit mit einem Holzlattengerüst eingefasst (Abbildung 5).



Abbildung 5: Versuchsgruppe A, Deltamethrinhaltiges Polyesternetz: Vollständig vernetzte Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

Hierfür wurde eigens eine Firma (ASH-Stalltechnik) aus Neuruppin beauftragt. Für die einzelnen Versuchseinheiten ergaben sich Abmessungen von 7m in der Länge und 3,50m in der Breite. Im vorderen Bereich der Iglus betrug der Abstand zu der Holzverlattung 1,50m. Der Spalt zwischen den Rück- bzw. Seitenwänden der Hütten und dem Außengerüst hatte eine Breite von 0,5m. Die Holzgerüste der mit Netz ausgestatteten Einheiten besaßen zudem eine Tür von 1,50m Breite x 1,80m Höhe. Diese sollten ein leichtes Begehen zum Füttern/Tränken und Misten sowie zum Ein- und Ausstallen der Kälber ermöglichen.

Die umzäunten Iglus (Kälberhütte Standard mit Umzäunung, Hersteller Patura, Laudenbach) bestanden aus Fiberglas und wurden speziell für die Aufzucht im Freien konstruiert. Die Wände der Igluboxen waren aus drei verschiedenen Schichten aufgebaut, die im Inneren für ein ausgeglichenes Klima sorgten. Die innerste Schicht war sehr glatt, so dass dort gut gereinigt werden konnte. Eine weitere Schicht aus Polyester sorgte für ausreichende Stabilität und Stärke. Die weiße Außenschicht diente der Reflexion der Sonneneinstrahlung und war UV-beständig. Des Weiteren verfügten die Iglus über eine natürliche Ventilation, die für genügend Frischluft und Trockenheit sorgte.

Jedes Iglu hatte die Maße von 1,50m in der Höhe, 1,20m in der Breite und 1,25m in der Länge. Vor dem Eingang des Iglus war eine Hartholzwelle angebracht. Transporträder am vorderen Ende erlaubten eine leichte Bewegung. Das Gitter, welches die rechteckige Umzäunung vor jeder Hütte bildete, war 1,0m hoch, 1,50m lang und hatte zwischen den Längsseiten einen Abstand von 1,20m. Die Umzäunung beinhaltete zusätzlich ein umsteckbares Frontgitter sowie einen Eimerring.

Für den Versuch musste eine möglichst konstante Tierzahl von mindestens 3 Kälbern pro Versuchseinheit gewährleistet sein. Da über den gesamten Versuchszeitraum mit keinen

gleichmäßig starken Kälbergeburten zu rechnen war, wurden die Kälber nach einem alternierenden Belegungsplan (Tabelle 2) in die Iglus aufgestellt. Zu diesem Zweck wurde jedes Kälberiglu mit dem Buchstaben für die jeweilige Versuchsgruppe (A und B) sowie einer Zahl in aufsteigender Reihe beschriftet (1-30). Im Wechsel wurden dann die Kälber in die verschiedenen Versuchseinheiten (I – VI) verbracht.

Tabelle 2: Alternierender Belegungsplan für die Aufstallung der Kälber in den Versuchseinheiten I bis VI.

Versuchseinheit I	Versuchseinheit II	Versuchseinheit III
1. Kalb → A 1	3. Kalb → A 6	5. Kalb → A 11
7. Kalb → A 2	9. Kalb → A 7	11. Kalb → A 12
13. Kalb → A 3	15. Kalb → A 8	17. Kalb → A 13
19. Kalb → A 4	21. Kalb → A 9	23. Kalb → A 14
25. Kalb → A 5	27. Kalb → A 10	29. Kalb → A 15
Versuchseinheit IV	Versuchseinheit V	Versuchseinheit VI
2. Kalb → B 16	4. Kalb → B 21	6. Kalb → B 26
8. Kalb → B 17	10. Kalb → B 22	12. Kalb → B 27
14. Kalb → B 18	16. Kalb → B 23	18. Kalb → B 28
20. Kalb → B 19	22. Kalb → B 24	24. Kalb → B 29
26. Kalb → B 20	28. Kalb → B 25	30. Kalb → B 30

3.5.1.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze

Bei dieser Versuchsgruppe wurden zwei der insgesamt drei Versuchseinheiten mit dem insektizidbehandelten Netz geschützt.

Die erste Versuchseinheit (I) wurde vollständig vernetzt, d.h. die Seitenwände und das Dach (Abbildung 5). Bei der zweiten Einheit (II) wurden nur die Seiten bis zu einer Höhe von 1,80m vernetzt (Abbildung 6). Die Iglus der dritten Einheit (III) wurden nicht vernetzt und dienten als Kontrolle. Um diese Iglus wurden zur Abgrenzung lediglich Holzpfähle aufgestellt (Abbildung 7).



Abbildung 6: Versuchsgruppe A, Deltamethrinhaltiges PolyesterNetz: 1,80m hoch vernetzte Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.



Abbildung 7: Unvernetzte Versuchseinheit (Kontrolle) auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

Als Standort wurde die Lagerfläche der Silos im hinteren Abschnitt des Betriebes gewählt (Abbildung 1). Der Boden bestand aus Beton. Eine Mauer sowie ein anliegender Siloblock an der Rückseite der Versuchseinheiten trennten diesen Bereich vom Stall I der Anlage. Die Fläche gewährleistete einen genügend großen Abstand zwischen den Untersuchungseinheiten von jeweils 15m. Des Weiteren war eine räumliche Trennung zu den Untersuchungseinheiten, die mit dem unbehandelten Netz geschützt wurden, möglich. So konnte eine Kontamination durch das insektizidbehandelte Netz ausgeschlossen werden.

3.5.1.2 Schutz durch unbehandelte Netze

Auch diese Versuchsgruppe bestand aus drei Versuchseinheiten, von denen zwei Einheiten mit dem unbehandelten Netz geschützt wurden.

Die Vernetzungsart entsprach den Versuchseinheiten, die mit dem insektizidbehandelten Netz geschützt waren (siehe Abschnitt 3.5.1.1). Die Iglus der ersten Untersuchungseinheit (IV) waren vollständig vernetzt (Abbildung 8). Bei der zweiten Einheit (V) wurden nur die Seitenwände bis zu einer Höhe von 1,80m vernetzt (Abbildung 9). Die jeweilige Rückseite bildete die angrenzende Scheunenwand und wurde deshalb nicht zusätzlich vernetzt. Die dritte Einheit (VI) stand für die Kontrolle, d.h. sie besaß keine Vernetzung.



Abbildung 8: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Polyethylenetz: Vollständig vernetzte Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.



Abbildung 9: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Polyethylenetz: 1,80m hoch vernetzte und unvernetzte Versuchseinheit (Kontrolle) auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

Ein entscheidender Unterschied zur Versuchsgruppe mit dem insektizidbehandelten Netz waren die so genannten Fangreusen. An der Oberkante der Seitenwände der vernetzten Versuchseinheiten wurden die Netze über zu Dreiecken gebogenen Rahmen gespannt, so dass sie über die gesamte Länge der Einheit einen umschlossenen Raum (=Reuse) bildeten, der nur über einen schmalen Spalt zwischen Dreieck und Netzwand zu erreichen war (Abbildung 10 und Abbildung 11).

Das Fangprinzip entsprach dem der Malaisefallen, die ohne zusätzliche Lockmittel arbeiten. Die zentrale Netzwand dieser Falle stellt ein Hindernis dar, welches Insekten entsprechend ihres Flugverhaltens vertikal nach oben entlang fliegen. Anschließend werden sie durch die schräg gestellten Seitenwände der Malaisefalle in einen Fangbecher mit Alkohol geleitet (Hausman, 1993). In diesem Fall gelangen die Insekten entlang der Netzwand über den schmalen Spalt in die Fangreusen, aus der sie nicht wieder herausfinden.

Als Aufstellungsort wurde der Bereich zwischen der Scheunenwand und der Vorderseite der Stallanlage II ausgewählt (Abbildung 1). Der Abstand zwischen den Untersuchungseinheiten betrug jeweils 7m.

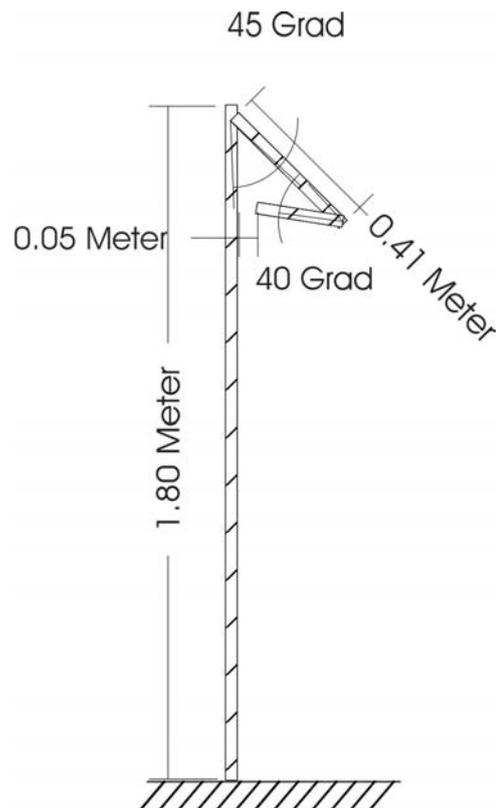


Abbildung 10: Schematische Darstellung der Fangreuse.



Abbildung 11: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Textilnetz: Nahaufnahme einer Fangreuse an der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

3. Material und Methoden

Wie bereits unter Abschnitt 3.4.2 beschrieben, wurde am selben Standort auch das zweite unbehandelte Netz getestet. Diese Versuchsanordnung bestand aufgrund der zuvor gewonnenen Ergebnisse nur noch aus zwei Versuchseinheiten; der 1,80m hohen Teilvernetzung und der unvernetzten Kontrolle (Abbildung 12).



Abbildung 12: Versuchsgruppe B, unbehandeltes Textilnetz: 1,80m hoch vernetzte und unvernetzte Versuchseinheit (Kontrolle) auf der Milchviehanlage in Lögow, Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

3.5.1.3 Entomologisches Monitoring

Das entomologische Monitoring des ersten Versuches fand vom 1. Juni bis zum 19. August 2009 (11 ½ Wochen) statt. Das Monitoring für die Testung des zweiten unbehandelten Netzes umfasste den Zeitraum vom 30. August bis zum 28. Oktober 2009 (8 ½ Wochen).

3.5.1.3.1 Gnitzen

Zur Überprüfung der Schutzwirkung der insektizidbehandelten und unbehandelten Netze wurde jede Versuchseinheit mit einer speziellen Insektenfalle ausgerüstet.

Auf dem Dach des mittleren Iglus jeder Einheit war eine eigens hierfür vorgefertigte Holzvorrichtung angebracht (Abbildung 7). Die Fallen waren damit vor Witterungseinflüssen und den Kälbern geschützt.

Bei den Fallen handelte es sich um Biogents Sentinel[®] UV-Licht Insektenfallen (Firma Biogents[®], Regensburg, Deutschland), die speziell für den Fang von nachtaktiven Mücken entwickelt worden sind (Abbildung 13 und Abbildung 14). Die anfliegenden Insekten werden durch eine UV-Kaltlicht-Kathode angelockt und dann durch den im Inneren der Falle lokalisierten Ventilator über einen Fangtrichter nach unten gesaugt (Abbildung 14). Dort fallen sie anschließend in einen Fangbecher, der mit 300ml 70%igen Äthanol gefüllt ist. Der Alkohol führt zur Abtötung und anschließender Konservierung der Insekten. Eine Netzabdeckung über dem Fangtrichter soll den Eintrag von größeren Nicht-Ziel-Insekten verhindern.



Abbildung 13: Eine Außenfalle am Rand des Geländes der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

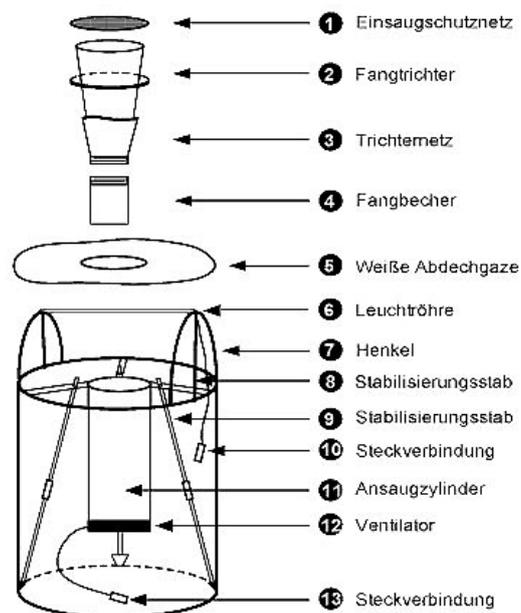


Abbildung 14: Aufbau der BG Sentinel[®] UV-Lichtfalle (©Handbuch für die BG Sentinel[®] UV-Lichtfalle, BioGents GmbH, Regensburg).

Bedingt durch die Hauptaktivität der Gniten in der Morgen- und Abenddämmerung wurden die Fallen über Zeitschaltuhren für Außenanwendungen (HBT 144, brennenstuhl[®] GmbH & Co, Hugo Brennenstuhl, Tübingen) gesteuert. Die Fallen wurden in drei Intervallen zwischen Sonntag und Mittwoch jeweils von 17 Uhr bis 9 Uhr des Folgetages wöchentlich aktiviert.

Zur Verhinderung der Verdunstung des Alkohols wurden einige Mitarbeiter des Betriebs damit beauftragt, erst kurz vor Aktivitätsbeginn der Fallen über die Zeitschaltuhr die Deckel der Fangbecher abzuschrauben. So konnte weitgehend eine Verdunstung des Alkohols verhindert werden.

Nach jedem Fangintervall wurden die Fangbecher vorsichtig entnommen, mit einem Deckel verschlossen und neue mit Alkohol gefüllte Becher in den Fangkorb gesetzt. Die Fangbecher waren mit der jeweiligen Fallenummer sowie Fangsdatum versehen und wurden zeitnah ins Labor gebracht.

Im entomologischen Labor des Instituts für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin der FU Berlin wurden die wöchentlichen Insektenfänge ausgezählt. Zunächst wurde der Inhalt der Fangbecher durch ein Sieb gegossen. Der aufgefangene Alkohol konnte nach anschließender Filterung wieder verwendet werden. Aus dem Sieb wurden portionsweise Insekten in eine Petrischale überführt und unter einem Stereomikroskop (Typ 39254-Regeltransformator, 1-4 fache Vergrößerung, Carl Zeiss AG, Oberkochen, Deutschland) untersucht. Alle Insekten, die nicht den Gniten zugeordnet werden konnten, wurden ohne eine nähere Differenzierung in

kleine Gefäße mit Schraubverschluss (PP-Test tubes, 15 ml, Greiner Bio-One CELLSTAR[®], Greiner Bio-One International AG, Kremsmünster, Österreich) abgefüllt.

Die Gnitzen (*Culicoides* spp.) wurden anhand von zwei optisch gut erkennbaren Kriterien in zwei Komplexe eingeteilt. Die Flügelzeichnung und die Größe der Insekten ließ eine Einordnung in den *Obsoletus*-Komplex (*C. obsoletus*, *C. scoticus*, *C. montanus*) oder den *Pulicaris*-Komplex (*C. pulicaris*, *C. lupicaris*) zu (Meiswinkel et al., 2004; Gomulski et al., 2006; Mathieu et al., 2007).

Die Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex haben eine Größe von 0,5 bis 1,5mm und einen typischen dunklen Fleck am oberen Rand ihrer Flügel (Abbildung 15). Die Spezies aus dem *Pulicaris*-Komplex sind mit 2 bis 3mm fast doppelt so groß und besitzen auf ihren Flügel eine so genannte „Sanduhr“ als ein typisches Erkennungsmerkmal (Abbildung 16).

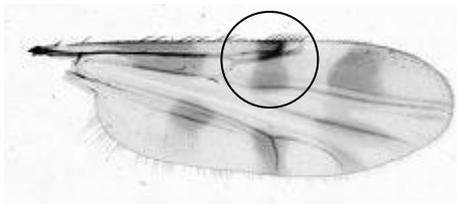


Abbildung 15: Flügelzeichnung der Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex (Rohrmann, 2010).

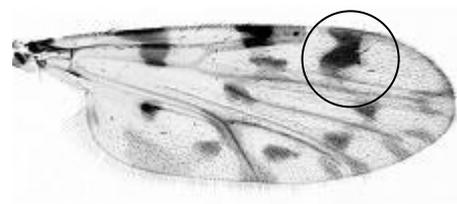


Abbildung 16: Flügelzeichnung der Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex (Rohrmann, 2010).

Alle Gnitzen mit anderer Flügelzeichnung wurden als *Culicoides*-Rest bezeichnet. Desweiteren folgte für jeden Komplex und für den *Culicoides*-Rest eine Differenzierung in männliche und weiblich gesogene sowie weiblich ungesogene Gnitzen. Der Anteil an gesogenen Gnitzen galt als ein wichtiges Kriterium zur Aussage über die Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes.

Die sortierten Gnitzen wurden anschließend in Eppendorf Gefäße (1ml) überführt und diese mit der jeweiligen Fallnummer sowie Gnitzen-Gruppe beschriftet. Die Quantifizierung erfolgte je nach Umfang der Probe mittels einer Strichliste oder per Handzähler. Bei der Fangauswertung wurden die Ergebnisse zwischen den Untersuchungseinheiten jeder Gruppe sowie zwischen den Gruppen verglichen.

Die Fänge aller Fallen wurden für jede Woche getrennt in durchsichtigen Plastikbeuteln (LD-PE[®] Flachbeutel mit Seitennaht wieder verschließbar, Egli Plastic AG, Dällikon, Zürich, Schweiz) aufbewahrt und mit dem jeweiligen Fangdatum kenntlich gemacht.

3.5.1.3.2 Musciden

Eine Untersuchung über das Vorkommen von Musciden in den Versuchseinheiten wurde zu Zeiten einer zu erwartenden höheren Abundanz durchgeführt. Bei dem ersten Versuch begrenzte sich diese Zeit auf die zweite Versuchshälfte (Mitte Juli bis Mitte August). Bei dem zweiten Versuch wurde das Vorkommen über den gesamten Versuchszeitraum getestet (Anfang September bis Ende Oktober).

Zu diesem Zweck wurden kommerzielle insektizidfreie Fliegenklebstofffallen (Fliegenrolle für den Stall, Eurofarm, Bützberg, Schweiz) eingesetzt. Diese Fliegenrollen waren 7m lang und 30cm breit. Auf ihrer klebenden Oberfläche waren parallel angeordnete schwarz-roten Doppelstreifen abgebildet. Ein zusätzlicher Aufdruck von Fliegen sollte Landeplätze simulieren. Mit einem bereits vorhandenen Haken wurden die Fallen an den Holzleisten fixiert. Pro Untersuchungseinheit wurde eine Fliegenrolle ausgebracht (Abbildung 17). Der untere Abschnitt wurde auf eine Länge von ca. 70cm ausgezogen und mit einem Klebeband fixiert. Nach eine Woche wurde der Abschnitt entfernt und die Rolle neu ausgezogen. Jede abgetrennte Fläche wurde anschließend mit Datum und Untersuchungseinheit versehen. Zum Schutz vor dem stark klebenden Material wurden sie mit Frischhaltefolie überdeckt und so ins Labor gebracht.

Auf den Fliegenklebstofffallen wurden von den gefangenen Insekten lediglich die Musciden gezählt. Hierfür wurde ein Abschnitt von jeweils 10 Doppelstreifen ausgewählt. Die Dokumentation erfolgte für jede Fangwoche und jede Untersuchungseinheit der beiden Versuchsgruppen.



Abbildung 17: Fliegenklebstofffalle auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

3.5.1.4 Abwehrverhalten der Kälber

Zur Prüfung der Schutzwirkung der eingesetzten Netze auf das Wohlbefinden der Kälber wurde das Abwehrverhalten der Tiere in den einzelnen Versuchseinheiten beobachtet und dokumentiert.

Die Beobachtungen fanden einmal wöchentlich in dem Zeitraum vom 1. Juli bis zum 19. August 2009 statt. Jeweils vier Kälber pro Versuchseinheit wurden an dem Beobachtungstag zu drei Zeitpunkten und zwar am frühen Mittag (ca. 11Uhr), am frühen Nachmittag (ca. 14 Uhr) und in den frühen Abendstunden (ca. 18 Uhr) beobachtet.

Die Abwehrbewegungen wurden in vorgefertigte Beobachtungsprotokolle eingetragen (Anhang, Tabelle 4). Dabei wurden folgende Bewegungen differenziert betrachtet: Kopfschütteln, Ohrenschlagen, Schwanzschlagen, Beinschlagen und auffälliges Hautzucken.

Parallel dazu wurde zum jeweiligen Zeitpunkt der Befall der Kälber mit Musciden dokumentiert. Eine genaue Auszählung pro Tier war aufgrund der Spontanbewegungen von Tier und Insekt nicht möglich, so dass folgende Kategorien gebildet wurden:

- Kategorie 0: keine Musciden,
- Kategorie I: 1 Muscide pro Kalb,
- Kategorie II: 2-10 Musciden pro Kalb,
- Kategorie III: 11-20 Musciden pro Kalb,
- Kategorie IV: 21-30 Musciden pro Kalb.

Die Erstellung der Beobachtungs- und Aktivitätsprotokolle sowie die Auswertung des Abwehrverhaltens wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Nutztierwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt.

3.5.1.5 Gewichtserhebung Kälber

Die Kälber wurden nach ihrer Geburt vor dem ersten Tränken und der Aufstallung in die Iglu gewogen. Die zweite Gewichtsdocumentation erfolgte nach dem Ausstallen. Das Wiegen und Eintragen der Gewichte in die vorgefertigten Protokolle (Tabelle 5) wurde vom betriebseigenen Personal übernommen. Aus den Anfangs- und Endgewichten wurde anschließend die tägliche Zunahme für den dreiwöchigen Zeitraum im Iglu errechnet. Aufgrund des festgelegten Belegungsplans war die Anzahl der Kälber, deren Gewichtsentwicklung erfasst wurde, in den Versuchseinheiten unterschiedlich groß.

Bei der Waage handelt es sich um eine mechanische Tierwaage mit Laufgewichtsbalken und einem Wägebereich von 2,5 bis 250kg (Firma J.W. Baumann, Wagenfabrik Thiersheim, Bayern, Deutschland). Die Wiegefläche besitzt die Abmessungen von 1,40m in der Länge und 53cm in der Breite. Die Seitenwände haben eine Höhe von 95cm.

3.5.2 Milchviehanlage

Auf dem Untersuchungsbetrieb gibt es zwei baugleiche Stallanlagen, die für den zweiten Versuch herangezogen wurden. Ein Stall wurde vernetzt und als Interventionsstall bezeichnet, wohingegen der zweite Stall unvernetzt blieb und den Kontrollstall bildete (Abbildung 18).

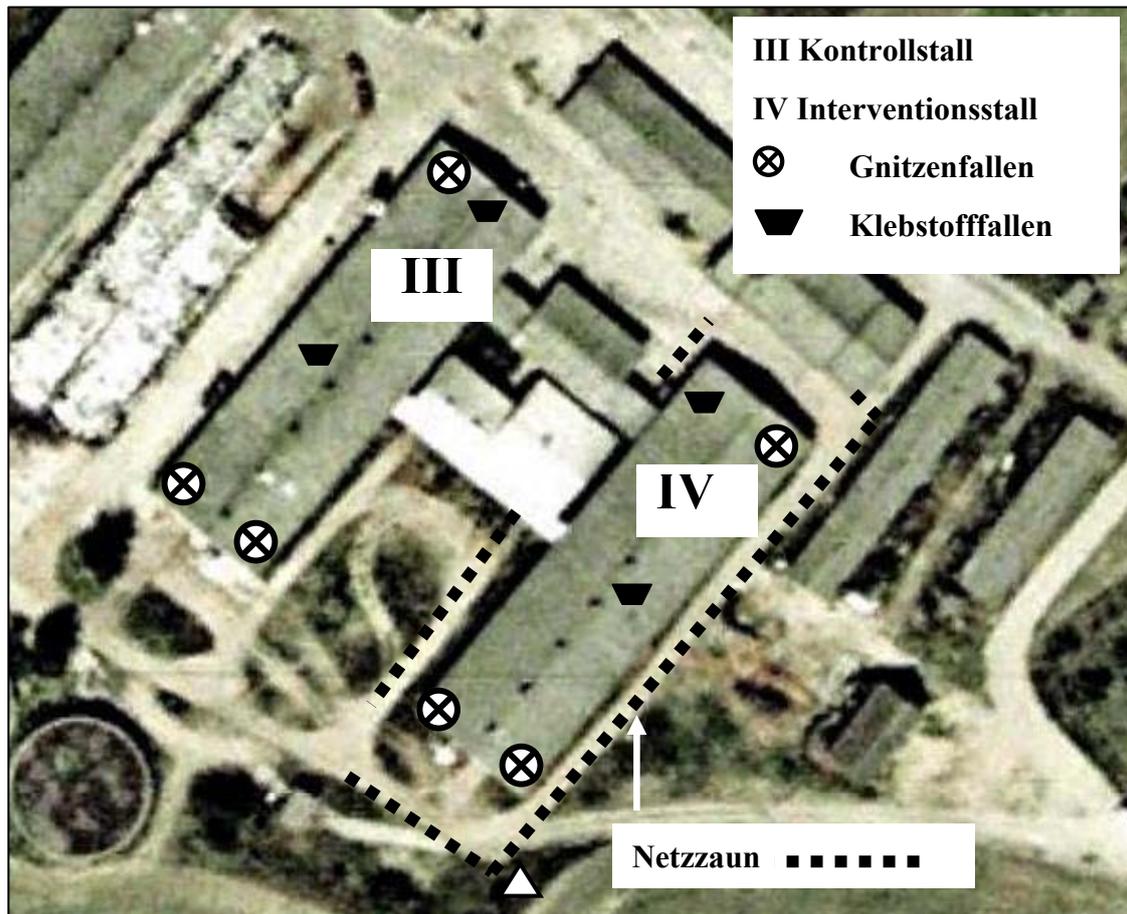


Abbildung 18: Positionierung der Gnizen- und Fliegenfallen, der Wetterstation und des Deltamethrinhaltigen Polyesternetzzaunes auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009 (Quelle: Google Earth).

Beide Stallungen liegen im vorderen Abschnitt des Geländes gegenüber den Sozialgebäuden in nordwestlicher Ausrichtung. Sie wurden 1972 nach dem Modell-Typ L 203 erbaut, der jeweils Platz für circa 200 Tiere bietet. Sie haben eine Länge von 76m und eine Breite von 22m und wurden 1997 durch ein weiteres Gebäude verbunden, in welchem jetzt das Melkkarussell steht.

An den kurzen Vorder- und Rückseiten der Stallanlagen befinden sich jeweils zweiteilige Rolltore, die der Befahrung des Futtertischs dienen. An den Längsseiten sind im oberen Drittel offene Fenster angebracht, welche nach Bedarf von außen durch Windnetze verschlossen werden können. Über diese Fensteröffnungen, die Tore sowie über den

Melkgang erfolgt die Belüftung. Bei dem Stalltyp handelt es sich um einstreulose Liege- und Laufstallhaltung. Der Betonboden der Lauf- und Futtergänge wird stündlich über Schleppentmistung sauber gehalten. In der Stallmitte befinden sich Spaltenböden über den Schächten des Gülleabflusses. Die mit Gummimatten versehenden Liegeboxen werden täglich entmistet und gekalkt.

In beiden Ställen befinden sich etwa eine gleichgroße Anzahl von Tieren und Leistungsgruppen. Das war auch für den Kooperationspartner der Humboldt-Universität von Bedeutung, da er die Auswirkungen der Schutzmaßnahmen auf die Produktivität der Rinder untersuchen wollten.

Im Kontrollstall mit insgesamt fünf Gruppen stehen Kühe bis 60 Tage in Milch, Kühe und Färsen nach dem Trockenstellen sowie die Altmelker. In insgesamt sechs Gruppen sind im Interventionsstall die Kühe und Erstkalbinnen über 60 bis 200 Tage in Milch sowie die Erstkalbinnen bis 60 Tage in Milch und die Kühe zum Trockenstellen aufgestellt.

3.5.2.1 Vernetzung

Die vorausgegangenen Untersuchungen in der Kälber Igluhaltung ergaben, dass das insektizidbehandelte Netz die überlegene Schutzwirkung gegenüber dem Eintrag von Gnitzen und Lästlingsinsekten aufwies (Fangzahlen siehe Ergebnisdokumentation). Für die Testung unter Praxisbedingungen wurde es dementsprechend für die Vernetzung des unter Punkt 3.5.2 beschriebenen Stallgebäudes eingesetzt.

Zum Schutz des Stalles wurde eine freistehende Vernetzung gewählt (Abbildung 19-Abbildung 22). Die Ergebnisse des Vorjahres (2008), in dem die Fenster und Türen derselben Stallanlage mit einem insektizidbehandelten Netz ausgestattet wurden, zeigten keine deutlichen Effekte auf die Gnitzen- und Fliegenpopulation (Rohrmann, 2010). Darüber hinaus führte eine zunehmende Verschmutzung der Netze zu einem reduzierten Lichteinfall in die Stallungen und einer deutlichen Verschlechterung des Binnenklimas. Der Netzzaun sollte die Abschnitte der Stallanlage schützen, welche nicht bereits durch anliegende Gebäude begrenzt waren.

Für die Aufbauarbeiten wurde ein weiteres Mal die Firma ASH-Stalltechnik aus Neuruppin beauftragt. Entlang des Stalls führte ein befestigter Weg aus Beton. An dessen Außenkante am Übergang zum Grasboden wurden in regelmäßigen Abständen Holzpfähle in den Boden verankert und an definierten Stellen zusätzlich mit Stahlblech-Rohren und Vierkant-Stahlstreben unterstützt. Anschließend wurde der 2,20m hohe Netzzaun ausgerichtet, in dem er mittels einer Gegenleiste aus Holz an den vormontierten Pfosten fixiert wurde. Der Abstand zur Stallaußenwand betrug mindestens 6m. Die obere Netzkante des Zaunes war frei, die untere Kante hing soweit über, dass keine Lücke zum Boden entstand, durch die die Insekten gelangen konnten. Über die gesamte Länge wurde das Netz straff gespannt, um dem Wind keine große Angriffsfläche zu bieten (Abbildung 19 und Abbildung 20).

3. Material und Methoden

Aus betriebsbedingten Gründen war es nicht möglich, den Stall vollständig zu umzäunen. Zwei Zufahrtswege im seitlichen Bereich der beiden Rolltore mussten zu Mist- und Fütterungsarbeiten frei bleiben. Diese netzfreien Abschnitte an der Vorder- und Rückseite des Stalls waren jeweils circa 5m breit (Abbildung 21 und Abbildung 22).

Insgesamt wurden für die Umzäunung 205m insektizidbehandeltes Netz verarbeitet. Am 25. August 2009 war die Vernetzung des Interventionsstalls abgeschlossen.



Abbildung 19: Deltamethrinhaltiger Polyesternetzzaun an der hinteren Längsseite des Interventionsstalls (links: Kontrollstall) auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.



Abbildung 20: Deltamethrinhaltiger Polyesternetzzaun an der gegenüberliegenden Längsseite des Interventionsstalls auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.



Abbildung 21: Netzfreier Zufahrtsweg und Deltamethrinhaltiger Polyester-netzzaun an der Vorderseite des Interventionsstalls auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.



Abbildung 22: Netzfreier Zufahrtsweg und Deltamethrinhaltiger Polyester-netzzaun an der Rückseite des Interventionsstalls auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

3.5.2.2 Entomologisches Monitoring

Das entomologische Monitoring der ausgewählten Milchviehställe wurde vom 16. August bis zum 28. Oktober 2009 (10 ½ Wochen) durchgeführt. Noch vor Fertigstellung des Netzzaunes wurden zwei Nullfänge (16.-26. August 2009) von Gnitzen und Lästlingsinsekten im Kontroll- und Interventionsstall durchgeführt. Dies diente der Überprüfung der stalleigenen Gnitzen- und Fliegenpopulation.

3.5.2.2.1 Gnitzen

Beide Ställe wurden mit jeweils drei Biogents Sentinel[®] UV-Licht Insektenfallen (Firma Biogents[®], Regensburg, Deutschland) ausgerüstet. Es wurden eine im vorderen und jeweils zwei im hinteren Stallabschnitt positioniert (Abbildung 18).

Zur Stromversorgung der Fallen mussten entlang der Decke Kabel verlegt werden.

Die Insektenfallen wurden so angebracht, dass die Öffnung in einer Höhe von 1,50m lag. Sie wurden oberhalb an Deckenhaken gehängt und seitlich an den Gittern der Liegeboxen fixiert. Zudem wurde für jede Falle die dazugehörige sowie die angrenzende Liegebucht mit Metallstangen abgesperrt, damit die Kühe sie nicht beschädigen konnten (Abbildung 23). Wie bereits bei dem Kälberiglu-Versuch wurden sie über Zeitschaltuhren (HBT 144, brennenstuhl[®] GmbH & Co, Hugo Brennenstuhl, Tübingen) gesteuert und hatten dasselbe Fangintervall (siehe Abschnitt 3.5.1.3). Die Auszählung und Differenzierung der Gnitzen erfolgte für jede Falle nach dem gleichen Schema wie unter 3.5.1.3.1 beschrieben.



Abbildung 23: Installierte Biogents-Sentinel[®] UV-Licht Insektenfalle im Interventionsstall auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

3.5.2.2 Musciden

Die bereits im ersten Versuch eingesetzten und beschriebenen Fliegenklebstofffallen (Fliegenrolle für den Stall, Eurofarm, Bützberg, Schweiz) wurden für das Musciden-Monitoring verwendet.

Jeweils zwei Fallen pro Stall wurden im vorderen und mittleren Bereich ausgebracht (Abbildung 18). Jede Klebstofffalle war auf eine Länge von 70cm ausgezogen und blieb für eine Woche hängen. Nach jedem Intervall wurde der Abschnitt abgetrennt und mit Frischhaltefolie überklebt (Abbildung 24). Anschließend wurde die Klebstofffalle wieder neu ausgezogen und an die gleiche Position gehängt.

Die Auszählung der Musciden auf dem jeweiligen Fallenabschnitt erfolgte wie unter Abschnitt 3.5.1.3.2 beschrieben. Umgeschlagene Fallenabschnitte wurden dabei nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse wurden pro Woche und Standort dokumentiert.



Abbildung 24: Abgenommene Fliegenklebstofffallen nach einer Woche im Kontrollstall auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009.

3.5.3 Entomologische Untersuchungen im Umfeld der Versuchseinheiten

Zur Erfassung der saisonalen Gnitzenabundanz wurden vier weitere Biogents Sentinel[®] UV-Licht Insektenfallen (Biogents[®], Regensburg, Deutschland) innerhalb sowie außerhalb des Betriebsgeländes aufgestellt.

Diese Außenfallen waren über den gesamten Versuchszeitraum vom 1. Juni 2009 bis zum 28. Oktober 2009 aktiv.

Zur ortsunabhängigen Stromversorgung wurden Autobatterien (LOXA Batterie 007 antifrost[®] EN900, 12V, 100Ah, LOXA GmbH, Zarki, Polen) verwendet. Deren Ladungsstand wurde regelmäßig mithilfe eines Batterie-Lade-Prüfgerätes (Digital LCD Multimeter

3. Material und Methoden

Messgerät[®], CAT II 600V, Brüder Mannesmann Werkzeuge GmbH, Remscheid, Deutschland) getestet. In der Regel mussten die Batterien alle zwei Wochen zur Wiederaufladung ausgetauscht werden.

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen waren die Insektenfallen in vergleichbaren Holzgestellen untergebracht, die bereits unter Punkt 3.5.1.3.1 beschrieben wurden.

Auch das Fangintervall war gleich. Bei den eingesetzten Zeitschaltuhren handelte es sich um ein digitales 12-V-Modell (Zeitschaltuhr LZM 6102, Gutkes GmbH, Hannover, Deutschland), welches so umgebaut wurde, dass es direkt an die Autobatterien angeschlossen werden konnte.

Die Fallenordnung erfolgte nach dem Prinzip eines Transekts, d.h. einer im Idealfall linearen Anordnung der Fallen. Diese Anordnung muss sich in der Praxis aber am Gelände (Vegetation, Wasser oder Gebäude) orientieren, daher stellt die gedachte Linie zwischen zwei Punkten häufig keine Gerade sondern eine variable Verbindung dar. Dies war auch hier der Fall. Der erste Fallenstandort befand sich im angrenzenden Waldstück in der Nähe des dort befindlichen Senkungsgrabens (LT1= Lögow Transekt 1), der Zweite an der dem Waldstück, zu Seiten des Hofes hin, vorgelagerten Pferdeweide (LT2), der Dritte in unmittelbarer Nähe des auf dem Betriebsgelände befindlichen Güllebrunnens (LT3) und der Letzte im äußeren Randbereich des Betriebes Nähe der Rückseite des Interventionsstalls (LT4).

Die geographischen Längen und Breiten dieser Positionen wurden zusätzlich mittels eines GPS-Gerätes (Becker Traffic Assist 7928 Navigationssystem, Alpine Electronics (Europe) GmbH, München, Deutschland) bestimmt. Es ergaben sich für die Fallen folgende Einordnungen (Abbildung 25):

LT1: LON 12° 34' 41" und LAT 52° 34' 47"

LT2: LON 12° 34' 47" und LAT 52° 54' 40"

LT3: LON 12° 34' 59" und LAT 52° 54' 38"

LT4: LON 12° 34' 05" und LAT 52° 54' 36"

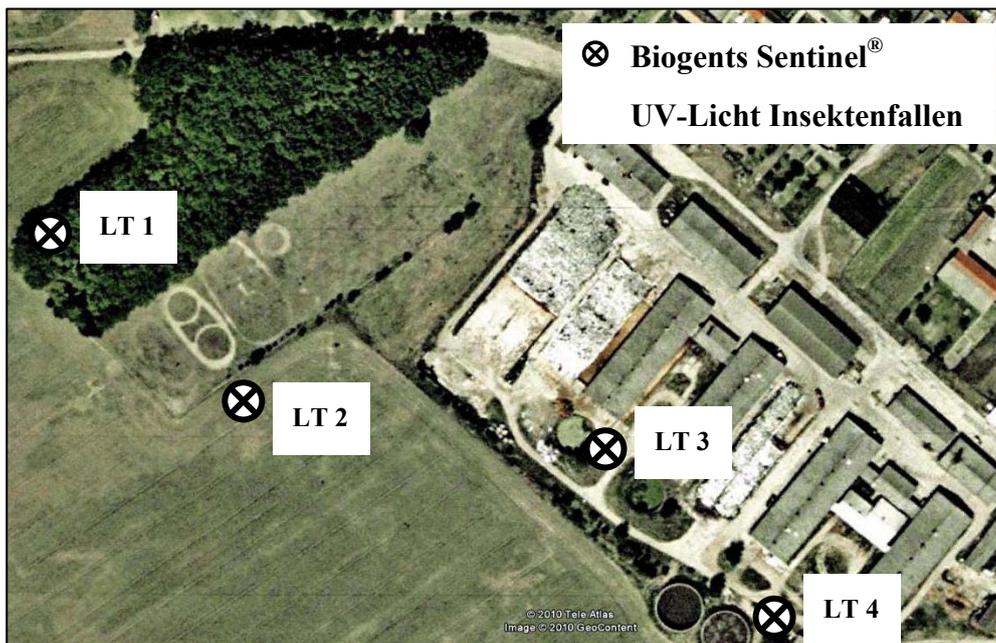


Abbildung 25: Positionierung der Gnitzen-Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg, 2009 (Quelle: Google Earth).

Aufgrund der Vernetzung des Interventionsstalls musste die vierte Falle am 19. August 2009 einige hundert Meter weiter Richtung Kontrollstall umgesetzt werden. Ebenso musste am 9. September 2009 der Standort der dritten Falle auf eine kleine bewachsene Grünfläche an der Rückseite des Kontrollstalls verlagert werden, da Arbeiten am Güllebrunnen stattfanden.

3.5.4 Untersuchungen zu Witterungseinflüssen

Zur Prüfung der Witterungseinflüsse auf die biozide Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes wurden über den gesamten Versuchszeitraum regelmäßig Netzproben entnommen.

Hierfür wurden zu Beginn der Versuche 8m zusätzliches Netz aufgespannt. Dieser Probenetzzaun wurde in Form eines Dreiecks an die vordere kurze Seite der vollständig mit dem insektizidbehandelten Netz ausgestatteten Versuchseinheit aufgestellt. Das Netz stammte von derselben Netzrolle, die auch für die Ausstattung dieser Versuchseinheiten genutzt wurde (siehe Punkt 3.5.1.1).

Nach Ende des ersten Versuchs wurde dieser Netzabschnitt an den Netzzaun des Interventionsstalls umgesetzt.

Die laufende Netzprobenentnahme erfolgte monatlich ab Ausbringung im Feld. Hinzu kam die fortlaufende visuelle Prüfung des Netzzustandes und seines Verschmutzungsgrades.

3.6 Laboruntersuchungen

3.6.1 Bewertung der bioziden Wirksamkeit im Labor

Die biozide Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes wurde sowohl vor Ausbringung im Feld als auch im weiteren Versuchsverlauf getestet. Die Bewertung erfolgte mittels Bioassays mit Fliegen.

3.6.1.1 Netzproben

Nach Anlieferung der Netzrollen wurden diese zunächst durchnummeriert. Anschließend erfolgte im oberen, mittleren und unteren Bereich jeder Netzrolle die Entnahme definierter Netzabschnitte für die Ausgangstestungen. Die Netzproben für die Bioassays mit Fliegen hatten Größen von 30 x 34cm. Für die analytische Deltamethringehaltsbestimmung (durchgeführt im Institut für Pharmazie und Pharmazeutische Technologie, FU Berlin) waren 10 x 10cm große Ausschnitte ausreichend.

Die Netzproben wurden mit Handschuhen einzeln in Aluminiumfolie verpackt und in durchsichtigen LD-PE Beuteln aufbewahrt und mit Entnahmedatum, Netzrollennummer, sowie Entnahmestelle (oben, mitte, unten) beschriftet. Die Lagerung bis zur jeweiligen Testung erfolgte im Kühlschrank bei 6°C.

Für die laufenden Testungen der Abschnitte aus dem Probenetzzaun wurde das gleiche Prinzip angewandt.

Es erfolgte eine Probenentnahme vor Ausbringung des Netzes am 29. April 2009 sowie danach in monatlichen Abständen. Hinzu kamen die Ausgangstestungen (11. August 2009) der Netzproben der beiden zusätzlich gelieferten Netzrollen, die für die Vernetzung des Interventionsstalls bereitgestellt wurden.

Im Folgejahr am 19. April und 26. Mai 2010 wurden zusätzliche Netzproben entnommen, um die biozide Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes 12 Monate nach Ausbringung im Feld im Bioassay mit sensiblen *M. domestica* als Testinsekt bewerten zu können. Aufgrund der Ergebnisse der Bioassays in 2009 wurden nur Netzproben aus der Mitte entnommen.

Zur Überprüfung eines Wirksamkeitsverlustes infolge einer Netzverschmutzung wurden diese letzten beiden Netzproben sowohl vor als auch nach gründlicher Waschung mit Leitungswasser getestet.

3.6.1.2 Bioassay Fliegen

Bei dem Bioassay handelt es sich um eine etablierte Methode zur Wirksamkeitsprüfung von insektizidhaltigen Netzen (Jandowsky et al., 2009; Jandowsky, 2010; Jandowsky et al., 2010; Rohrmann, 2010).

Für die Testung standen sensible Zuchtfliegen (*M. domestica*) zur Verfügung. Sie wurden als Puppen vom Umweltbundesamt Berlin bereitgestellt. Es handelte sich um den sensiblen LEI-Stamm (WHO-Referenzstamm), welcher keine Resistenzen gegenüber Pyrethroiden aufweist. Er wird vom Umweltbundesamt seit September 1961 gezüchtet und kommt ursprünglich von der Zoologischen Universität Leiden aus den Niederlanden.

Die Puppen wurden bis zum Schlupf in durchsichtigen, mit Luftlöchern versehenen Kunststoffbehältern aufbewahrt. Als Beobachtungskäfige dienten Drahtgestelle, die mit einer durchsichtigen, perforierten Folie überzogen waren. An der Vorderseite konnten sie manuell mit Plastikclips verschlossen werden. Versorgt wurden die Fliegen in den Käfigen mit Zucker und in Wasser getränkter Gaze.

Bei einer Umgebungstemperatur von 24°C dauerte der Schlupf der Fliegen je nach Alter der Puppen drei Tage bis maximal eine Woche. Vorerst nicht benötigte Puppen konnten bis zu zwei Wochen im Kühlschrank aufbewahrt werden.

Auf Empfehlung des Umweltbundesamtes sollte das Alter der Fliegen zum Zeitpunkt der Testung zwischen 4 und 6 Tagen liegen, da erst mit 3 Tagen der Chitinkörper genug ausgehärtet ist.

Zu Beginn jeder Testung wurde mit einem Bürohefter jede 30 x 34cm große Netzprobe an die Innenseite der Testbox[®] befestigt (Jandowsky, 2010). Dabei handelte es sich um eine Faltschachtel aus Stanzpappe (1.30 E-Welle) von der Firma FAPACK, Berlin. Sie konnte nach Anbringung des jeweiligen Netzausschnittes einfach zusammengefaltet werden (Abbildung 26).

Mittels vorskaliertes Reagenzgläser (Rohlabo[®], Carl Roth GmbH u. Co KG, Karlsruhe, Deutschland) wurden die Fliegen für jeden Durchlauf aus dem Käfig gefangen und über eine kleine verschließbare Öffnung der Testbox in diese entleert (Abbildung 27). Die Skalierung der 16cm langen Röhrchen diente dazu, eine möglichst gleichgroße Anzahl von etwa 50- 60 Testfliegen zu erhalten.



Abbildung 26: Geöffnete Testbox[®], ausgekleidet mit dem Deltamethrinhaltigen PolyesterNetz.



Abbildung 27: Überführung der sensiblen Laborfliegen (*M. domestica*) in die geschlossene Testbox[®].

Zur Verhinderung der Kontamination der Fliegenpopulation mit dem Insektizid wurden für jeden Fang aus dem Käfig neue Reagenzgläser benutzt. Bedingt durch die Dunkelheit in der geschlossenen Box setzen sich die Insekten an die mit dem Netz ausgekleideten Innenwände. Die Aufnahme des Insektizids erfolgt dann durch die freien distalen Tarsenenden der Fliegen.

Nach einer Expositionszeit von 10sec in der Testbox[®] wurden die Fliegen in den jeweiligen Beobachtungskäfig umgesetzt.

Die Zählung paralysierter Fliegen erfolgte dann in Beobachtungsabständen von 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20, 30, 60 min sowie einmal nach 6 und 24 Stunden. Unmittelbar wurde die Anzahl paralysierter Fliegen in ein vorgefertigtes Beobachtungsprotokoll eingetragen (Tabelle 4).

Über den gesamten Versuchszeitraum standen den Testfliegen in den Beobachtungskäfigen ausreichend Zucker und Wasser zur Verfügung.

Nach 24 Stunden wurden die Fliegen ausgezählt und anhand des Abdomens ihr Geschlecht bestimmt; die weiblichen Fliegen besitzen auf ihrer Bauchunterseite ein durchgehendes dunkles „Band“ (Soulsby, 1982).

Die Netzprobe jeder der drei Entnahmestellen (oben, Mitte, unten) wurde dreimal hintereinander getestet. Zusammen mit der Kontrolle (Testbox[®] mit unbehandeltem Netz ausgerüstet) mussten also für jede Versuchsreihe insgesamt 10 Käfige aufgestellt werden. Die Fliegen der Kontrollgruppe durften in ihrem Beobachtungskäfig, in dem ebenfalls Wasser und Zucker zur Verfügung standen, 24 Stunden keine Paralyse-Erscheinungen zeigen.

Die erhobenen Daten wurden anschließend in Excel-Tabellen überführt (Excel Office 10). Für die Beurteilung der bioziden Wirksamkeit diente der T50-Wert, also der Zeitpunkt nach Exponierung, bei dem 50% aller Fliegen paralysiert waren. Die Auswertung erfolgte regelmäßig im Anschluss jedes Versuches und wird im Ergebnisteil dargestellt.

3.7 Wetterdaten

Zu Erhebung der Wetterdaten waren über den gesamten Versuchszeitraum auf dem Gelände des Betriebs zwei Wetterstationen aufgestellt. Es handelte sich um Funk-Wetterstationen mit integriertem Speicher der Firma Conrad Elektronik, Hirschau, vom Typ WS 444 PC sowie dem Kombisensor WS 555 (Abbildung 28).

Es wurden die Parameter Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Niederschlag und Windgeschwindigkeit stündlich aufgezeichnet. Mithilfe eines Notebooks und der zugehörigen Wetterauswertesoftware „Weather-Professional“ erfolgte alle zwei Wochen die Auslesung der Daten. Die Wetterstationen arbeiten mit einer Frequenz von 868 MHz, was kaum zu Störungen durch andere technische Geräte führt. Zwischenzeitliche Ausfälle wurden durch die Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes, Station Neuruppin, ergänzt.

Die Außensensoren der beiden Wetterstationen wurden auf dem Betriebsgelände jeweils in unmittelbarer Nähe der beiden Kälber-Versuchsgruppen aufgestellt. Die zugehörigen Funkstationen befanden sich im Innenbereich des Kälberstalls bzw. eines Stallgebäudes.

Zu Beginn des zweiten Versuchs wurde eine Wetterstation an die Rückseite des Interventionsstalls umgesetzt (Abbildung 18).



Abbildung 28: Auf dem Betriebsgelände installierter Außensensor einer Wetterstation auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

3.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der entomologischen Ergebnisse wurde mit dem Programm GraphPad Prism[®] 3.03 (San Diego, CA, USA) durchgeführt.

Bei den Ergebniszahlen handelte sich um nicht normalverteilte Daten. Für die Analyse der Gnizenfänge beim Kälberglu-Versuch wurde zuerst der nicht parametrische Test nach Friedman angewandt. Dieser prüft bei drei oder mehr gepaarten Stichproben, ob sich die Mediane zwischen den einzelnen Gruppen signifikant unterscheiden. Dabei ist p umso geringer, je größer der Unterschied zwischen den Rangsummen der einzelnen Stichproben ist. Grundsätzlich gilt beim Vorliegen einer Signifikanz, dass $p < 0,05$. Beim Vorliegen einer Signifikanz wurde anschließend der Vorzeichenrangtest nach Wilcoxon eingesetzt, welcher ebenfalls für nicht normal verteilte Daten und zum Vergleich von zwei abhängigen Gruppen verwandt wird. So wurde geprüft, zwischen welchen Gruppen die Signifikanz vorliegt. Dieser Test wurde ebenfalls für die statistische Auswertung der Fangdaten von Gnizen und Fliegen der beiden Milchviehställe angewandt.

Für die Auswertung des Abwehrverhaltens der Kälber wurden für jeden Beobachtungstag alle Bewegungen der beobachteten Tiere aus der jeweiligen Versuchseinheit summiert. Aufgrund der zu geringen Kälbergeburten waren die Versuchseinheiten der Versuchsgruppe mit dem insektizidbehandelten Netz an den Beobachtungstagen nur selten ausreichend besetzt. Aus diesem Grund wurden für die Auswertung nur die Abwehrbewegungen von jeweils 3 Kälbern (anstatt 4 Kälbern) pro Versuchseinheit herangezogen, die bei den Versuchseinheiten mit ausreichender Tierzahl dann nach dem Zufallsprinzip ausgelost wurden. Beobachtungstage, an denen nur zwei oder weniger Kälber in einer Versuchseinheit standen, wurden nicht ausgewertet.

Die Versuchsgruppe mit dem ersten unbehandelten Netz war an fünf von acht Beobachtungstagen ausreichend besetzt, so dass hier das Abwehrverhalten von jeweils vier Kälbern pro Versuchseinheit analysiert werden konnte. Bei der Versuchsgruppe mit dem zweiten unbehandelten Netz gab es keine Einschränkungen. Die statistische Prüfung erfolgte nach Friedman und Wilcoxon.

Bei der Analyse des Muscidenbefalls der beobachteten Kälber wurde für jeden Zeitpunkt (morgens, mittags, abends) anhand der dokumentierten Befallskategorien (siehe Abschnitt 3.5.1.4) die mittlere geschätzte Fliegenanzahl pro Tier ermittelt. Die ermittelten Durchschnittswerte liessen die Einordnung in folgende Fliegenkategorien zu:

Kategorie 1 → 0 bis 1 Muscide

Kategorie 2 → 3 bis 5 Musciden

Kategorie 3 → 6 bis 12 Musciden

Kategorie 4 → 13 bis 16 Musciden

Kategorie 5 → 18 Musciden

Die Häufigkeit der Befallskategorien in den einzelnen Versuchseinheiten wurde ebenfalls mit Friedman und Wilcoxon auf statistische signifikante Zusammenhänge im Hinblick auf die Vernetzungsart überprüft.

Für die Bewertung der Gewichtsentwicklung der Kälber in Abhängigkeit der jeweiligen Versuchseinheit wurde mit dem Programm SPSS 12.0 die univariate Varianzanalyse mit der täglichen Gewichtszunahme in Gramm als abhängige Variable durchgeführt.

Bei der Auswertung der Fliegen-Bioassays sind die Paralysezeiten als Mittelwerte aus drei Testungen und in Diagrammen mit min. und max. Werten dargestellt. Die Zeit bis zur Paralyse ist in Dezimalzahlen angegeben.

Bei der Auswertung der Wetterdaten diente die Rangkorrelation nach Spearman der Prüfung eines möglichen Zusammenhanges zwischen den einzelnen Wetterparametern und den Gnitzenfangzahlen.

Die im Ergebnisteil aufgeführten Graphiken und Tabellen sind mit dem Programm Excel Office 10 erstellt worden.

4. Ergebnisse

4.1 Feldversuche

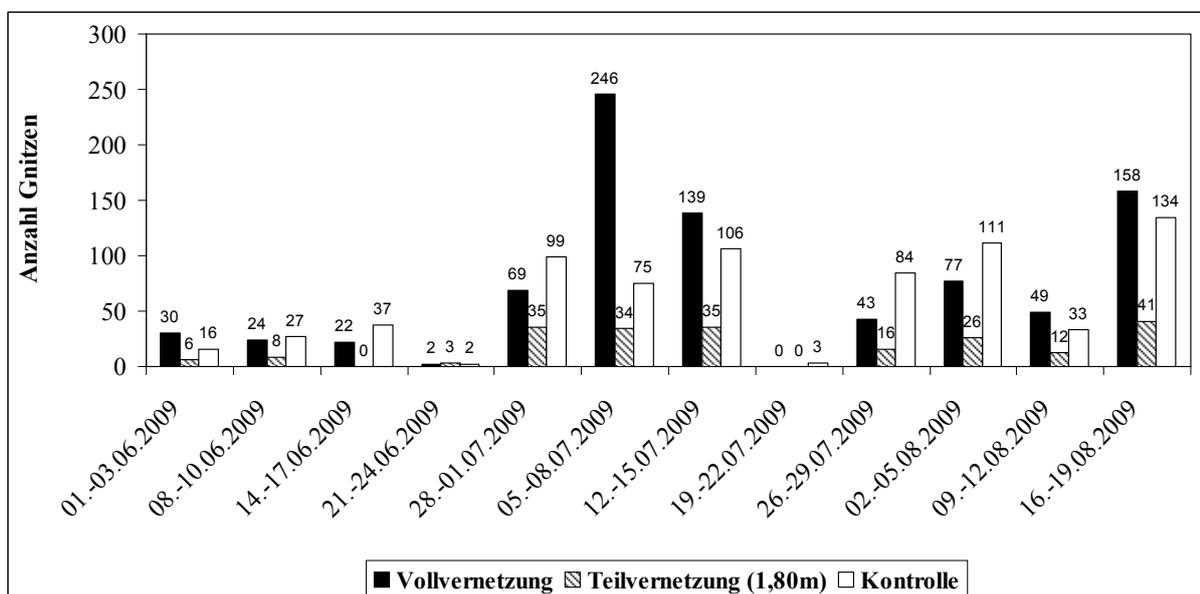
4.1.1 Untersuchungen in Kälbergluhaltung

4.1.1.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze

4.1.1.1.1 Gnitzen

Die Gnitzenzahlen wurden wöchentlich mittels Biogents Sentinel[®] UV-Licht Insektenfallen (Firma Biogents[®], Regensburg, Deutschland) in einem Fangintervall von drei Nächten von Sonntag bis Mittwoch erfasst. Das Monitoring erstreckte sich vom 1. Juni bis zum 19. August 2009.

In den drei Versuchseinheiten wurden in 12 Fangintervallen insgesamt 1802 Gnitzen gefangen. Die Fangzahlen in der vollständig vernetzten Versuchseinheit und in der Kontrolle stiegen von Ende Juni bis Mitte Juli sowie Mitte August an (Grafik 1). Die Gnitzenfänge in der teilvernetzten Versuchseinheit waren hingegen auch zu diesen Zeiten relativ niedrig (unter 41 Gnitzen).



Grafik 1: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen in Kälbergluh-Versuchseinheiten (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

Insgesamt wurden 859 Gnitzen (47,7%) in der vollständig vernetzten Einheit, 216 Gnitzen (12%) in der teilvernetzten Einheit und 727 Gnitzen (40,3%) in der Kontrolle gefangen.

Die Fangzahlen der Versuchseinheiten unterscheiden sich nach Friedman signifikant voneinander ($p=0,0026$). Zu der statistischen Auswertung ist anzumerken, dass aufgrund der sehr geringen Fangzahlen, die über den gesamten Versuchszeitraum gegeben waren, die Ergebnisse der Statistik nur als Richtwerte betrachtet werden können. Sie sollen vor allem vorhandene Unterschiede zwischen den Versuchseinheiten hervorheben. Jedes Vorliegen einer Signifikanz muss vor dem Hintergrund der begrenzten Datenlage betrachtet werden.

Der Vergleich der wöchentlichen Fangergebnisse zeigte, dass in der vollständig vernetzten Versuchseinheit über den gesamten Versuchszeitraum (außer im vierten Fangintervall) signifikant mehr Gnitzen ($p=0,002$, Wilcoxon) gefangen wurden als in der teilvernetzten Versuchseinheit. Gegenüber der Kontrolle bestand kein signifikanter Unterschied ($p=1,034$, Wilcoxon).

Dagegen zeigte die teilvernetzte Versuchseinheit eine signifikante Reduktion ($p=0,001$, Wilcoxon) gegenüber der Kontrolle, die zwischen 54,7% (05.-08.07.2009) und 100% (14.-17.06./ 19.-22.07.2009) lag. Die durchschnittlichen Reduktion von 73,6% ($s=14,1\%$) war gleichermaßen auch gegenüber der vollständig vernetzten Versuchseinheit gegeben ($p=0,002$, Wilcoxon). Sie schwankte hier zwischen 49,3% (28.06.2009) und einmalig 100% (14.-17.06.2009) ($s=13,1\%$).

Wie bereits unter Abschnitt 3.5.1.3.1 erläutert, wurden die Gnitzen auch auf Blutmahlzeiten untersucht. Insgesamt wurden 89 gesogene Exemplare gefangen. Der größte Anteil mit 68 gesogenen Gnitzen (76,4%) wurde in der vollständig vernetzten Versuchseinheit und der kleinste Anteil mit 3 Exemplaren (1,4%) in der teilvernetzten Versuchseinheit erfasst. Die Kontrolle lag zahlenmäßig zwischen beiden mit 18 gesogenen Gnitzen (20,2%). Während sich der Fang von gesogenen Gnitzen in der teilvernetzten Versuchseinheit auf zwei Fangintervalle beschränkte, wurden sie in den zwei übrigen Versuchseinheiten über den gesamten Versuchszeitraum an unterschiedlichen Fangintervallen gezählt.

Die statistische Analyse der Anzahl gesogener Gnitzen pro Versuchseinheit nach Friedman weist darauf hin, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchseinheiten besteht ($p=0,0102$). Die Signifikanz bestätigt Wilcoxon beim Vergleich von teilvernetzter Versuchseinheit und Kontrolle ($p=0,031$) sowie von beiden vernetzten Versuchseinheiten ($p=0,0156$). Kein signifikanter Unterschied ließ sich zwischen der vollständig vernetzten Versuchseinheit und der Kontrolle nachweisen ($p=0,148$).

Bei der Differenzierung der Gnitzen in Arten und Komplexe hatten die Exemplare aus dem *Obsoletus*-Komplex bei allen Versuchseinheiten einen Gesamtanteil von mindestens 70%. Ein signifikanter Unterschied in der Verteilung der *Obsoletus*-Gnitzen bestand zwischen den vernetzten Versuchseinheiten ($p=0,002$, Wilcoxon) sowie zwischen teilvernetzter Versuchseinheit und Kontrolle ($p=0,0010$, Wilcoxon). In der vollständig vernetzten wurden die meisten (673 Gnitzen) und in der teilvernetzten Versuchseinheit die wenigsten Gnitzen (177) aus diesem Komplex gefangen.

Kein signifikanter Unterschied besteht in der Verteilung der Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex ($p=0,446$, Friedmann), die in den Versuchseinheiten mit weniger als 10% vertreten waren.

Die weder dem *Obsoletus*- noch dem *Pulicaris*-Komplex zugeordneten Gnitzen (“Rest“) machten in allen Versuchseinheiten im Verlauf und insgesamt den zweitgrößten Anteil aus

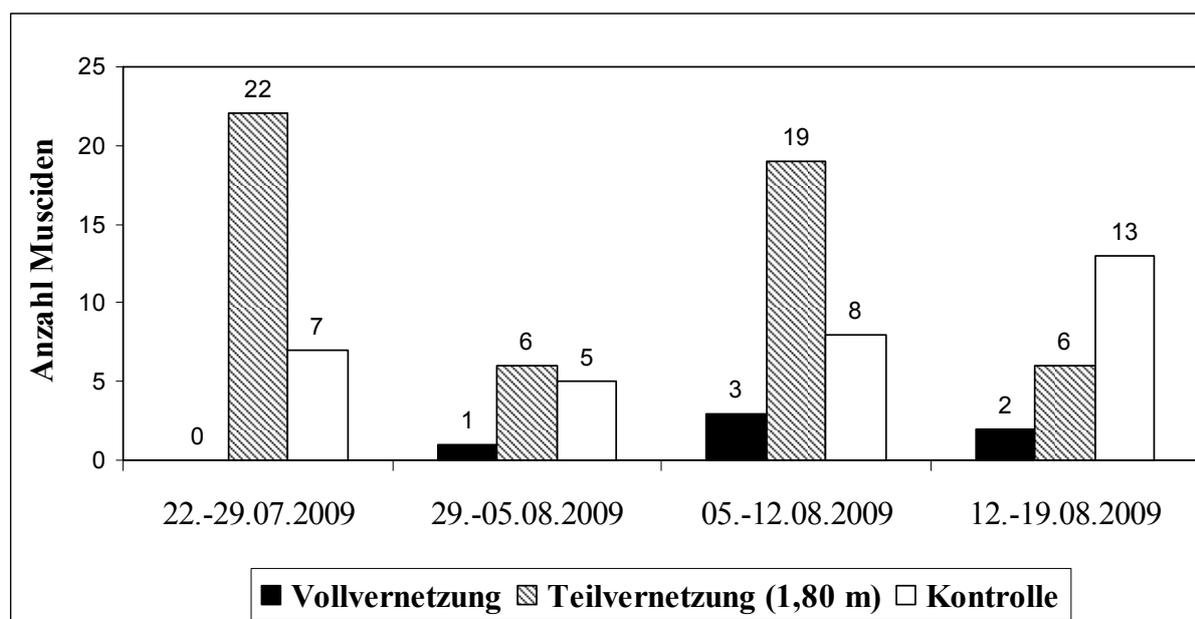
Eine Verschiebung der Fangzusammensetzung im zeitlichen Verlauf konnte nicht beobachtet werden.

4.1.1.1.2 Musciden

Wie bereits unter Punkt 3.5.1.3.2 erläutert, wurde eine Klebstofffalle pro Versuchseinheit ausgebracht, um den Befall von Lästlingsinsekten zu dokumentieren. Im Zeitraum vom 22. Juli bis zum 19. August 2009, in der eine hohe Abundanz zu erwarten war, wurden die Klebstofffallen für jeweils eine Woche belassen.

In den drei Versuchseinheiten wurden insgesamt 92 Fliegen gefangen.

Die Fangzahlen in der teilvernetzten Versuchseinheit waren in den ersten drei Wochen größer als in den anderen beiden Einheiten. In der Kontrolle wurden lediglich in der letzten Versuchswoche (12.-19.08.2009) die meisten Fliegen gefangen. Die Anzahl der Musciden in der vollständig vernetzten Versuchseinheit lag in allen vier Wochen unter der Menge der teilvernetzten Einheit und der Kontrolle (Grafik 2).



Grafik 2: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen pro Klebstofffalle in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

Der größte Anteil von Musciden wurde demnach mit 53 Fliegen (57,6%) in der teilvernetzten Versuchseinheit, der mittlere Anteil mit 33 Fliegen (35,9%) in der Kontrolle und der mit Abstand kleinste Anteil mit 6 Fliegen (6,5%) in der vollständig vernetzten Versuchseinheit gefangen.

Auf eine statistische Auswertung muss aufgrund der zu geringen Anzahl der Werte verzichtet werden.

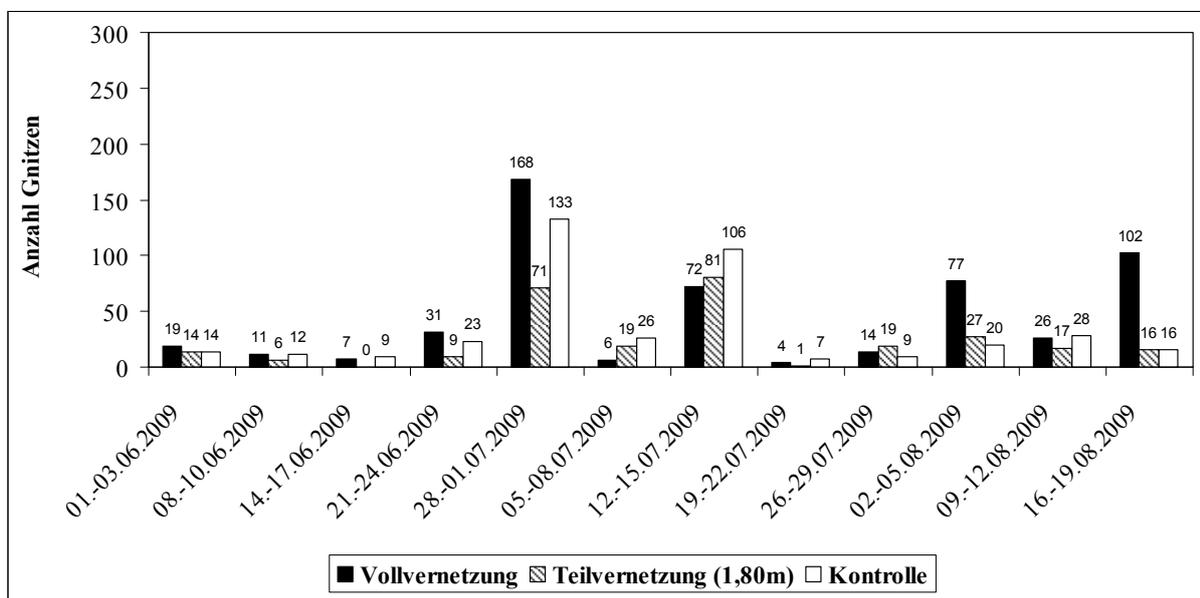
4.1.1.2 Schutz durch unbehandelte Netze

4.1.1.2.1 Gnitzen

Unbehandeltes Polyethylenetz (asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm)

Im Versuchszeitraum wurden insgesamt 1220 Gnitzen in den drei Versuchseinheiten gefangen.

Ein allgemeiner Anstieg der Fangzahlen in allen Versuchseinheiten war Ende Juni/ Anfang Juli sowie Mitte Juli zu verzeichnen (Grafik 3). In der vollständig vernetzten Versuchseinheit stiegen die Fänge nochmals Anfang/ Mitte August



Grafik 3: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen in den Kälberglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

Insgesamt wurden 537 Gnitzen (44%) in der vollständig vernetzten Versuchseinheit gefangen, 280 Gnitzen (23%) in der teilvernetzten Versuchseinheit und 403 Gnitzen (33%) in der Kontrolle

Zwischen den Fangzahlen der Versuchseinheiten bestand kein signifikanter Unterschied ($p=0,095$, Friedmann).

Über den Versuchszeitraum wurden insgesamt 77 gesogene Gnitzen gezählt. Mit 37 Exemplaren (48,1%) wurden die meisten wieder in der vollständig vernetzten Versuchseinheit gefangen. Weitere 29 (37,6%) wurden in der Kontrolle und die kleinste Anzahl mit 11 gesogenen Gnitzen (14,3%) in der teilvernetzten Versuchseinheit erfasst. Zwischen den Fangzahlen von gesogenen Gnitzen in den Versuchseinheiten bestand kein signifikanter Unterschied ($p=0,175$, Friedmann).

Die Differenzierung der Gnitzenfänge zeigte, dass in allen Versuchswochen die meisten Exemplare (mindestens 60%) dem *Obsoletus*-Komplex zugeordnet werden konnten. Dabei waren sie in der vollständig vernetzten Versuchseinheit (94%) signifikant häufiger als in der teilvernetzten Versuchseinheit (80%) zu finden ($p=0,0269$, Wilcoxon).

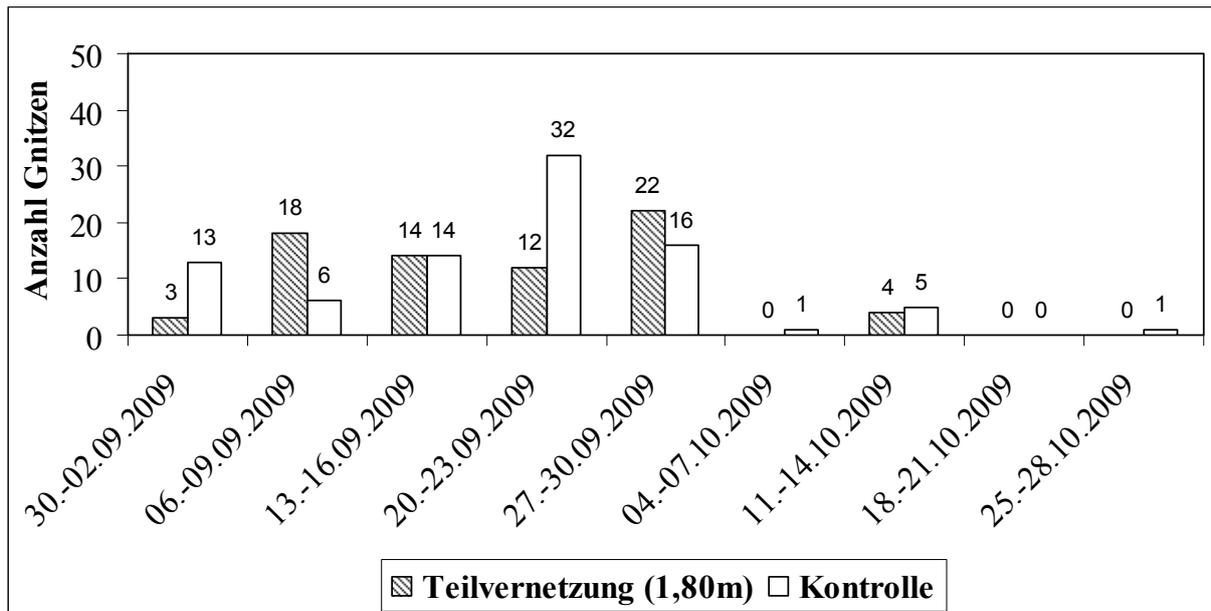
Die Verteilung der Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex war zwischen der vollständig vernetzten Versuchseinheit (4%) und der Kontrolle (10,5%) signifikant ($p=0,031$, Wilcoxon).

Eine Verschiebung der Fangzusammensetzung in den einzelnen Versuchswochen war auch hier nicht zu beobachten.

Unbehandeltes Textilnetz (gleichmäßige Maschenweite <1mm)

Das entomologische Monitoring des in der zweiten Versuchshälfte eingesetzten Netzes erstreckte sich vom 30. August bis zum 28. Oktober 2009. Wie bereits unter Punkt 3.5.1.2. erläutert wurde dieses Netz nur in einer teilvernetzten Ausbringung getestet.

Insgesamt wurden in neun Fangintervallen 161 Gnitzen gefangen. Die Fangzahlen blieben über dem gesamten Versuchszeitraum sowohl in der ausgerüsteten Einheit als auch in der Kontrolle sehr niedrig und lagen weit unter 50 Exemplaren pro Fangperiode (Grafik 4). Lediglich Ende September war ein leichter Anstieg auf 32 Gnitzen in der Kontrolle zu erkennen.



Grafik 4: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

Insgesamt wurden in der teilvernetzten Versuchseinheit 76 Gnitzen (45,4%) und in der Kontrolle 88 Gnitzen (54,6%) gefangen. Zwischen den Versuchseinheiten wurde keine Signifikanz nachgewiesen ($p=0,578$, Wilcoxon).

Gesogene Exemplare wurden in dem Versuchszeitraum nicht gefangen.

Von dem Gesamtfang konnten über 60% in der Kontrolle sowie in der teilvernetzten Versuchseinheit über 80% der Gnitzen dem *Obsoletus*-Komplex zugeordnet werden. Die Gnitzen vom *Pulicaris*-Komplex waren in der Kontrolle maximal zu 25%, in der teilvernetzten Versuchseinheit zu 9,6% vertreten. Der "Rest" machte in beiden Versuchseinheiten den kleinsten Anteil (<10%) aus.

Zwischen der Teilvernetzung und der Kontrolle bestand nach Wilcoxon kein signifikanter Unterschied in der Verteilung beider Spezies ($p=1,000$ für *Obsoletus* und $p=1,563$ für *Pulicaris*).

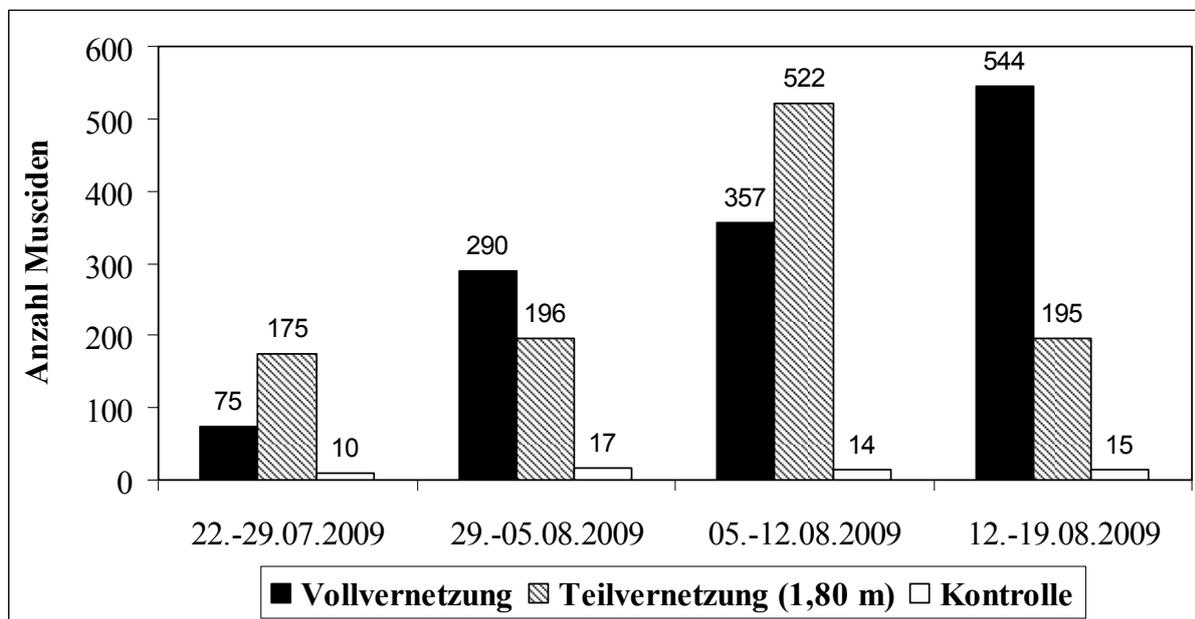
4.1.1.2.2 Musciden

Unbehandeltes Polyethylenetz (asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm)

Über den vierwöchigen Versuchszeitraum wurden in den drei Versuchseinheiten insgesamt 2410 Fliegen mit Klebstofffallen gefangen.

In der teil- und vollständig vernetzten Versuchseinheit stiegen die Fangzahlen kontinuierlich an (>500 Fliegen), wohingegen die Zahlen in der Kontrolle auf einem relativ niedrigen Niveau blieben (Grafik 5).

Im Verlauf wurden abwechselnd in der vollständig- oder teilvernetzten Versuchseinheit die meisten Musciden gefangen. Das Maximum (544) wurde in der letzten Woche in der komplett vernetzten Versuchseinheit erfasst.



Grafik 5: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen pro Klebstofffalle in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

Insgesamt wurden in der vollständig vernetzten Versuchseinheit 1266 (52,5%), in der teilvernetzten Versuchseinheit 1088 (45,2%) und in der Kontrolle 56 Musciden (2,3%) gefangen.

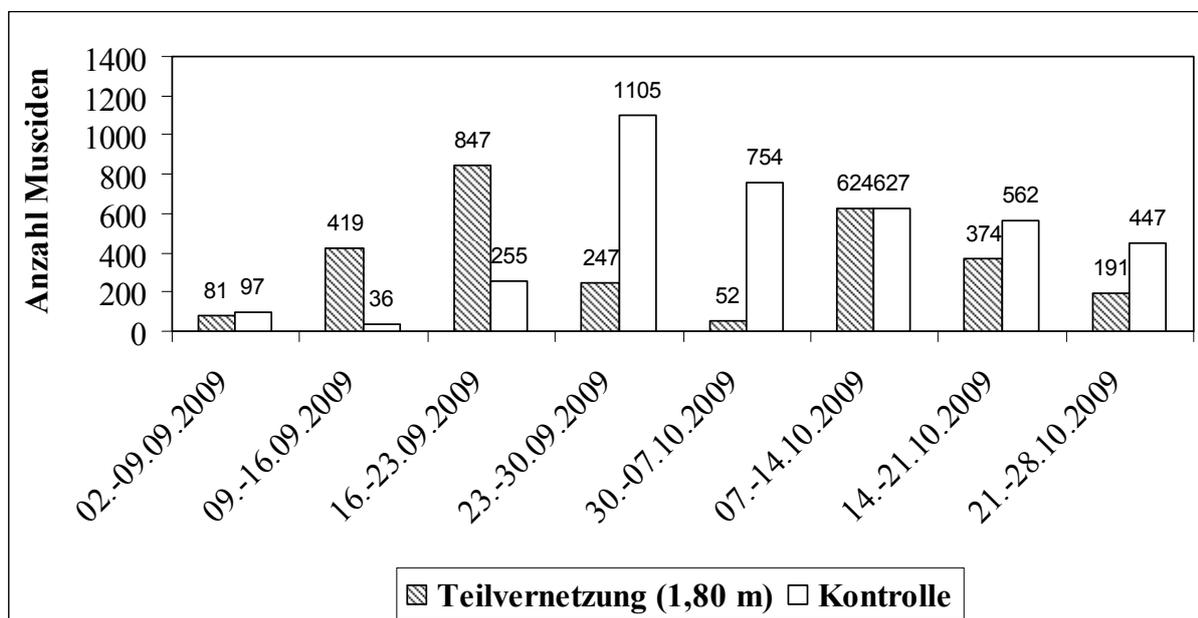
Auch hier konnte aufgrund der zu geringen Datenmenge keine statistische Analyse durchgeführt werden.

Unbehandeltes Textilnetz (gleichmäßige Maschenweite <1mm)

Der Zeitraum des entomologischen Monitorings erstreckte sich vom 02. September bis zum 28. Oktober 2009.

Insgesamt wurden 6718 Musciden gefangen. Es zeigte sich ein allgemeiner Anstieg der Fangzahlen mit einem Maximum von 1105 Musciden in der Kontrolle Ende September (Grafik 6). Ab Anfang Oktober fielen die Fangzahlen bis zum Versucheende wieder kontinuierlich ab.

Vom Gesamtfang wurden insgesamt 3883 (57,8%) in der Kontrolle und 2835 Musciden (42,2%) in der teilvernetzten Versuchseinheit gefangen. Nach Wilcoxon bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Versuchseinheiten ($p=0,3828$).



Grafik 6: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen pro Klebstofffalle in den Kälberiglu-Versuchseinheiten (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

4.1.1.3 Abwehrverhalten Kälber

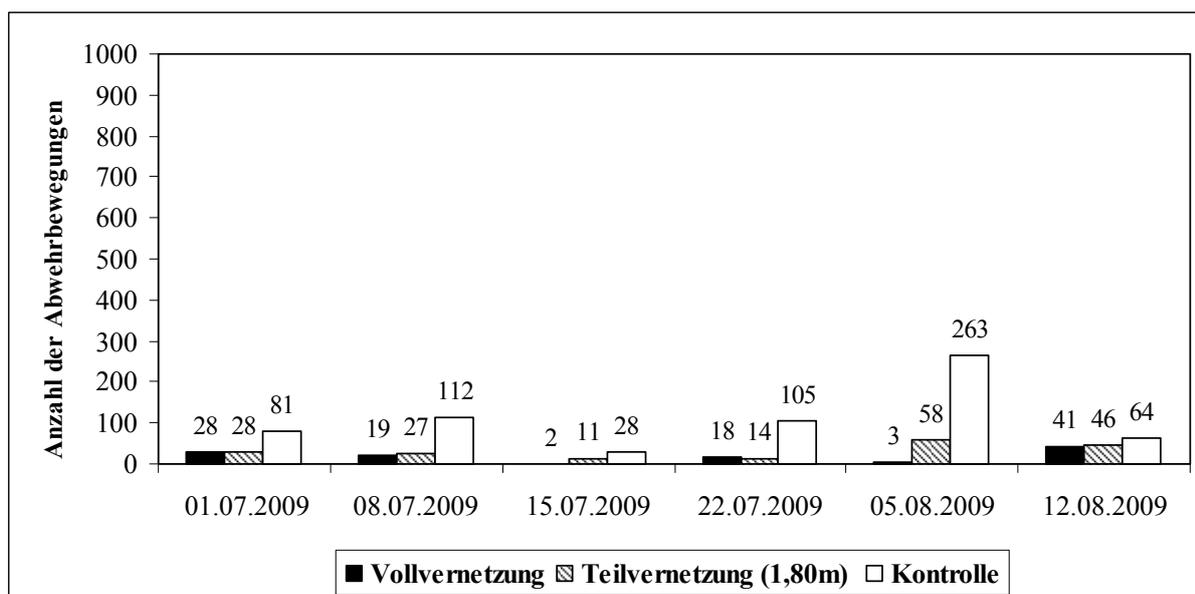
4.1.1.3.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze

In dieser Versuchsgruppe wurden an den 6 zur Auswertung herangezogenen Beobachtungstagen (01.07.-19.08.2009) insgesamt 948 Abwehrbewegungen gezählt.

Die Anzahl der Abwehrbewegungen an den einzelnen Beobachtungstagen wird in Grafik 7 dargestellt.

In der Kontrolle wurde die größte Anzahl mit insgesamt 653 (69%) Abwehrbewegungen erfasst. In der teilvernetzten Versuchseinheit wurden 184 (19%) sowie in der komplett vernetzten Versuchseinheit 111 (12%) Abwehrbewegungen ermittelt.

Die statistische Prüfung nach Wilcoxon zeigte, dass die unterschiedliche Anzahl der Abwehrbewegungen sowohl bei der komplett vernetzten Versuchseinheiten als auch bei der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit gegenüber der Kontrolle signifikant war ($p=0,0008$ und $p=0,013$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden vernetzten Versuchseinheiten bestand nicht ($p=0,2916$, Wilcoxon).



Grafik 7: Vergleichende Darstellung der Abwehrbewegungen von jeweils 3 Kälbern pro Versuchseinheit (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm). Jedes Kalb wurde pro Beobachtungstag mittags, nachmittags und abends für jeweils 10 Minuten beobachtet. Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).

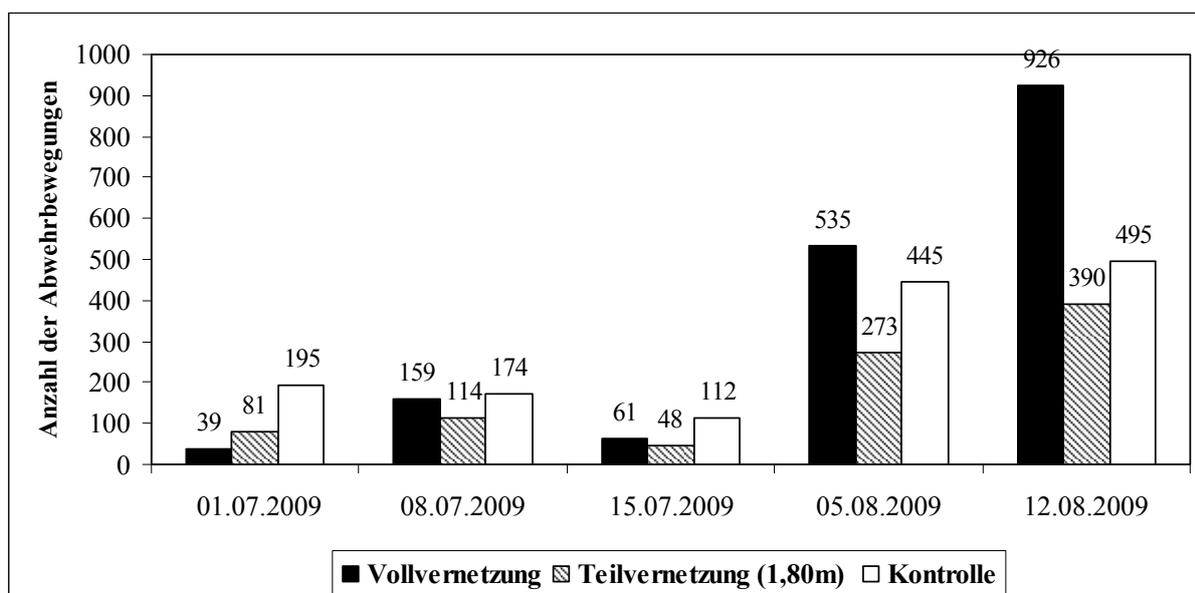
4.1.1.3.2 Schutz durch unbehandelte Netze

Unbehandeltes Polyethylenetz (asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm)

In dieser Versuchsgruppe wurden an den 5 ausgewerteten Beobachtungstagen insgesamt 4047 Abwehrbewegungen erfasst. Ein allgemeiner Anstieg der beobachteten Bewegungen war in allen Versuchseinheiten Anfang und Mitte August zu verzeichnen (Grafik 8).

Den größten Anteil mit insgesamt 1720 (43%) Abwehrbewegungen lieferte die komplett vernetzte Versuchseinheit. In der Kontrolle waren es 1421 (35%) gezählte Bewegungen. Die kleinste Anzahl wurde in der teilvernetzten Versuchseinheit mit 906 (22%) Abwehrbewegungen erfasst.

Die statistische Analyse nach Wilcoxon lieferte signifikante Unterschiede zwischen der teilvernetzten Versuchseinheit und der Kontrolle ($p=0,0004$) sowie der komplett vernetzten Versuchseinheit ($p=0,0067$). Keine Signifikanz ergab sich zwischen der komplett vernetzten Versuchseinheit und der Kontrolle ($p=0,9032$).



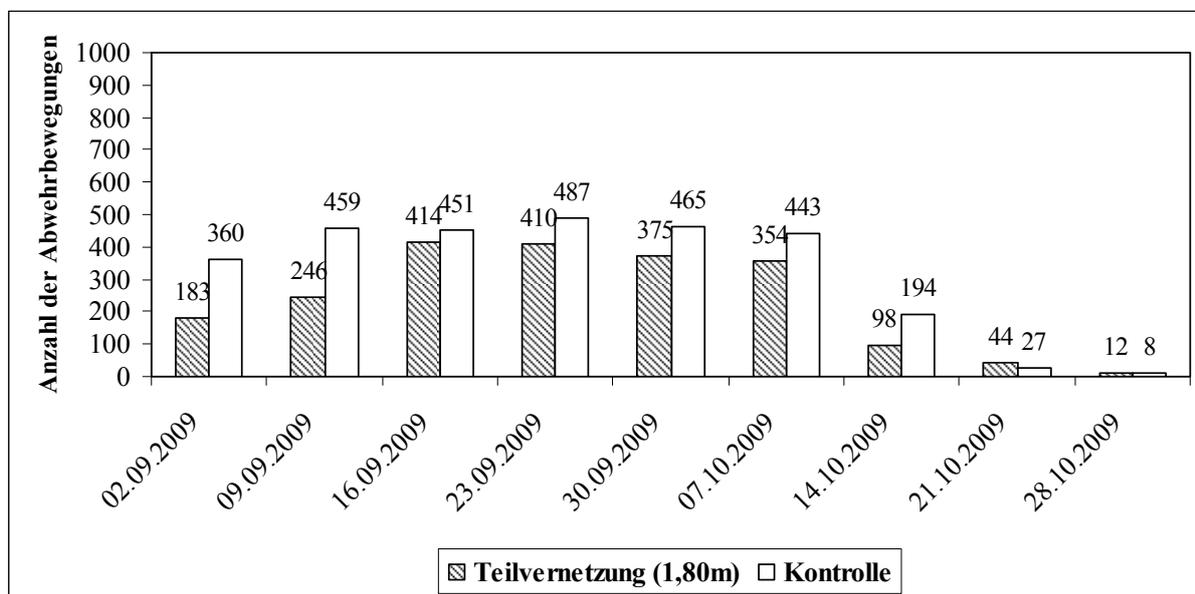
Grafik 8: Vergleichende Darstellung der Abwehrbewegungen von jeweils 4 Kälbern pro Versuchseinheit (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm). Jedes Kalb wurde pro Beobachtungstag mittags, nachmittags und abends für jeweils 10 Minuten beobachtet. Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).

Unbehandeltes Textilnetz (gleichmäßige Maschenweite <1mm)

An den 9 Beobachtungstagen (02.09. bis 28.10.2009) wurden insgesamt 5030 Abwehrbewegungen erfasst. Die wöchentliche Anzahl der Bewegungen für die beiden Versuchseinheiten zeigt Grafik 9.

Von der Gesamtzahl entfielen 2894 (58%) Bewegungen auf die Kontrolle und 2136 (42%) auf die teilvernetzte Versuchseinheit. Letztere konnte zu Beginn der Beobachtungen einen leichten Anstieg verzeichnen, wohingegen die Zahl der Bewegungen in der Kontrolle relativ konstant blieb. In den letzten drei Wochen des Beobachtungszeitraumes kam es in beiden Versuchseinheiten zu einem deutlichen Abfall der registrierten Abwehrbewegungen.

Nach dem statistischen Verfahren nach Wilcoxon war dieser Unterschied signifikant ($p=0,0029$).



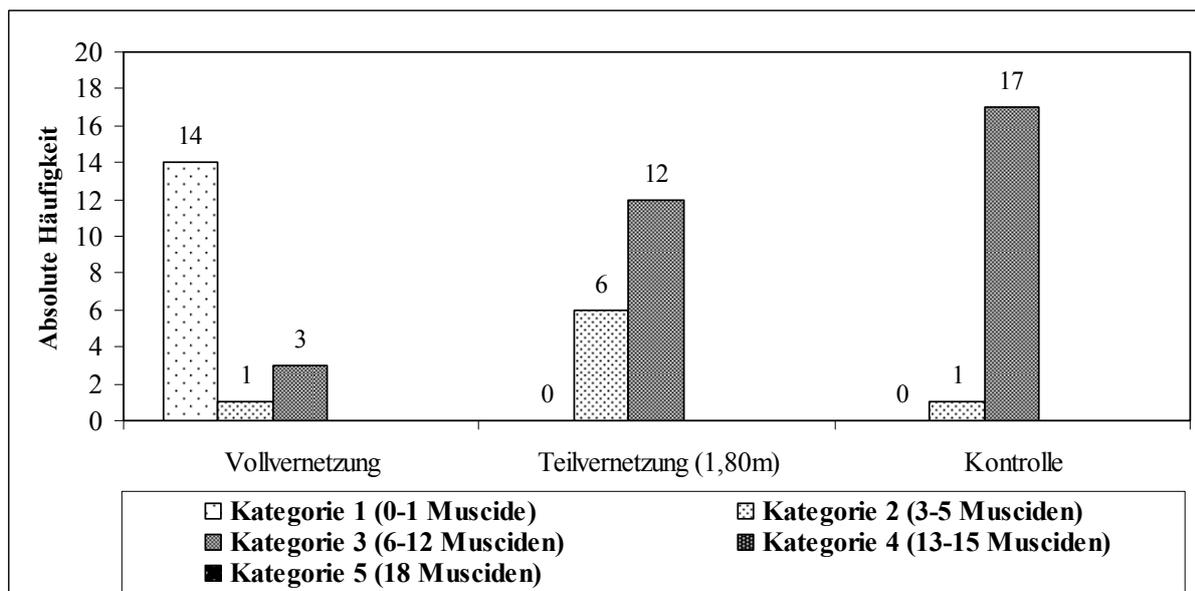
Grafik 9: Vergleichende Darstellung der Abwehrbewegungen von jeweils 4 Kälbern pro Versuchseinheit (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm). Jedes Kalb wurde pro Beobachtungstag mittags, nachmittags und abends für jeweils 10 Minuten beobachtet. Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (02.09.-28.10.2009).

4.1.1.4 Befallsrate der Kälber mit Musciden

4.1.1.4.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze

An den sechs ausgewählten Beobachtungstagen (01.07., 08.07., 15.07., 22.07., 05.08. und 12.08.2009) wurde für die komplett vernetzte Versuchseinheit der geringste durchschnittliche Muscidenbefall dokumentiert (Grafik 10). Hier wurde am häufigsten Kälber mit maximal 1 Musciden (Kategorie 1) beobachtet. In der Kontrolle und in der teilvernetzten Versuchseinheit konnte in den meisten Fällen ein durchschnittlicher Fliegenbefall von 6 bis 12 Musciden (Kategorie 3) aufgezeigt werden. Die Befallskategorien 4 und 5 mit durchschnittlich mehr als 13 Musciden pro Kalb konnte in keiner der drei Versuchseinheiten aufgezeichnet werden.

Die statistische Prüfung nach Friedman zeigte eine Signifikanz ($p < 0,0001$) zwischen den Versuchseinheiten. Laut Wilcoxon bestanden die signifikanten Unterschiede zwischen der komplett vernetzten Versuchseinheit und der Kontrolle sowie der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit ($p < 0,0001$ und $p = 0,0001$). Hingegen unterschieden sich die teilvernetzte Versuchseinheit und die Kontrolle nicht signifikant voneinander ($p = 0,1904$).



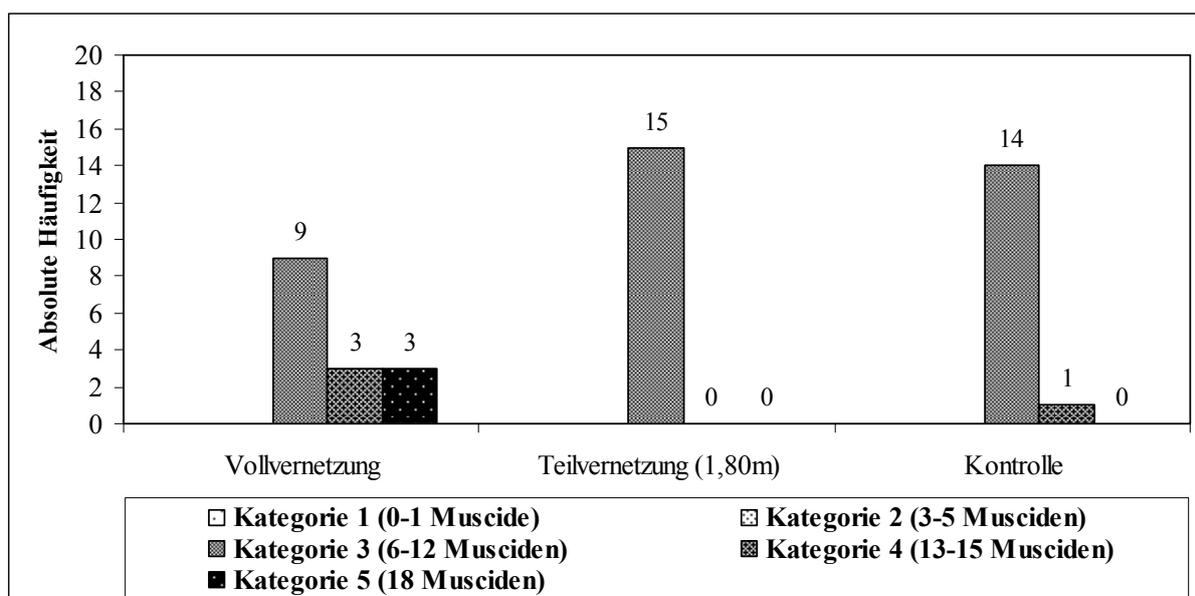
Grafik 10: Vergleichende Darstellung der durchschnittlichen Befallsrate der beobachteten Kälber mit Musciden in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).

4.1.1.4.2 Schutz durch unbehandelte Netze

Unbehandeltes Polyethylenetz (asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm)

Die fünf ausgewählten Beobachtungstage (01.07., 08.07., 15.07., 05.08. und 12.08.2009) mit jeweils vier beobachteten Kälbern pro Versuchseinheit ergaben in der komplett vernetzten Versuchseinheit den höchsten durchschnittlichen Befall der Tiere mit Musciden (Grafik 11). Hier wurden auch Zahlen von durchschnittlich 18 Fliegen pro Kalb (Kategorie 5) dokumentiert. In der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit und in der Kontrolle waren vor allem die mittleren Befallsraten von 6 bis 12 Fliegern (Kategorie 3) vertreten.

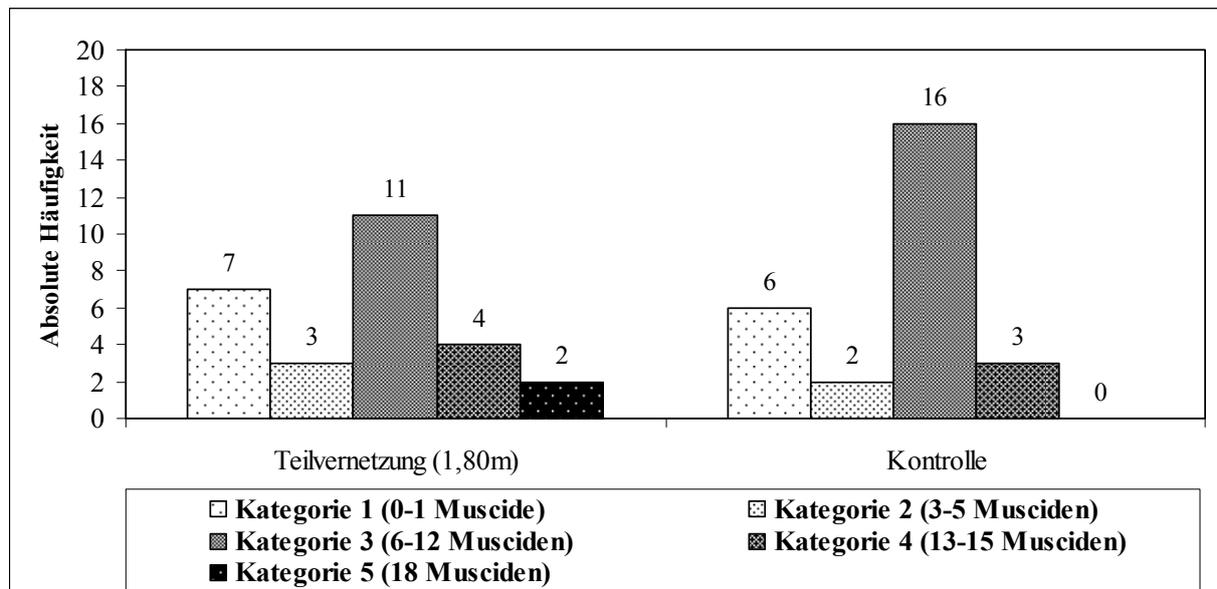
Die statistische Analyse nach Friedman ermittelte einen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchseinheiten ($p=0,0119$), der mit Wilcoxon nur zwischen der komplett vernetzten Versuchseinheit und der Kontrolle bestätigt wurde ($p=0,0469$). Für die Verteilung der Befallsraten zwischen den vernetzten Versuchseinheiten sowie der teilvernetzten Versuchseinheit und der Kontrolle lieferte die statistische Prüfung keine Ergebnisse, da die Unterschiede untereinander nicht groß genug waren.



Grafik 11: Vergleichende Darstellung der Befallsrate der beobachteten Kälber mit Musciden in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.07.-12.08.2009).

Unbehandeltes Textilnetz (gleichmäßige Maschenweite <1mm)

Die Verteilung und absolute Häufigkeit der Befallsraten der Kälber mit Musciden ist in (Grafik 12) dargestellt. Sie zeigten in beiden Versuchseinheiten eine annähernd gleiche Anordnung. Ein signifikanter Unterschied konnte nicht nachgewiesen werden ($p=0,6523$, Wilcoxon).

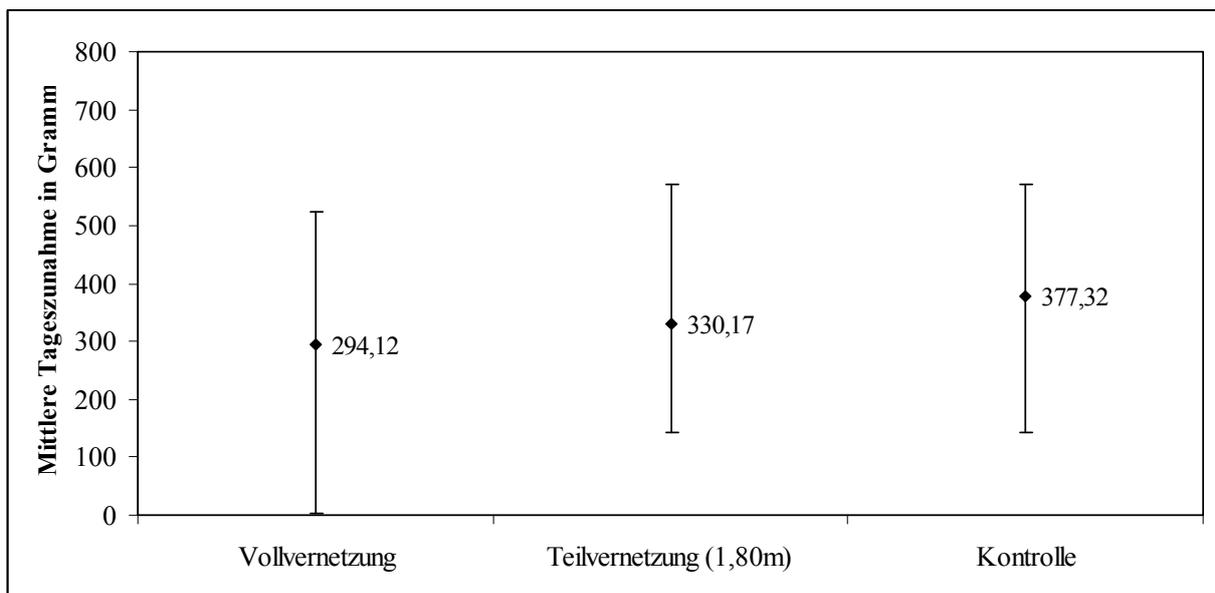


Grafik 12: Vergleichende Darstellung der Befallsrate der beobachteten Kälber mit Musciden in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit unbehandeltem Textilnetz, gleichmäßige Maschenweite <1mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (02.09.-28.10.2009).

4.1.1.5 Gewichtserhebung der Kälber

4.1.1.5.1 Schutz durch insektizidbehandelte Netze

Die durchschnittliche tägliche Zunahme der Kälber betrug in der vollständig vernetzten Versuchseinheit (17 Kälber) 294,12g (s=128,48g), in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit (15 Kälber) 330,17g (s=148,93g) und in der Kontrolle (13 Kälber) 377,32g (s=146,09g) (Grafik 13). Die Ergebnisse waren gegenüber der jeweiligen Versuchseinheit nicht signifikant ($p=0,286$)

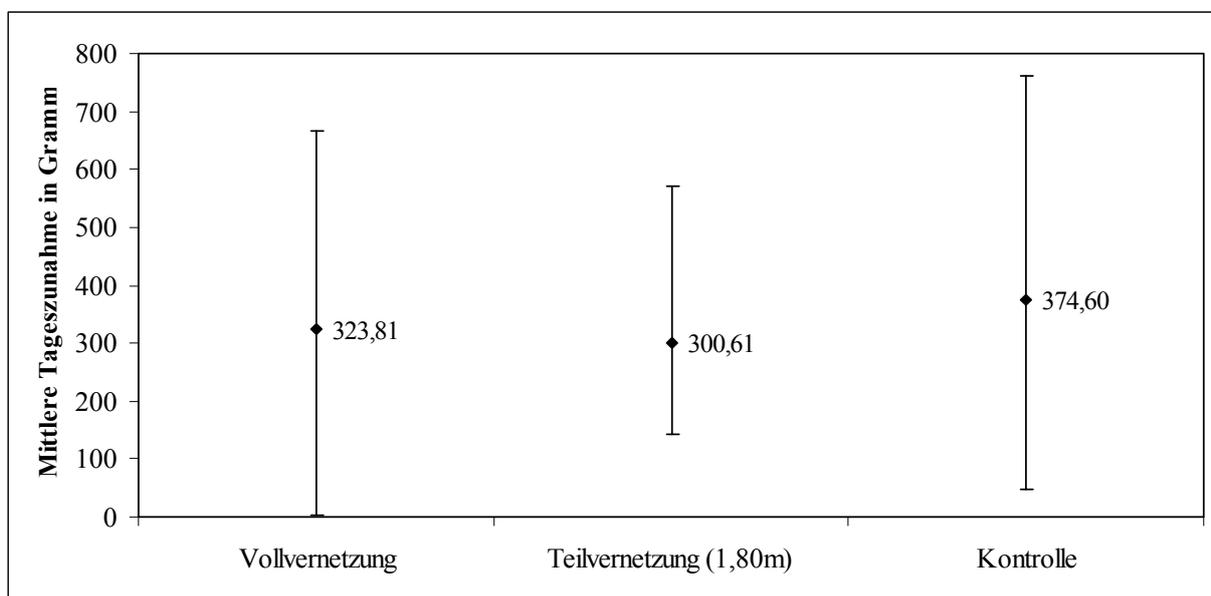


Grafik 13: Minimale, maximale und mittlere Tageszunahmen in Gramm der Kälber in den Iglu-Versuchseinheiten in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-19.08.2009).

4.1.1.5.2 Schutz durch unbehandelte Netze

Die ermittelten täglichen Zunahmen der Kälber dieser Versuchsgruppe zeigten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Versuchseinheiten ($p=0,569$). Für die vollständig vernetzte Versuchseinheit (15 Kälber) ergaben sich durchschnittliche tägliche Zunahmen von 323,81g ($s=233,73g$), für die 1,80m hoch vernetzte Versuchseinheit (16 Kälber) von 300,61g ($s=166,53g$) sowie für die Kontrolle (15 Kälber) von 374,60g ($s=185,19g$) (Grafik 14).

Aufgrund der mangelnden und zum Teil fehlerhaften betriebsbedingten Gewichtserfassung der Kälber im Testungszeitraum des zweiten unbehandelten Netzprototypen konnte hier keine Auswertung erfolgen.



Grafik 14: Minimale, maximale und mittlere Tageszunahmen in Gramm der Kälber in den Iglu-Versuchseinheit in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Vernetzung mit unbehandeltem Polyethylenetz, asymmetrische Maschenweite 0,7-1,2mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-19.08.2009).

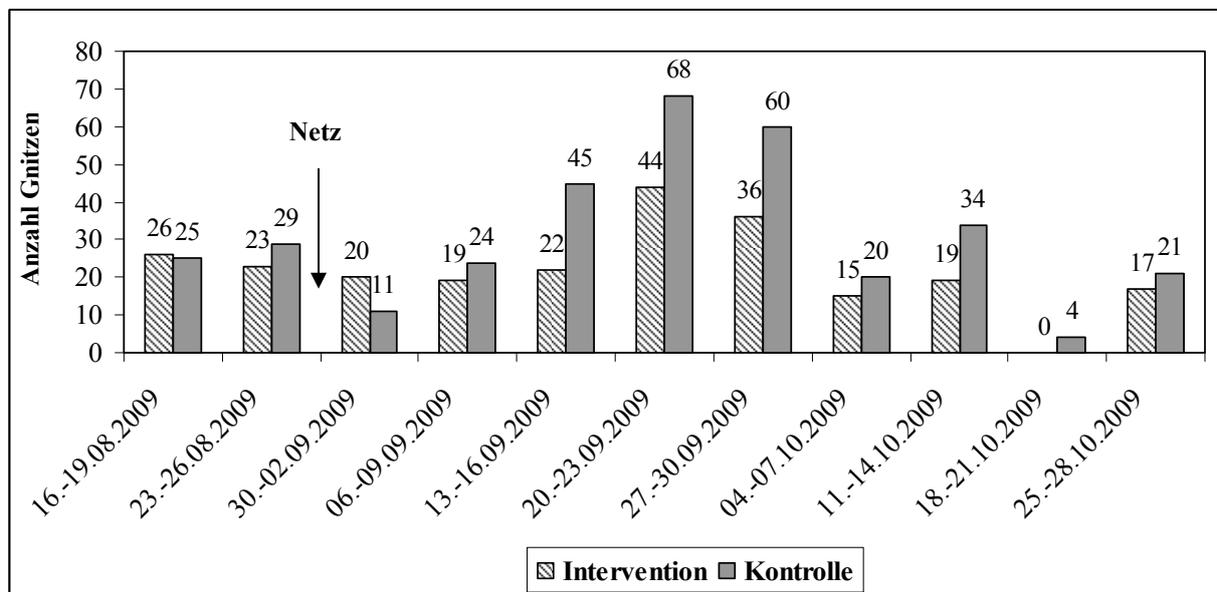
4.1.2 Untersuchungen in Milchviehställen

4.1.2.1 Gnitzen

Der Versuchszeitraum für das Gnitzen-Monitoring der Milchviehställe erstreckte sich vom 16. August bis zum 28. Oktober 2009. In den ersten beiden Wochen erfolgten zwei Nullfänge, die vor Abschluss der Vernetzung des Interventionsstalles (27. August 2009) durchgeführt wurden.

In dem gesamten Versuchszeitraum wurden auf dem Untersuchungsbetrieb insgesamt 582 Gnitzen gefangen.

Die beiden Nullfänge (16.08.-19.08. und 23.-26.08.2009) zeigten vergleichbar kleine Gnitzenzahlen in beiden Ställen (Grafik 15). In der zweiten Septemberhälfte ist ein leichter Anstieg der Fänge zu erkennen, die zu Versuche wieder deutlich abfallen.



Grafik 15: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen im Interventions- und Kontrollstall (freistehende Vernetzung des Interventionsstalles mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetzzaun, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

Nach der Netzausbringung wurden insgesamt 479 Gnitzen gefangen, 287 Exemplare (59,9%) im Kontroll- und 192 Exemplare (40,1%) im Interventionsstall.

Mit Ausnahme der ersten Woche nach Netzausbringung waren gegenüber der Kontrolle im gesamten weiteren Versuchsverlauf reduzierte Gnitzenfangzahlen im Interventionsstall zu verzeichnen. Die signifikante Reduktion schwankte zwischen 19% (25.-28.10.2009) und 51% (13.-16.09.2009) und lag damit bei durchschnittlich 41,9% ($s=24,4\%$; $p=0,0391$, Wilcoxon).

Von insgesamt 71 gesogenen Gnitzen wurden 53 (74,6%) in dem Kontroll- und 18 (25,4%) im Interventionsstall gefangen. In den zwei Wochen des Nullfanges (16.08.-26.08.2009) lag der Anteil der bereits gesogenen Gnitzen bei unter 20% im Kontroll- und unter 15% im Interventionsstall. Im weiteren Verlauf lag der Anteil der gesogenen Gnitzen in der Intervention abgesehen von der sechsten Versuchswoche (20.-23.09.2009) immer unter dem Anteil der Kontrolle. Anfang Oktober wurden keine gesogenen Gnitzen erfasst und Mitte September (13.-16.09.2009) erreichte der Kontrollstall seinen Höchststand von 53,5% und der Interventionsstall seinen höchsten Stand von 19%. Nach dem Maximum fiel der Anteil gesogener Gnitzen auf unter 15% im Kontroll- und unter 10% im Interventionsstall ($p=0,0625$, Wilcoxon).

Von den insgesamt 582 gefangenen Gnitzen gehörten 327 (56,2%) dem *Obsoletus*-Komplex und 225 (38,7%) dem *Pulicaris*-Komplex sowie 30 Exemplare (5,1%) zu den nicht differenzierten Gnitzen. Im Versuchsverlauf schwankte das Gruppenspektrum, wobei die Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex überwogen. Sie waren in der Kontrolle meist zu über 60% und in der Intervention zu über 50% vertreten ($p=0,0117$; Wilcoxon). Mitte September (13.-16.09.2009) gab es in beiden Ställe eine Zunahme der Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex mit einem Anteil von über 80%. Gleiche Anteile von Gnitzen aus dem *Pulicaris*- und *Obsoletus*-Komplex gab es in der zweiten Septemberhälfte (20.-23.09.2009) im Kontroll- und in den ersten zwei Oktoberwochen (4.-14.10.2009) im Interventionsstall. Die Verteilung der Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex zeigten keinen signifikanten Unterschied ($p=0,6406$, Wilcoxon), sie waren in beiden Ställen insgesamt gleich stark vertreten.

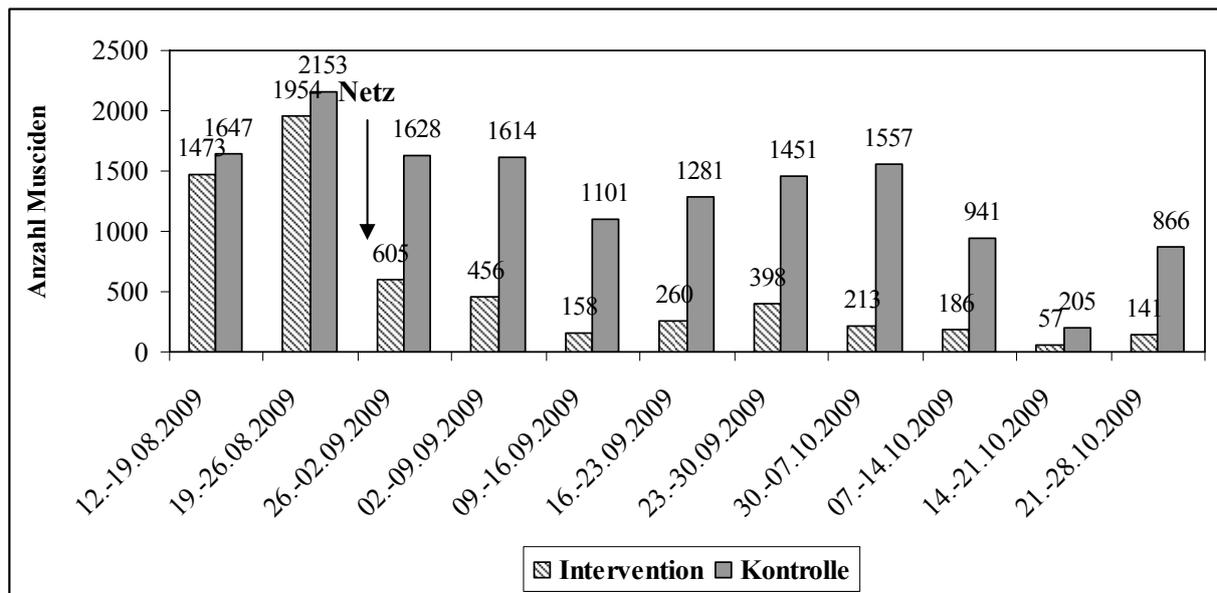
4.1.2.1 Musciden

Das Monitoring der Musciden erstreckte sich über den Zeitraum vom 12. August bis zum 28. Oktober 2009. Auch hier wurden vor Netzausbringung zwei Nullfänge durchgeführt. Insgesamt wurden in diesen 11 Versuchswochen in beiden Ställen 20345 Musciden gefangen.

In den ersten zwei Wochen, also noch vor Ausbringung des Netzes konnten bis zu 4107 Musciden (19.-26.08.2009) erfasst werden. Im Vergleich zum Interventionsstall sind in den Nullfängen des Kontrollstalls circa 10 % mehr Musciden gefangen worden.

In den neun Versuchswochen nach Netzausbringung wurden insgesamt 13118 Musciden gefangen. Davon wiederum wurden 10644 (81,1%) im Kontroll- und 2474 Musciden (18,9%) im Interventionsstall registriert.

Bereits in der ersten Woche nach Aufstellung des Netzzaunes war ein deutlicher Einbruch in der Muscidenpopulation des Interventionsstalls zu erkennen (Grafik 16). In allen folgenden Versuchswochen lagen die Muscidenfangzahlen deutlich unter denen im Kontrollstall. Die signifikante Reduktion belief sich in der ersten Woche nach Netzausbringung auf über 60% und in den restlichen Versuchswochen auf über 70%, also auf durchschnittlich 77,2% ($s=7,2\%$; $p=0,0039$, Wilcoxon).



Grafik 16: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Muscidenfangzahlen im Interventions- und Kontrollstall (freistehende Vernetzung des Interventionsstalles mit Deltamethrinhaltigem Polyesternetzzaun, Maschenweite 1,6 x 1,7mm); Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009.

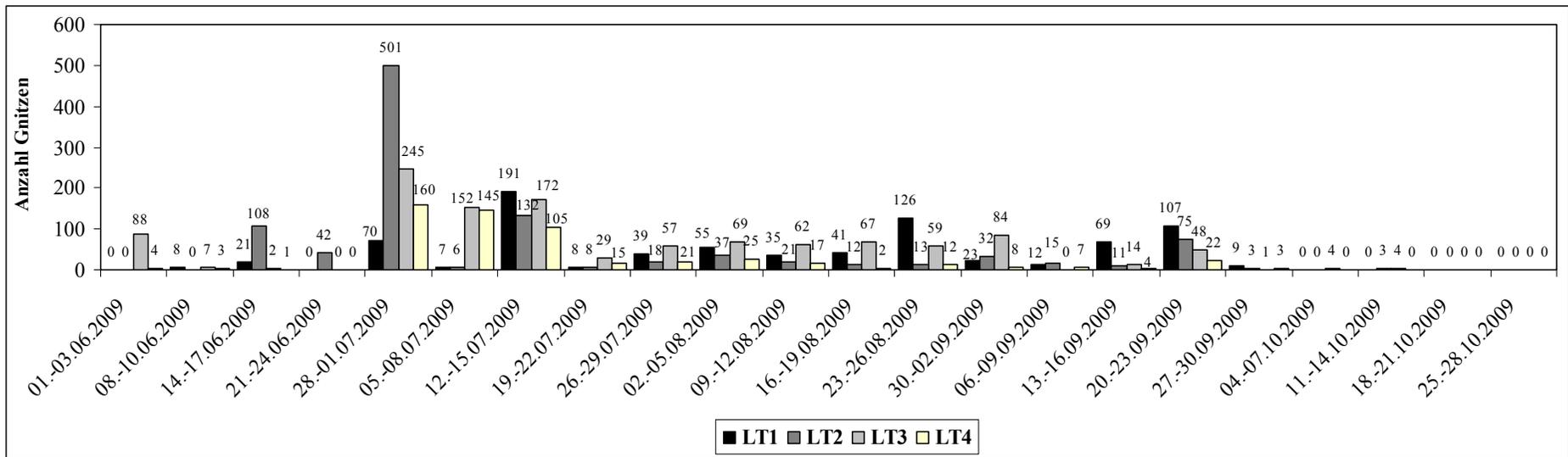
4.1.3 Entomologische Untersuchungen im Umfeld der Versuchseinheiten

Mit UV-Lichtfallen an vier verschiedenen Außenstandorten wurde in der Zeit vom 1. Juni bis zum 28. Oktober 2009 (22 Versuchswochen) die Gnitenabundanz im Umfeld der Versuchseinheiten untersucht.

Der Gesamtfang belief sich auf 3576 Gniten. Die höchsten Fangergebnisse waren von Ende Juni bis Mitte Juli zu verzeichnen (Grafik 17). In dieser Zeit lag das Maximum von insgesamt 976 Gniten. In den Fangwochen davor und danach wurden in allen vier Fallen zusammen weniger als 300 Gniten gefangen.

Vom Gesamtfang wurden 1164 (32,5%) in der dritten Außenfalle (LT3, am Güllebecken) gefangen, 1037 (29%) in der zweiten Außenfalle (LT2, Pferdeweide), 821 (23%) in der ersten Außenfalle (LT1, Wald) und 554 Gniten (15,5%) in der vierten Außenfalle (LT4, Randbereich des Betriebes nahe Rückseite des Interventionsstalles) gezählt.

Zwischen den Fängen der Außenfallen LT2 und LT4 ($p=0,0321$, Wilcoxon) sowie LT3 und LT4 ($p=0,0005$, Wilcoxon) war der Unterschied signifikant.



Grafik 17: Vergleichende Darstellung der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen (LT1-LT4, BG-Sentinel UV-Lichtfallen) auf dem Betriebsgelände und der Umgebung der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-28.10.2009).

Bei der Differenzierung der Gnitzen in Arten und Komplexe konnte eine z. T. unterschiedliche Zusammensetzung in den einzelnen Fallen festgestellt werden.

Die Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex wurden überwiegend in der ersten Außenfalle im Wald gefangen. In den ersten Wochen lag ihr Anteil bei über 60% bis 100%. In den übrigen Außenfallen machten diese Gnitzen nur den geringeren Anteil aus. Sie variierten in den einzelnen Fangwochen stark zwischen 10% und 80%. Nach Wilcoxon ist der Unterschied der Fänge aus dem *Obsoletus*-Komplex zwischen den Außenfallen LT1 und LT4 ($p=0,0055$), LT3 und LT4 ($p=0,0044$) sowie bei LT2 und LT4 ($p=0,0295$) signifikant.

Die Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex waren in allen Fallen die Minderheit und zeigten sich am Gesamtfang anteilig allgemein unter 15%. Erst in den letzten Versuchswochen waren sie häufiger vertreten. Bezogen auf alle gefangenen *Pulicaris*-Gnitzen wurden signifikant mehr in der ersten und weniger in der vierten Außenfalle erfasst ($p=0,0085$, Wilcoxon).

Die Gnitzen, die dem "Rest" zugeordnet werden mussten, machten vor allem in der vierten Falle den größten Anteil aus (71%). Auch in der zweiten und dritten Falle überwog insgesamt die Zahl der restlichen Gnitzen, aber in den einzelnen Versuchswochen variierte die Dominanz mit den Exemplaren aus dem *Obsoletus*-Komplex.

Auch die Gnitzen, die in den Außenfallen gefangen wurden, wurden auf Blutmahlzeiten untersucht. Vom Gesamtfang hatten nur 3,5% gesogen (98 von 2813 gefangenen weiblichen Gnitzen). Die meisten gesogenen Gnitzen wurden in der Außenfalle LT 2 mit 38 Exemplaren (38,8%), dicht gefolgt von der Falle LT3 mit 37 Exemplaren (37,8%) gefangen. Die Falle LT1 lieferte 17 (17,3%) sowie die Falle LT4 nur 6 gesogene Gnitzen (6,1%). Die statistische Analyse nach Friedman konnte keine Signifikanz nachweisen ($p=0,3059$).

4.2 Laborarbeiten

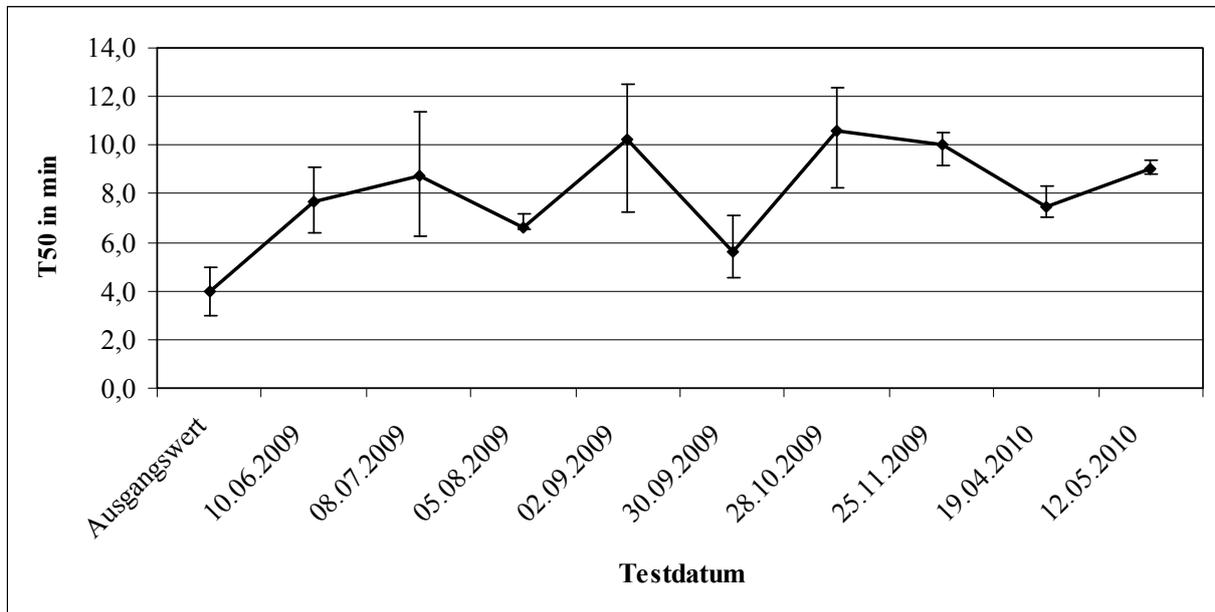
4.2.1 Bewertung der bioziden Wirksamkeit

Die Bewertung der bioziden Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes erfolgte durch den Bioassay mit Fliegen (*M. domestica*). Es wurden zu Beginn und in monatlichen Abständen nach Ausbringung auf dem Untersuchungsbetrieb Netzproben an drei verschiedenen Lokalisationen entnommen (siehe auch Abschnitt 3.6.1.1). Es erfolgte eine dreimalige Überprüfung jeder Netzprobe. Für die Beurteilung diente der T50-Wert.

Für die voll- und teilvernetzten Versuchseinheiten des Kälber-Iglu-Versuchs wurde die Netzrolle 1 verarbeitet. Ein Abschnitt dieser Netzrolle diente zudem den weiteren Folgetestungen, deren Ergebnisse unter Punkt 4.2.1.2 dargestellt werden.

Der T50-Wert der Ausgangstestung lag bei durchschnittlich 4min ($s=0,68$ min) (Grafik 18).

Für die Vernetzung des Interventionsstalle standen die Netzrollen 6 und 7 zur Verfügung. Der T50-Wert lag für die Rolle 6 bei durchschnittlich 4,8min ($s=0,69\text{min}$) und für Rolle 7 bei 4,1min ($s=0,73\text{min}$).



Grafik 18: T50-Werte nach Exposition von sensiblen Testfliegen (*M. domestica*) für 10 Sekunden in der Testbox[®], ausgekleidet mit Deltamethrinhaltigen Polysternetzproben. Die Netzproben wurden vor Ausbringung im Mai 2009 (Ausgangswert) und in monatlichen Abständen bzw. bis zu 12 Monate nach Ausbringung auf der Milchviehanlage in Lögow getestet.

In den ersten zwei Monaten nach Ausbringung stieg der T50-Wert zunächst auf durchschnittlich 8,7min an und fiel im Folgemonat auf 6,6min wieder ab (Grafik 18, Tabelle 3). Ende September näherte sich der T50-Wert dem Ausgangswert von 4min. Maximale T50-Werte von knapp über 10min wurden Anfang September sowie Ende Oktober und November erreicht.

Im April 2010, d.h. 11 Monate nach Ausbringung im Feld, lag der T50-Wert 3min unter der im November 2009 gemessenen Zeit. Die Testung der letzten Netzprobe (12.05.2010), die bereits 12 Monate den Witterungseinflüssen der einzelnen Jahreszeiten ausgesetzt war, ergab einen T50-Wert von 9min. Im Vergleich zum Ausgangswert hat sich der T50-Wert demnach etwas mehr als verdoppelt.

Die Netzproben vom 10. Juni, 5. August sowie 2. September 2009 erreichten bei 99% aller Fliegen eine 24 Stunden anhaltende Paralyse. Bei allen übrigen Netzproben in 2009 und 2010, inklusive der zuletzt getesteten Probe, lag die Paralyserate nach dieser Zeit bei 100%. Die bis 6 Stunden anhaltende Paralyse war bei allen getesteten Netzproben zu 100% gegeben.

4. Ergebnisse

Wie bereits unter Punkt 3.6.1.1 erläutert wurden die beiden Netzproben aus 2010 vor und nach Reinigung mit Leitungswasser getestet. Für die gewaschene Netzprobe von April 2010 ergab sich ein T50-Wert von 8,2min ($s=0,6\text{min}$) mit 100%iger Paralyse der Fliegen nach 6 und 24 Stunden.

Der T50-Wert der Mai- Probe von 2010, die intensiver gereinigt wurde als die vorherige Probe, lag bei 23,7min ($s=5,18\text{min}$). Die Paralyserate nach 24 Stunden betrug nur noch 47%.

Tabelle 3: Mittlere T50-Werte im Fliegen-Bioassay mit monatlich entnommenen Netzproben, Milchviehanlage Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009/2010.

	Ausgangswert*	10.06.09	08.07.09	05.08.09	02.09.09	30.09.09	28.10.09	25.11.09	19.04.10	12.05.10
T50	4	7,7	8,7	6,6	10,2	5,6	10,6	10,1	7,4	9
s	0,68	0,89	1,6	0,22	2,24	0,87	1,46	0,74	0,6	0,48

*Ausgangswert wurde vor Netzausbringung im Mai 2009 erhoben

T50: Zeitpunkt, an dem 50% der Testfliegen paralysiert waren, Angaben in min

s: Standardabweichung in min

4.3 Wetterdaten

Auf dem Untersuchungsbetrieb in Lögow waren während der gesamten Untersuchungen zwei Wetterstationen aufgestellt. Jeweils eine Station befand sich in der unmittelbaren Umgebung der beiden Kälber-Versuchsgruppen. Die Wetterstation nahe der Kälber-Versuchsgruppe, die mit dem insektizidbehandelten Netz ausgerüstet wurde, wurde in der zweiten Versuchshälfte an die Rückseite des Interventionsstalls umgesetzt (siehe auch 3.7).

Es wurden stündlich die Daten für Temperatur, Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Windgeschwindigkeit erhoben. So sollte eine möglichst genaue Darstellung zur Wetterlage vor Ort gegeben werden können.

Insgesamt war das Jahr 2009 deutlich wärmer als in der klimatologischen Referenzperiode 1961 bis 1990 (Deutscher Wetterdienst, 2009) und das fünftwärmste Jahr seit 1850 (Welt Online, 2009).

Für beide Wetterstationen bzw. für alle drei Standorte wurden die wöchentlichen Mittelwerte getrennt ausgewertet. Die durchschnittlichen Temperaturen, gemessen für den Standort der Kälber-Versuchsgruppe mit dem insektizidbehandelten Netz, lagen in dem Versuchszeitraum (01.06.-22.08.2009) zwischen 13,4°C und 21,5°C, d.h. bei durchschnittlich 17,6°C. Die relative Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 62,5% und 75,7% und lag im Mittel bei 68,7%.

Der Niederschlag blieb über die gesamte Zeit sehr niedrig bei weniger als 1mm. Die durchschnittliche wöchentliche Niederschlagshöhe war 0,06mm und pendelte zwischen 0,00mm und 0,16mm. Für die Windgeschwindigkeit ergaben sich Werte von 1,4km/h bis 11,9km/h. Das ergibt für die 12 Versuchswochen eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 6,8km/h.

Der durchschnittliche mittlere Luftdruck lag bei 1009,3hPa.

Die Daten der Wetterstation nahe der Versuchsgruppe mit dem unbehandelten Netz stimmten weitgehend mit den Werten der zweiten Station überein und werden deshalb nicht noch einmal im Einzelnen aufgeführt. Lediglich die für den dreimonatigen Versuchsverlauf errechneten Durchschnittswerte von Temperatur und Windgeschwindigkeit wichen geringgradig ab. Die ermittelte Temperatur lag insgesamt um einen halben Grad höher bei 18,1°C bzw. die Windgeschwindigkeit zeigte sich geringer bei 6km/h.

Die zu Beginn genannten Parameter wurden von dieser Wetterstation auch im Testungszeitraum des zweiten unbehandelten Netzes (30.08.-31.10.2009) ermittelt. Die Temperaturen zeigten jahreszeitlich bedingt große Schwankungen. Die mittlere wöchentliche Temperatur lag zwischen minimal 5,9°C und maximal 16,8°C und somit bei durchschnittlich 14,1°C.

Die relative Luftfeuchtigkeit pendelte zwischen 62,1% und 77,7%, was eine durchschnittliche Luftfeuchtigkeit von 69,7% ergibt.

Die Niederschlagshöhe war gering und schwankte nur wenig zwischen keinem und 0,31mm Niederschlag pro Woche. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge lag damit bei 0,06mm.

Für die mittlere Windgeschwindigkeit wurden Werte zwischen 0,6km/h und 3,9km/h gemessen. Das ergab eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 2,6km/h.

Der durchschnittliche mittlere Luftdruck lag bei 1010,6 hPa.

Die Daten der Wetterstation in unmittelbarer Nähe zum Interventionsstall wurden in dem Versuchszeitraum vom 16.08. bis zum 31.10.2009 erhoben. Die wöchentlichen Mittelwerte der Temperatur pendelten ebenfalls von 5,9°C bis aber zu 20,4°C. Der hierfür errechnete Durchschnittswert lag dann bei 13,6°C.

Die wöchentlichen Mittelwerte für die relative Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, Windgeschwindigkeit und Luftdruck entsprachen weitgehend denen der anderen Wetterstation in diesem Zeitraum.

Die Auswertung der Wetterdaten machte deutlich, dass in den einzelnen gemessenen Parametern der jeweiligen Stationen/ Standorte keine größeren Abweichungen festzustellen sind.

Aus diesem Grund wurden für die folgenden graphischen Darstellungen die Durchschnittswerte aus den wöchentlichen Mittelwerten der eingesetzten Stationen ermittelt. Diese wiederum wurden den Gnitzenfängen der vier Außenfallen gegenübergestellt.

Die Temperaturen (Grafik 19) im gesamten Versuchszeitraum (01.06.- 31.10.2009) bewegten sich zwischen 6°C (11.-14.10.2009) und 21,5°C (28.06.-04.07.2009). Anfang Juni (01.06.- 13.06.2009) lag die Durchschnittstemperatur bei 13,5°C und stieg im Verlauf der ersten fünf Versuchswochen um 8°C an (01.06- 04.07.2009). In den folgenden zwei Monaten (05.07.- 05.09.2009) lag die Temperatur bei durchschnittlich 18,7°C. Ende September war ein Temperaturabfall zu verzeichnen, der Mitte Oktober (11.-24.10.2009) seinen Tiefstwert von 6°C erreichte. In der letzten Versuchswoche stieg die Temperatur nochmals auf 10,6°C an. Insgesamt ergab sich für die letzten sechs Versuchswochen (20.09.- 31.10.2009) eine Durchschnittstemperatur von 10,6°C.

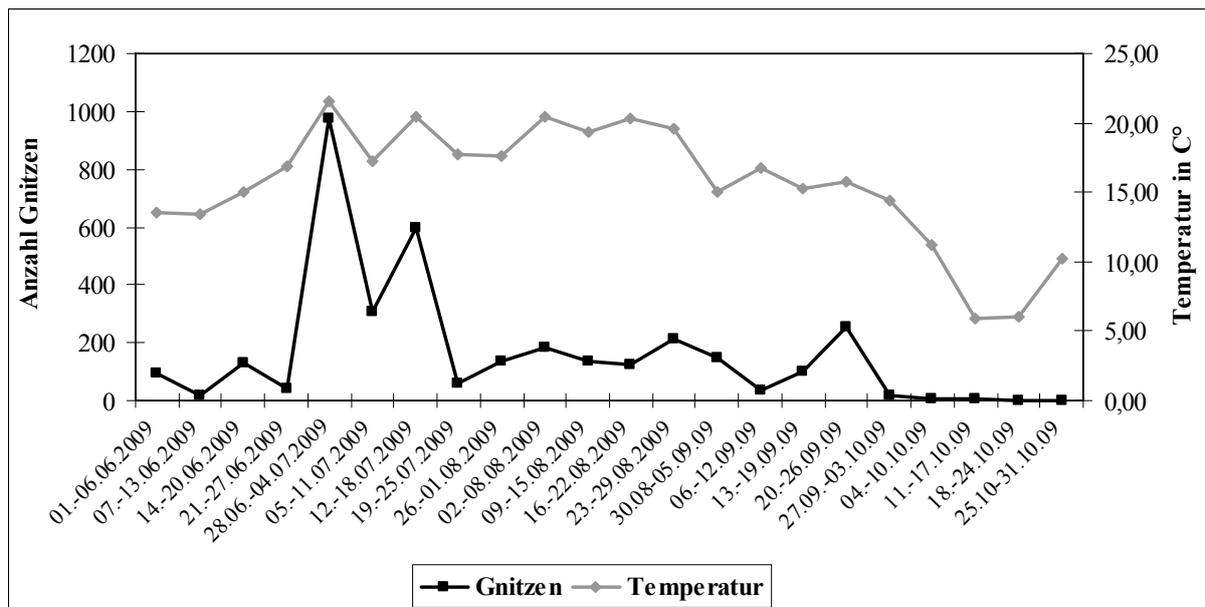
Zwischen den wöchentlichen Gnitzenfangzahlen und der durchschnittlichen Temperatur war eine signifikant positive Korrelation festzustellen ($r=0,78$, $p< 0,0001$; Spearman).

Die durchschnittliche mittlere Luftfeuchtigkeit lag bei 70%. Sie pendelte im gesamten Versuchszeitraum zwischen 60,4% (23.-29.08.2009) und 77,7% (18.-24.10.2009) (Grafik 20) dar. Hier waren die Daten signifikant negativ korreliert ($r= -0,57$; $p=0,0058$; Spearman).

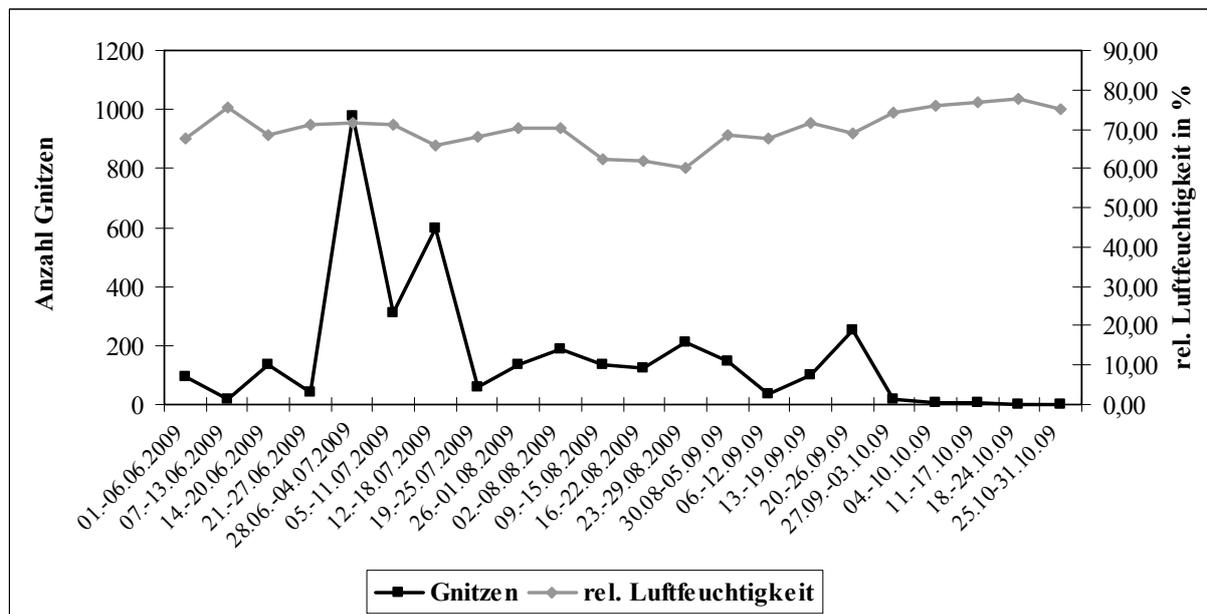
Die Niederschlagshöhe war insgesamt sehr gering und lag während der gesamten Versuchsperiode bei weit unter 1mm (Grafik 21). Die Werte variierten nur geringfügig zwischen durchschnittlich 0,00mm (19.- 25.07., 20.-26.09. und 11.-17.10.2009) und 0,26mm (28.06.-04.07.2009).

Eine signifikante Korrelation zwischen der Niederschlagsmenge und den Gnitzenfangzahlen konnte nicht nachgewiesen werden ($r= -0,16$ $p=0,4651$; Spearman).

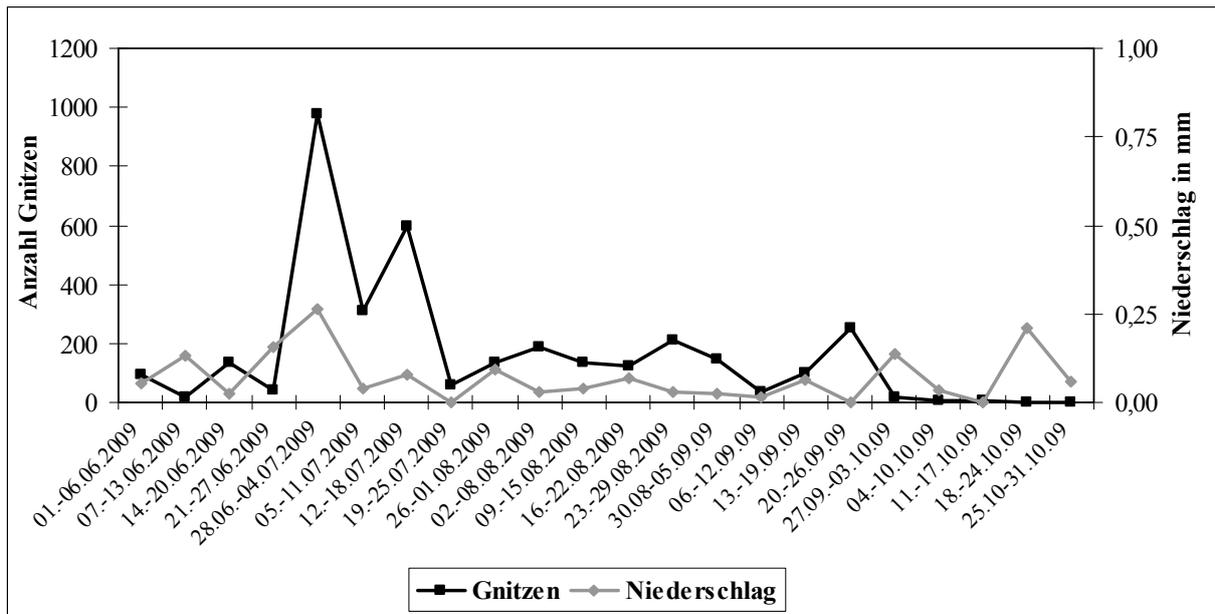
4. Ergebnisse



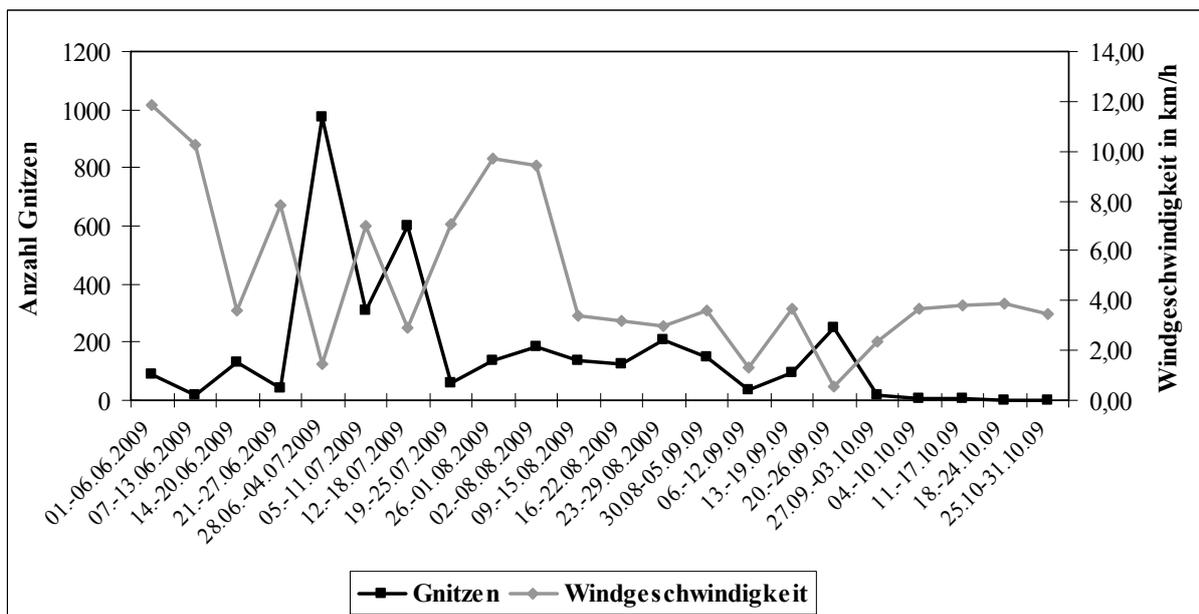
Grafik 19: Verlauf der durchschnittlichen Temperatur in °C und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009).



Grafik 20: Verlauf der relativen durchschnittlichen Luftfeuchtigkeit in % und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009).



Grafik 21: Verlauf der wöchentlich durchschnittlichen Niederschlagshöhe in mm und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009).



Grafik 22: Verlauf der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit in km/h und der wöchentlichen Gnitzenfangzahlen der vier Außenfallen auf der Milchviehanlage in Lögow, Landkreis Ostprignitz-Ruppin, Brandenburg 2009 (01.06.-31.10.2009).

Für die Windgeschwindigkeit konnten wöchentliche Mittelwerte zwischen 0,6km/h (20.-26.09.2009) und 11,9km/h (01.-06.06.2009) erhoben werden (Grafik 22). Die höheren Geschwindigkeiten von über 7km/h waren vor allem in der ersten Versuchshälfte zu verzeichnen, dabei gab es einen wöchentlichen Wechsel mit phasenweise geringeren Windgeschwindigkeiten. In der zweiten Hälfte zeigten sich die Windgeschwindigkeiten konstanter bei weniger als 4km/h.

Es ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen den wöchentlichen Gnitzenfangzahlen und der Windgeschwindigkeit ($r = -0,25$; $p = 0,2713$; Spearman), auch wenn an drei Fangintervallen (28.06-04.07., 12.-18.07. und 20.-26.09.2009) gezeigt werden kann, dass bei steigender Windgeschwindigkeit die Gnitzenfangzahlen abnehmen.

Die wöchentlichen Durchschnittswerte des gemessenen Luftdruckes schwankten zwischen 1087hPa und 1017,99hPa. Auf eine graphische Darstellung wird hier verzichtet. Die negative Korrelation mit den wöchentlichen Gnitzenfangzahlen war nicht signifikant ($r = -0,02$; $p = 0,9284$; Spearman).

5. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Wirksamkeitsprüfung von insektizidbehandelten (Deltamethrin) und unbehandelten Netzen hinsichtlich des Eintrags von Gnitzen, den potentiellen Vektoren der Blauzungenkrankheit, sowie von Lästlingsinsekten in offene Rinderstallungen. Es sollte ferner geprüft werden, ob diese Schutzmaßnahme darüber hinaus zu einer Steigerung des Tierwohlbefindens beiträgt.

Für die Feldversuche wurde ein Milchviehbetrieb in Lögow im Landkreis Ostprignitz-Ruppin in Brandenburg ausgewählt. Für die Anfangsprüfung der Netze in einem einfach zu kontrollierenden Versuchsaufbau wurde die Kälberhaltung in Iglus ausgewählt. In diesem ersten Versuchsabschnitt sollte das wirksamste Netz ermittelt werden. Für den zweiten Versuchsabschnitt war die freistehende Vernetzung einer Stallanlage mit diesem ermittelten Netz vorgesehen.

5.1 Bewertung des Standortes

Die Studienregion liegt in der Ostprignitz im Land Brandenburg. Der Landkreis ist bekannt für seine viele Seen und Feuchtgebiete. Dies war ein wichtiges Auswahlkriterium, da die potentiellen Bruthabitate für Gnitzen bekanntlich unterschiedliche Feuchtbiotope sind (Boorman, 1993).

Für die Erhebung der tatsächlichen Gnitzenabundanz wurden im Umfeld der Versuchseinheiten vier Biogents Sentinel[®] UV-Licht Insektenfallen (Firma Biogents[®], Regensburg, Deutschland) aufgestellt. Die Versuchsmonate (Juni bis Oktober) und Fallenaktivierung (in der Dämmerung und nachts) wurden entsprechend der Saisonalität und Aktivität der *Culicoides* spp. gewählt. Die Flugzeiten der vornehmlich dämmerungs- und nachaktiven Gnitzen liegen generell zwischen April und November (Olbrich, 1987; Liebisch und Liebisch, 2007).

Ingesamt war die Gnitzenabundanz während des gesamten entomologischen Monitorings sehr gering. Eine Erklärung für die allgemein niedrigen Gnitzenzahlen bieten die geringen Niederschläge von wöchentlich unter 1mm in den Monaten Juni bis Oktober 2009, da die Entwicklung der Gnitzen neben dem Standort und der Saison auch maßgeblich von den klimatischen Bedingungen abhängt (EFSA, 2008). Insgesamt war die Umgebung des Versuchsbetriebs über den gesamten Versuchszeitraum sehr trocken. Der dadurch zwangsläufig entstandene Mangel an optimalen Brutplätzen war sicherlich ein entscheidender Aspekt für die niedrigen Fangzahlen. Darüber hinaus entfernen sich Gnitzen generell nur wenige Kilometer von ihren Brutplätzen (Kettle, 1957; Lillie et al., 1981; Kettle, 1984), so dass ein Eintrag aus anderen Regionen nicht zu erwarten war.

Die geringen Fangquoten wurden auch bei den entomologischen Untersuchungen in den Kälbergluversuchseinheiten und vor allem später in der Saison auch in den

Milchviehstallungen beobachtet. Die Wirtstiere als effektivste Lockmittel für hämatophage Gnitzen (Goffredo und Meiswinkel, 2004; Baylis et al., 2010; Garcia-Saenz et al., 2010; Venter et al., 2010) konnten die niedrigen Fangzahlen ebenfalls nicht beeinflussen.

Der gewählte Standort zeigte sich im retrospektiv zu abhängig von den lokalen klimatischen Bedingungen und konnte so für die Untersuchungen keine ausreichend hohen Gnitzen-Populationen bieten.

Für den Versuchsaufbau war es wichtig, dass sowohl Kälber- als auch Milchviehhaltung auf demselben Versuchsgelände betrieben wird. Ein weiteres Auswahlkriterium waren zwei getrennte und gleichgroße Stallungen auf dem Gelände für einen Kontrollstall und einen vernetzten Interventionsstall. Die Kooperationspartner der Humboldt-Universität zu Berlin brauchten für die Verhaltensbeobachtung und die Leistungsprüfung zudem gleiche Tierzahlen und annähernd homogene Leistungsgruppen in beiden Stallungen. Nahezu alle Kriterien wurden durch die Milchviehanlage in Lögow erfüllt. Zudem konnte jederzeit mit der notwendigen Bereitschaft und Hilfe des Personals gerechnet werden, die durch vorherige Untersuchungen in ihrem Betrieb bereits mit der Thematik vertraut waren. Die Milchviehanlage Lögow wurde 2009 auch deshalb ein zweites Mal als Versuchsbetrieb gewählt, damit die Daten der Stallvernetzung mit den Daten der Untersuchungen von 2008 verglichen werden können. Die Vernetzungsart und der Netzprototyp hatten damals nur geringen Reduktionen der Zielinsekten zur Folge (Rohrman, 2010).

5.2 Feldversuche

5.2.1 Kälbergluhaltung

Versuchsaufbau

Die Haltung der Kälber in Iglus ermöglichte einen einfachen Versuchsaufbau und die gleichzeitige Beurteilung eines insektizidbehandelten und unbehandelten Netzes in gleich großen und relativ homogenen Versuchsgruppen. Eine räumlich getrennte Anordnung der beiden Versuchsgruppen war wichtig, um eine Kontamination durch das insektizidbehandelte Netz zu vermeiden. Auf dem Versuchsgelände konnten zwei Standorte identifiziert werden, die auch einen ausreichend großen Abstand zwischen den Versuchseinheiten gewährleisteten. Ein Nachteil lag in den unterschiedlichen Standortbedingungen. Die Versuchsgruppe, die mit dem unbehandelten Netz geschützt wurde, lag stallnah und windgeschützt zwischen den Gebäuden, wohingegen die Versuchseinheiten mit dem insektizidbehandelten Netz windexponierter positioniert waren. Ein Vergleich konnte demnach nur innerhalb der Versuchseinheiten derselben Versuchsgruppe und nicht zwischen den Versuchseinheiten der verschiedenen Versuchsgruppen stattfinden.

Weiterhin erschwerten die geringen Kälbergeburten die Auffüllung der Versuchseinheiten, die trotz des alternierenden Belegungsplans mitunter nicht vollständig bestückt waren. Es

muss deshalb davon ausgegangen werden, dass die Attraktivität der einzelnen Versuchseinheiten für die Gnitzen nicht immer gleich hoch war. Die Aufstallung der Kälber nach dem alternierenden Belegungsplan führte auch dazu, dass Tiere unterschiedlich alt waren, was die Vergleichbarkeit zwischen den Versuchseinheiten erschwerte.

Der Versuchsbeginn musste zudem von Anfang Mai auf Anfang Juni verschoben werden, da sich die Ausrüstung der Iglugruppen betriebsbedingt verzögerte. In Nordeuropa liegen die Höhepunkte der Flugzeiten für den *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex im Mai und Juni (EFSA, 2008), so dass beim Versuchsbeginn bereits der erste Zeitpunkt mit potentieller maximaler Flugaktivität verstrichen war.

Die für den Gnitzenfang eingesetzten Biogents Sentinel® UV-Licht Insektenfallen (Firma Biogents®, Regensburg, Deutschland) arbeiteten wie bereits bei den Untersuchungen im Vorjahr ohne größere Ausfälle (Rohrmann, 2010). In den eigens gebauten Holzgestellen waren sie gegenüber äußeren Umwelteinflüssen ausreichend geschützt. Bei steigenden Temperaturen bestand die Gefahr der Verdunstung des Alkohols in den Fangbechern, so dass darauf geachtet wurde, die Deckel der Fangbecher erst kurz vor Aktivitätsbeginn der Fallen zu entfernen. Für aussagekräftige Ergebnisse war die identische Positionierung der UV-Licht-Insektenfallen notwendig. Durch die Installation auf dem mittleren Iglu jeder Versuchseinheit standen die Fallen zum einen tiernah und zum anderen in entsprechendem Abstand zum angebrachten Netz.

Schutz durch insektizidbehandelte Netze

Die Auswahl der Netze für die Ausrüstung der unterschiedlichen Kälberiglu-Versuchseinheiten erfolgte auf Grundlage der Erfahrungen aus den Untersuchungen aus 2008 (Geerike, 2010). Geerike verwandte im ersten Versuch ein mit Deltamethrin behandeltes Polyesternetz mit der Maschenweite 2 x 2mm und einem Wirkstoffgehalt von 133mg/m². Die gewählte Maschenweite erwies sich für die Gnitzen als zu groß. In einem zweiten Versuch setzte Geerike (2010) ein Netz mit einer geringeren Maschenweite von 1,6 x 1,7mm ein. Dieses Netz war ausgerüstet mit unverkapseltem Lambda-Cyhalothrin in einer Ausgangskonzentration von 200mg/m². Auch bei diesem Netz konnte jedoch in den vernetzten Versuchseinheiten nur zeitweise eine Reduktion von Gnitzen in den geschützten Einheiten aufgezeigt werden. In den beiden ersten Wochen nach Ausbringung wurden keine (vollständig vernetzte Versuchseinheit) oder deutlich weniger Gnitzen im Vergleich zum Kontrollbereich gefangen. Da die Behandlung nicht –wie üblich- mit Bindemitteln stattfand, war die ursprüngliche Wirkstoffmenge aus dem Netz durch die klimatischen Einflüsse stark reduziert (Geerike,2010).

Bei meinen Untersuchungen führte die 1,80m hoch vernetzte Versuchseinheit zu einer signifikanten Reduktion der Gnitzen von durchschnittlich 73,6% gegenüber der Kontrolle. Mit dem neuen, mit verkapseltem Deltamethrin ausgerüsteten Netz (Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7mm, Wirkstoffgehalt 115 mg/m²) konnte also ein deutlicher Fortschritt gegenüber den Untersuchungen von Geerike (2010) erzielt werden. Dennoch

lieferte diese geschützte Versuchseinheit keinen absoluten Schutz gegenüber dem Eintrag von Gnitzen. Es muss nun die Frage geklärt werden, aus welchem Grund noch Gnitzen in den geschützten Versuchseinheiten gefangen wurden und welche Gefahr von diesen Gnitzen ausgeht. Zur Beantwortung dieser Frage sind weitergehende Studien notwendig. Experimentelle Studien mit Wildfängen aus dem *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex haben gezeigt, dass Gnitzen ein Netz gleicher Fabrikation (Polyester, Maschenweite 1,6 x 1,7mm, Wirkstoffgehalt 115 mg/m² verkapseltes Deltamethrin), das in einem Versuchskanal vor eine UV-Licht-Quelle positioniert wurde, anfliegen, sich auf dem Netz niederlassen und dann nach wenigen Sekunden die Maschenöffnungen durchdringen (Manti, persönliche Mitteilung). Im Gegensatz zu den Untersuchungen mit Musciden setzt die Paralyse der Gnitzen erst verzögert ein, d.h. es kommt 16-20 Minuten nach Kontakt mit dem insektizidhaltigen Netz zu einer vollständigen Paralyse (Manti, persönliche Mitteilung). Die Zeit bis zur Paralyse könnte für die Gnitzen ausreichend sein, um die UV-Lichtfallen in den geschützten Kälberiglus anzufliegen und in den Fangbecher zu gelangen. Von den gefangenen Gnitzen lassen sich keine Aussagen über Vorschädigung machen, d.h. inwieweit sie zum Beispiel noch in der Lage sind, nach Durchdringen des Netzes einen potentiellen Wirt anzufliegen, um eine Blutmahlzeit aufzunehmen. Dennoch konnte nachgewiesen werden, dass in der teilvernetzten Versuchseinheit signifikant weniger gesogene Gnitzen gefangen wurden als in der Kontrolle ($p=0,031$). Vorherige Studien bestätigen diese Annahme. Die Vernetzung von Fenster und Türen zweier Milchviehanlagen in Brandenburg mit einem Deltamethrin-behandelten Netz (Maschenweite 2x2mm, 53mg/m² bzw. 113mg/m²) (Rohrman, 2010) sowie die Umzäunung (2,60m hoch) von Schafpaddocks mit einem mit Cypermethrin (Lösung mit 0,5g/Liter) behandelten Textilnetz in Spanien (Calvete et al., 2010) führten in beiden Fällen zu einer signifikanten Abnahme gesogener Gnitzenweibchen.

Entgegen der Erwartung wurden in der komplett vernetzten Versuchseinheit überraschend viele Gnitzen gefangen. Zu Zeiten hoher Abundanzen Anfang und Mitte Juli 2009 konnten hier sogar mehr Exemplare als in der Kontrolle gezählt werden. In den Untersuchungen von Geerike (2010) konnte die komplette Vernetzung einer Igluversuchseinheit mit einem Netz gleicher Maschenweite (Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin) ebenfalls keinen Schutz gegenüber dem Eintrag von Gnitzen bieten.

Die bis zu 12 Stunden anhaltende Paralyse der Gnitzen nach dem Netz- und damit Deltamethrinkontakt ist beschrieben (Manti et al., 2010), allerdings bleibt abzuklären, was nach dieser Zeitspanne mit den Gnitzen passiert. Aufgrund der kompletten Vernetzung können die Gnitzen allerdings nicht entweichen, wohingegen in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit eine passive Verdriftung mit dem Wind über das offene Dach möglich wäre. In der komplett vernetzten Versuchseinheit wurde auch der größte Anteil gesogener Gnitzen erfasst (76,4%). Es ist auch vorstellbar, dass die Gnitzen vor ihrem Fang an einem anderen Tier Blut aufgenommen haben. Manti (persönliche Mitteilung) hat nachgewiesen, dass auch die vollgesogenen Gnitzen das Deltamethrin-behandelte Netz durchdringen können. Für eine Bewertung der Netzwirksamkeit sind größere geschützte Einheiten besser geeignet, was auch in den eigenen Ergebnissen beim Schutz des Milchviehstalls deutlich wird.

Eine Insektizidresistenz ist bei Gnitzen bisher noch nicht nachgewiesen worden, scheidet aber in diesem Fall ebenfalls als Erklärung aus, da ja eine effektive Wirkung der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit festgestellt wurde. Des Weiteren wurde bislang auch noch keine repulsive bzw. repellente Wirkung von insektizidbehandelten Netzen auf Gnitzen beschrieben. Außerdem zeigten die Untersuchungen von Manti (Manti, persönliche Mitteilung), dass die Gnitzen ein Netz gleicher Fabrikation aktiv anfliegen, um an die Lichtquelle zu gelangen.

In früheren Studien, die Anfang der 1960er Jahre erfolgten, führten die Behandlungen von Mosquitonetzen aus Aluminium (Maschenweite 1,13 x 1,3mm mit 83% offener Oberfläche) und Fiberglass (Maschenweite 1,13 x 1,3mm mit 74% offener Oberfläche) mit den insektiziden Wirkstoffen Malathion und Propoxur (Carbamat) bei den exponierten *Culicoides* spp. zu einem toxischen Effekt (Jamnback, 1961, 1963), der später auch für die Gnitzenspezies *C. furens* (Poey) bestätigt wurde (Dukes und Axtell, 1976). In folgenden Laboruntersuchungen erzielte die 8%ige Konzentration von Propoxur (Carbamat) die beste und am längsten anhaltende toxische Wirkung gegen *C. mississippiensis* Hoffman (Kline und Roberts, 1981).

Anschließende Laborstudien haben aber gezeigt, dass die Pyrethroide im Vergleich zu anderen Insektiziden die beste Wirkung gegenüber Gnitzen besitzen (Kline et al., 1981; Floore, 1985; Wade, 2007). Die Verkapselung des Deltamethrins als Wirkstoffformulierung auf dem in diesem Versuch eingesetzten Netz hat den Vorteil, dass das eingeschlossene Insektizid kontinuierlich abgegeben wird, was zum einen die Persistenz verlängert und es zum anderen widerstandsfähiger gegen äußere Umwelteinflüsse macht (Mauer, persönliche Mitteilung). Die gewählte Maschenweite aufgrund der vorliegenden Ergebnisse zu verkleinern, wäre nicht von Vorteil, da zu geringe Maschenweiten die Luftzirkulation und damit das Tierwohlbefinden negativ beeinflussen (Carpenter et al., 2008a; Calvete et al., 2010). Trotz der bislang nachgewiesenen Effekte konnte aber bei keiner der Studien, die mit pyrethroidhaltigen Netzen gearbeitet haben, eine völlige Gnitzenfreiheit in zu schützenden Bereichen erreicht werden (Calvete et al., 2010; Maia et al., 2010; Rohrmann, 2010; Geerike, 2010).

Bei den Musciden wurde im Gegensatz zu den Gnitzen der geringste Anteil in der komplett vernetzten Versuchseinheit erfasst (6,5%), gefolgt von der Kontrolle mit einem Fanganteil von 35,9% und der teilvernetzten Versuchseinheit mit dem höchsten Anteil von 57,6%.

Die auf den Klebstofffallen der geschützten Versuchseinheiten gefangenen Musciden können aufgrund der geringen Maschenweite des Netzes nur durch die bei den Mist- und Fütterungsarbeiten offen gelassenen Türen hineingelangt sein. Gemäß ihrem Verhalten hätten sie sich dann irgendwann an der Innenseite der Netzwände niederlassen müssen, wodurch es über ihre freien Tarsenenden zur Insektizidaufnahme kommt. Im Bioassay führte der 10 Sekunden andauernde Netzkontakt innerhalb von wenigen Minuten zu einer vollständigen Paralyse der sensiblen Laborstämme von *M. domestica*. Im Feld konnte beobachtet werden, dass die Fliegen deutlich länger auf dem Netz sitzen bleiben. Der längere Kontakt mit dem Insektizid auf dem Netz müsste zu einer erhöhten Wirkstoffaufnahme und damit zu einem

verstärkten Wirkungseintritt führen. Eine andere Möglichkeit ist, dass die Musciden sich im Bereich der Kälberiglus aufhalten anstatt die Klebstofffallen anzufliegen.

Der Eintritt der Fliegen in die teilvernetzte Versuchseinheit über das offene Dach und damit ohne Netzkontakt ist unwahrscheinlich, da dies nicht ihrem Flugverhalten entspricht. Für gewöhnlich fliegen sie gerade auf Vegetationshöhe, den Gerüchen ihrer Wirte folgend, und kollidieren so mit dem Netz.

Resistenzen der Feldstämme gegenüber Pyrethroiden wie Deltamethrin können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Von dem Versuchsbetrieb in Lögow wurden bereits im Jahr 2008 Feldpopulationen von *M. domestica* auf ihre Insektizidempfindlichkeit untersucht. Über 80% dieser gefangenen Musciden erwiesen sich als resistent gegenüber Deltamethrin (Jandowsky et al., 2009; Jandowsky, 2010; Jandowsky et al., 2010). Die Evaluierung des ausgebrachten Netzes im Bioassay erfolgte hingegen mit sensiblen Laborstämmen von *M. domestica*. Zudem ist nicht bekannt, wie Deltamethrin auf *S. calcitrans* wirkt.

In der komplett vernetzten Einheit wurden, mit den geringsten Fängen der Musciden, auch die wenigsten Abwehrbewegungen bei den Kälbern beobachtet (12%). Es bestand ein signifikanter Unterschied zu der Zahl an Abwehrbewegungen in der Kontrolle (69%). Auch das Abwehrverhalten in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit (19%) unterschied sich signifikant zur Kontrolle. Zwischen den vernetzten Versuchseinheiten konnte kein signifikanter Unterschied dargestellt werden. Bei einer anderen Studie in Brandenburg konnten bei Pferden, deren Weide mit einem mit Deltamethrin-behandelten Netzzaun (Höhe 1m) geschützt war, ebenfalls deutlich weniger Abwehrbewegungen gezählt werden als bei den Tieren auf der ungeschützten Weide (Blank et al., 2005; Bauer et al., 2006a).

In der komplett vernetzten Einheit waren der Befall der Kälber mit Musciden sowie die Anzahl der Abwehrbewegungen am geringsten ausgeprägt. In den meisten Fällen wurde hier weniger als 1 Muscide pro Tier dokumentiert. Der Befall unterschied sich signifikant von der Kontrolle und der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit. Subjektiv konnte bei den Verhaltensbeobachtungen nicht immer ein direkter Zusammenhang zwischen der Befallszahl und den erfassten Abwehrbewegungen festgestellt werden. Aus der Literatur ist bekannt, dass vor allem die stechenden Fliegenarten wie *S. calcitrans* zu einer erheblichen Beunruhigung der Tiere führen können (Eckert et al., 2008; Lucius und Loos-Frank, 2008). Bei der Auszählung der Musciden pro Tier wurde allerdings kein Unterschied zwischen stechenden (*S. calcitrans*) und nicht-stechenden Muscidenarten (*M. domestica*) im Stall gemacht. Ein massiver Befall von stechenden Fliegenarten kann zu erheblichen Leistungseinbußen führen (Schnieder et al., 2006; Eckert et al., 2008). Der Befall mit *S. calcitrans* führte bei einjährigen Bullen zu einem Unterschied in der täglichen Gewichtszunahme von 0,2kg pro Bulle, wie eine dreijährige Studie von Campbell (2001) zeigte. Die geschützten Versuchseinheiten hatten im vorliegenden Versuch aber keinen signifikanten Einfluss auf die Gewichtsentwicklung der Kälber. Ein Grund hierfür ist sicherlich die geringe Zeitspanne von nur drei Wochen, die für die Auswertung herangezogen wurde. Gleiche Beobachtungen hinsichtlich des positiven Einflusses der geschützten Versuchseinheiten auf das Abwehrverhalten und des Muscidenbefalls der Kälber sowie der davon unabhängigen Gewichtsentwicklung ergaben sich auch bei den Untersuchungen von Geerike (2010).

In den vom Tiergesundheitsdienst Bayern untersuchten Kotproben der Kälber aus diesen Versuchseinheiten konnte keine Deltamethrinrückstände nachgewiesen werden, so dass davon ausgegangen werden konnte, dass keine Kontamination der Tiere durch das insektizidbehandelte Netz stattgefunden hat (Frenzel, persönliche Mitteilung).

Schutz durch unbehandelte Netze

Bei diesen Untersuchungen wurde ein insektizidfreier Lösungsansatz in Form unbehandelter Netze unter Feldbedingungen getestet. Gründe für diesen Ansatz sind die nachgewiesenen Resistenzen der Fliegen gegenüber Insektiziden (Jandowsky, 2010) sowie die bewiesene Toxizität der Pyrethroide gegenüber Aquaorganismen und wechselwarmen Tieren (Ungemach, 2006).

Der Einsatz insektizidfreier Netze als Schutzmaßnahme vor dem Eintrag von potentiellen Vektoren und Lästlingsinsekten findet in einigen Studien zwar Erwähnung (Braverman, 1989; Carpenter et al., 2008a), aber eingehende Feld- und Laboruntersuchungen bezüglich ihrer Effektivität stehen noch aus.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde an dem unbehandelten Netz zusätzlich eine Reusenkonstruktion angebracht, welche die anfliegenden Insekten mechanisch wegfangen sollte. Das Fangprinzip entsprach funktionell dem der Malaisefallen (Hausman, 1993), einer stationären Falle aus zeltartiger Gaze, die ohne zusätzliche Lockmittel arbeitet. Insekten, die auf die zentrale Netzwand treffen, fliegen entsprechend ihres Flugverhaltens die Wand entlang vertikal nach oben. Durch die schräg gestellten Seitenwände der Malaisefalle werden sie anschließend in einen Fangbecher mit Alkohol geleitet. Bei meinen Untersuchungen war die Reusenkonstruktion im Vergleich zu den Malaisefallen vermutlich zu klein, so dass die Insekten darüber hinwegfliegen konnten. Zudem führte die im Sonnenlicht starke Reflexion des ersten unbehandelten Netzes (schwarze Maschenware aus Polyethylen, unregelmäßige Maschenweiten von 0,7-1,2mm) dazu, dass die Fliegen das Netz vermutlich als Hindernis erkannten und dann darüber hinweg flogen. Leider musste auf eine genaue Auszählung der Insekten in der Fangreuse verzichtet werden, da bislang noch keine Methode zur Verfügung steht, die Fangreuse zu entleeren, ohne sie und die Insekten zu beschädigen.

Hinsichtlich der Schutzwirkung gegen den Eintrag von Gnitzen war von der Annahme ausgegangen worden, dass die gewählte Maschenweite von maximal 1,2mm ausreichend klein sein würde, um ein aktives Durchdringen zu verhindern. Darriet et al. (2000) stellten fest, dass viele Mücken bei dem Versuch, die feinen Maschen unbehandelter Mosquitonetze zu durchdringen, meist an Entkräftung sterben.

In meinem Versuch traten zwischen den Versuchseinheiten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Fangzahlen von gesogenen und ungesogenen Gnitzen auf. In der komplett vernetzten Versuchseinheit wurde mit 44% sogar der größte Anteil an Gnitzen gefangen, was zeigt, dass die Maschenweite nicht ausreichend klein war, um die Gnitzen fern zu halten. In der Kontrolle lag der Anteil gefangener Gnitzen bei 33% sowie in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit bei 23%. Der allerdings signifikante Unterschied in der Verteilung der Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex begründet sich sicherlich in ihrer größeren Körpergröße

(2-3mm) im Vergleich zu Vertretern aus dem *Obsoletus*-Komplex (0,5-1,5mm), die es ihnen erschwert, die kleinen Maschen zu durchdringen. Die Untersuchungen mit Wildfängen aus dem *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex haben gezeigt, dass die Gnitzen beider Komplexe das Netz gleicher Fabrikation (Maschenweite 0,7-1,2mm) durchdringen können, um an die Lichtquelle auf der anderen Seite zu gelangen (Manti, persönliche Mitteilung).

Die Wirkung unbehandelter Mosquitonetze (Bettnetze) im Feld wurde bislang nur zum Schutz von Menschen vor verschiedenen vektorübertragenen Krankheiten untersucht. In Afrika konnten die Stichraten von *Anopheles gambiae* bis zu 70% und in Nepal sowie Indien die Blutmahlzeiten von *Phlebotomus argentipes* bis zu 85% (Darriet et al., 2000; Picado et al., 2009) reduziert werden.

Hinsichtlich der auf Klebstofffallen gefangenen Musciden wurden in der komplett vernetzten Versuchseinheit die anteilig höchsten Fangzahlen festgestellt (52,5%). Und auch in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit wurden deutlich mehr Musciden gefangen (45,2%) als in der Kontrolle (2,3%). Aufgrund der geringen Maschenweite kann der Eintrag der Fliegen in die Versuchseinheiten auch hier nur durch die mehrmals täglich bei Mist- und Fütterungsarbeiten offenen Türen erfolgt sein bzw. bei der teilvernetzten Versuchseinheit aufgrund der ablenkenden Reflexion des Netzes über das offene Dach. Hinzu kommen die für die Insekten optimalen Brutbedingungen im Inneren, vor allem der komplett vernetzten Versuchseinheit, wie Windstille und ein feuchtwarmes Klima sowie das Vorhandensein von frischem Tierkot als bevorzugtem Eiablageort (Soulsby, 1982; Taylor et al., 2007; Eckert et al., 2008). In den drei Wochen nach Ausbringung der ersten Klebstofffalle sind die Fangzahlen in dieser Versuchseinheit stark angestiegen, was auf den Aufbau einer eigenen Population hindeuten könnte. Bei optimal warmen Temperaturen (30-37°C) dauert die Entwicklung nur zwei bis drei Wochen (Taylor et al., 2007).

Analog zu den Muscidenfangzahlen wurden in der komplett vernetzten Versuchseinheit auch die meisten Abwehrbewegungen (43%) gezählt, die keinen signifikanten Unterschied zur Kontrolle (35%) aufwiesen. Die 1,80m hoch vernetzte Versuchseinheit lieferte die geringste Zahl an Abwehrbewegungen (22%) und unterschied sich damit signifikant gegenüber der Kontrolle und der komplett vernetzten Versuchseinheit.

Das starke Muscidenaufkommen spiegelte sich auch im dokumentierten Befall der Kälber mit Musciden wieder, der in der komplett vernetzten Versuchseinheiten am höchsten war, mit zum Teil maximalen Werten von durchschnittlich 18 Fliegen pro Kalb und einem signifikanten Unterschied zur Kontrolle ($p=0,00469$). Es fiel auf, dass der Befall in dieser Versuchsgruppe mit mindestens durchschnittlich 6 Fliegen pro Tier grundsätzlich höher lag, als bei der Gruppe mit dem insektizidbehandelten Netz, was sicherlich auch standortbedingt ist. Die unmittelbare Nähe zu den Tierstallungen kann anziehend auf verschiedenen Muscidenarten wirken (Kühlhorn, 1961; Soulsby, 1982; Taylor et al., 2007; Eckert et al., 2008).

Des Weiteren konnte ähnlich wie in den Untersuchungen von Geerike (2010) kein signifikanter Einfluss der Vernetzungen auf die Gewichtsentwicklung der Kälber nachgewiesen werden. Die durchschnittlichen täglichen Zunahmen lagen bei 300,61g (1,80m

hoch vernetzte Versuchseinheit), 323,81g (komplette vernetzte Versuchseinheit) und 374,60g (Kontrolle).

Alle unbehandelten Netze stellen mit ihrer begrenzten Maschenweite vornehmlich eine physikalische Barriere dar. Die geringe Größe der Gnitzen erfordert relativ kleine Maschenweiten, die zur Reduktion des Lichteinfalls und der Luftzirkulation führen können. Die Konsequenzen sind negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit (Carpenter et al., 2008a; Calvete et al., 2010; Rohrman, 2010). Auf Grundlage der Ergebnisse der Testung des ersten unbehandelten Netzes wurde im zweiten Ansatz ein unbehandeltes Netz mit einer noch geringeren Maschenweite (<1mm) ausgewählt. Zudem handelte es sich diesmal um ein mattes schlammfarbendes Textilgewebe, welches keine starke sonnenbedingte Reflexion zeigt. Auf eine komplett vernetzte Versuchseinheit wurde verzichtet, da sie sich im ersten Versuch als „Insektenfalle“ darstellte.

Die Auszählung der Gnitzenfänge ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit (45,4%) und der Kontrolle (54,6%). Die bereits erwähnten Untersuchungen mit Wildfängen aus dem *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex zeigten aber, dass Gnitzen nicht durch die Maschen des Netzes gleicher Fabrikation (Textil, Maschenweite <1mm) gelangen. Auf der Rückseite des Netzes wurde trotz UV-Lichtquelle keine einzige Gnitze erfasst (Manti, persönliche Mitteilung). Ein Eintrag durch die am Tag offene Tür ist unwahrscheinlich, da die Gnitzen vorwiegend dämmerungs- und nachtaktiv sind (Kettle, 1957; Nelson und Bellamy, 1971; Braverman, 1992; Mellor et al., 2000; EFSA, 2008). Es bleibt somit der Verdacht, dass die Gnitzen entweder passiv über die Umzäunung hinweggeweht wurden oder das Netz wegen des hohen Strömungswiderstandes aktiv überflogen haben. Eine passive Verdriftung erfolgt ab Windgeschwindigkeiten von 3 Metern pro Sekunde (Mehlhorn, 2008).

Ebenfalls keinen signifikanten Einfluss hatte die Vernetzung auf das Muscidenkommen in den Versuchseinheiten. Auf den Klebstofffallen wurden in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit anteilmäßig 42,2% und in der Kontrolle 57,8% aller Musciden gezählt. Die Reusenkonstruktion war wie schon beim ersten unbehandelten Netz zu klein, um als mechanische Falle fungieren zu können. Auch der durchschnittliche Befall der Kälber mit Musciden unterschied sich zwischen den Versuchseinheiten nicht signifikant. Die Anzahl der Abwehrbewegungen waren hingegen in der vernetzten Versuchseinheit (42%) gegenüber der Kontrolle (58%) signifikant reduziert. Hier spielt sicherlich wieder die Muscidenart und nicht nur die Quantität der Fliegen eine Rolle, da vor allem die stechenden Arten zu einer Beunruhigung der Tiere führen (Eckert et al., 2008; Lucius und Loos-Frank, 2008). Bei der Auszählung der Fliegenklebstofffallen und der Dokumentation des Fliegenbefalls pro Tier wurde aber auch bei dieser Versuchsgruppe nicht zwischen stechenden (*S. calcitrans*) und nicht stechenden Stallfliegenarten (*M. domestica*) differenziert.

5.2.2 Milchviehställe

Versuchsaufbau

Bei der freistehenden Vernetzung um den ausgewählten Milchviehstall mussten zwei Zufahrtswege für die Mist- und Fütterungsarbeiten offen gehalten werden. Der errichtete Netzzaun konnte demnach nur etwa 80% der Stallanlage schützen. Eine vollständige Barriere in Form einer freistehenden Vernetzung ist demnach maßgeblich von den Begebenheiten des jeweiligen Betriebes abhängig. Mit dem insektizidbehandelten Netz bespannte Tore wären eine mögliche Verbesserung.

Auf einer Bullenstation in Brandenburg war eine solch vollständige Vernetzung der gesamten Anlage (ausgenommen Bürogebäude) inklusive vernetzter Tore möglich (Bauer et al., 2009). Auf dem Versuchsbetrieb in Lögow wäre das regelmäßige Öffnen und Schließen derartiger Tore mit einem zu hohen Aufwand für das Personal verbunden gewesen.

Der Netzzaun blieb über den gesamten Versuchszeitraum und darüber hinaus sehr stabil. Die Stabilität des Zaunes auch über die Wintermonate ist entscheidend, um einen ganzjährigen Schutz gewährleisten zu können. Denn bei milden klimatischen Bedingungen im Winter sinkt die Aktivitätsdichte der Gnitzen niemals vollständig ab (Mehlhorn et al., 2007; Clausen et al., 2009; Hoffmann et al., 2009).

Obwohl das Versuchsnetz eine geringere Maschenweite (1,6 x 1,7mm) besaß als das Netz des Vorjahres (2 x 2mm) (Rohrmann, 2010), war das Stallklima unbeeinflusst von dem freistehenden Netzzaun. Fenster und Türen blieben weiterhin offen und gewährleisteten einen ausreichenden Luftzug. Die freistehende Vernetzung mit der reduzierten Maschenweite war eine nachhaltige Verbesserung im Vergleich zum Vorjahr, indem die Vernetzung der Fenster und Türen sowie die zunehmende Verschmutzung des Netzes das Stallklima negativ beeinträchtigte (Rohrmann, 2010). In diesem Versuch zeigte das Netz optisch kaum Schmutzablagerungen. Der Reinigungseffekt des Regens war offensichtlich. Ein starkes Auswaschen des Wirkstoffes durch Regenwasser war nicht zu befürchten, da es in verkapselter Form vorlag. Eine von Ungemach (2006) beschriebene Aquatoxizität des Pyrethroids war deshalb nicht zu befürchten.

Die Untersuchungsergebnisse der Umweltproben durch den Tiergesundheitsdienst Bayern lieferten keine Hinweise auf eine Belastung der Umwelt durch das insektizidbehandelte Netz. Die Prüfung umfasste Bodenproben in und außerhalb des Bereiches des insektizidbehandelten Netzes, Wasserproben aus den Stalltränken, dem betriebseigenen Brunnen und aus den sanitären Anlagen sowie Milch- (Sammel- und Einzelgemelk) und Sammelkotproben aus dem Interventions- und Kontrollstall. Mit Ausnahme einiger Bodenproben zeigten die Proben keine nachweisbare Konzentration von Deltamethrin. Auch verschiedene Gewebeproben (Leber, Niere, Muskel und Fett) von zwei verendeten Milchkühen aus dem Interventionsstall zeigten keine Belastung mit Deltamethrin (Frenzel, persönliche Mitteilung).

In einer Bodenprobe aus 5cm Tiefe unmittelbar unter dem insektizidbehandelten Netz wurde einen Monat nach Vernetzung ein Deltamethringehalt von 1,3µg/kg bestimmt, welcher nur knapp über der Nachweisgrenze von 1µg/kg liegt. Einen weiteren Monat später wurden an

einer anderen Entnahmestelle Deltamethringehalte von 25,9µg/kg in 5cm und 80µg/kg in 10cm Bodentiefe nachgewiesen. Der Nachweis von Deltamethrin im Boden in unmittelbarer Umgebung des insektizidbehandelten Netzes war zu erwarten, allerdings ist aufgrund der relativ kurzen Halbwertszeit des Deltamethrins von 8 bis 48 Stunden (Erstfeld, 1999) eine Dauerbelastung des Bodens nicht zu befürchten. Ein Eintrag ins Grundwasser ist ebenfalls nicht erfolgt, da alle Grundwasserproben negativ waren.

Untersuchungen über die Persistenz des Deltamethringehaltes der Netze unter Witterungseinflüssen ergaben, dass selbst ein Jahr nach der Aufstellung des Probenetzzaunes auf dem Gelände noch eine Insektizidkonzentration von 74,8mg/m² Netz ermittelt werden konnte, was 66% der Ausgangskonzentration entspricht (Körper, persönliche Mitteilung).

Für weitergehende Untersuchungen zur Umwelttoxikologie wurden zudem vom 2. September bis zum 7. Oktober 2009 jeweils zwei Malaisefallen pro Kontroll- und Interventionsstall aufgestellt. Sie dienten der Erfassung von Nicht-Zielinsekten und besaßen eine Fangperiode von jeweils einer Woche. Als repräsentative Nicht-Zielinsekten wurden die ökologisch sehr bedeutsamen Bienen, „Stechwespen“ und Schwebfliegen gewählt, die als typische Organismengruppen der Agrarlandschaft im Untersuchungsgebiet mit zahlreichen Arten vertreten sind. In der Natur sind sie die wichtigsten Blütenbestäuber und biologische Schädlingsbekämpfer. Zudem besitzen die Schwebfliegen nur einen dünnen Chitinpanzer und einen zarten Körperbau, so dass eine unmittelbare Reaktion auf das Insektizid bei Kontakt mit dem Netz zu erwarten war. Insgesamt zeigten sich im Untersuchungsjahr 2009 nur kleine Arten- und Individuenzahlen (13 Arten in 52 Individuen) der Nichtzielorganismen. Erwähnenswerte Unterschiede zwischen den gefangenen Insektengruppen vom Interventions- und Kontrollstall waren nicht zu erkennen. In der Falle am Interventionsstall wurden neun Arten in 27 Individuen und am Kontrollstall zehn Arten in 25 Individuen nachgewiesen. Aufgrund des erst späten Beginns des Fangzeitraums Anfang September, an dem die meisten Arten nicht mehr flugaktiv sind und ihren Entwicklungszyklus beendet haben, waren die Stichproben im Vergleich zu 2008 aber sehr gering und daher kaum repräsentativ. Zudem ist Lögow eine ökologisch minderwertige Region mit entsprechend wenigen Arten als Indikatorgruppe. Im Vergleich der Fangzeiträume stellte sich ein signifikanter Unterschied mit einer deutlichen Abnahme der Arten- und Individuenzahlen im Oktober heraus. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Ergebnisse aus 2009 nicht eindeutig sind, aber eine negative Wirkung der Netze auf Nicht-Zielinsekten wahrscheinlich ist. Der Einsatz insektizidbehandelter Netze sollte nur bei einer Nicht-Gefährdung des Artenspektrums erfolgen (Saure, persönliche Mitteilung).

Die im Kontroll- und Interventionsstall für den Fang von Gnitzen eingesetzten UV-Lichtfallen funktionierten insgesamt ohne größere Ausfälle. Eine Schwierigkeit bestand allerdings darin, die Nähe zu den Tieren zu bewahren und gleichzeitig eine Beschädigung durch neugierige Kühe zu verhindern. Es war also nicht möglich, die Fallen in größeren Tiergruppen in der Mitte der Stallungen aufzustellen. Damit hätte aber eine bessere Aussage getroffen werden können, welche Entfernungen die Gnitzen nach Netzkontakt noch zurücklegen können. Durch die offenen Zufahrtswege muss zudem davon ausgegangen werden, dass einige Gnitzen die Fallen auch ohne vorherigen Netzkontakt erreicht haben.

Gnitzenfangzahlen

Ein nachhaltiges Problem blieben die geringen Fangzahlen, die ab September 2009 weiter abnahmen. Die Nullfänge in den zwei Wochen vor dem eigentlichen Versuchsbeginn zeigten vergleichbar niedrige Ausgangspopulationen im Kontroll- und Interventionsstall.

Übereinstimmend mit Untersuchungen von Calvete et al. (2010), bei denen mit Cypermethrin getränkte Netze verwendet wurden, konnte in der geschützten Stallanlage eine signifikante Reduktion der Gnitzenfänge von 41,9% gegenüber dem Kontrollstall beobachtet werden. Das gewählte Netz und die Vernetzungsart ist zudem eine Verbesserung gegenüber den Untersuchungen im Vorjahr, bei der keine nachhaltige Reduktion von Gnitzenfängen erreicht wurde (Rohrmann, 2010). Allerdings konnte bei den Untersuchungen von Rohrmann (2010) im Interventionsstall sowie der Studie von Calvete et al. (2010) in den geschützten Schafpaddocks eine signifikante Abnahme von Gnitzen mit einer Blutmahlzeit nachgewiesen werden. Bei der vorliegenden Studie war die Reduktion gesogener Gnitzen im Interventionsstall im Vergleich zum Kontrollstall nicht signifikant.

Bei der Differenzierung der gefangenen Gnitzen konnten insgesamt 56,2% dem *Obsoletus*-Komplex zugeordnet werden. In Monitoringprogrammen im Jahr 2007 in Deutschland (Clausen et al., 2009; Hoffmann et al., 2009) sowie im Rahmen anderer Untersuchungen (Bauer et al., 2009) aber auch in Frankreich, Belgien und in den Niederlanden wurden ebenso am häufigsten Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex gefangen (Losson et al., 2007; Balenghien et al., 2008). Die Gnitzen aus dem *Pulicaris*-Komplex waren anteilig zu 38,7% vertreten. Der zeitweise hohe *Pulicaris*-Anteil (>80%) Mitte September stimmt mit den Fangergebnissen aus dem Versuch des Vorjahres (Rohrmann, 2010) und aus dem deutschlandweiten Monitoring im Jahr 2008 überein (Clausen et al., 2009; Hoffmann et al., 2009). Die in der Literatur erwähnten vornehmlich exophilen Vorlieben der *Pulicaris*-Gnitzen (Meiswinkel et al., 2008) bestätigten sich wie auch bereits in anderen Untersuchungen hier nicht (Bauer et al., 2009; Rohrmann, 2010). In den Außenfallen waren sie insgesamt mit weniger als 15% Fanganteil vertreten. Die Verteilung dieser Gnitzenart zwischen Intervention- und Kontrollstall war gleich groß, obwohl die Maschenweite des insektizidbehandelten Netzes für sie eine größere Barriere darstellte als für den *Obsoletus*-Komplex. Ein Eintrag über die offenen Zufahrtswege kann nicht ausgeschlossen werden.

Gegen Ende der Saison und bei sinkenden Temperaturen wurden generell mehr Gnitzen im Stall als in den Außenfallen gefangen. Diese Beobachtung deckt sich mit anderen Untersuchungen, die besagen, dass die Endophilie der Gnitzen vornehmlich wetterabhängig ist (Meiswinkel et al., 2008; Baylis et al., 2010).

Muscidenfangzahlen

Die Nullfänge für die Musciden ergaben einen 10%igen Mehranteil im Kontrollstall. Nach der Vernetzung des Interventionsstalles kam es zu einem deutlichen Abfall der Muscidenfänge. Bereits in der ersten Woche nach der Ausrüstung sanken die Muscidenzahlen im Interventionsstall um über die Hälfte der vorherigen Woche, wohingegen sie im Kontrollstall zur ersten Nullfangwoche annähernd gleich blieben. Die signifikante Reduktion

lag auch in den Folgewochen bei über 70% und damit deutlich höher als im Vorjahr (Rohrman, 2010). Zwar besteht eine nachgewiesene Deltamethrin-Resistenz von über 80% der Musciden aus diesem Betrieb (Jandowsky, 2010), aber die aufgebrauchte Insektizidmenge und die Art der Formulierung reichte anscheinend aus, um die Fliegenpopulationen nachhaltig zu minimieren.

Der Einsatz des insektizidbehandelten Netzes als effektive Schutzmaßnahme gegen Musciden konnte anhand der erhobenen Daten weiter bekräftigt werden. Die Wirksamkeit gegen Musciden war um einiges deutlicher als auf die Gnitzen, deren niedrige allgemeine Abundanz am Standort sicherlich dieses Ergebnis beeinflusste. Folgeuntersuchungen sollten in weniger witterungsabhängigen Gebieten mit nachweislich höheren Gnitzenabundanzen durchgeführt werden, um die Ergebnisse dieser Untersuchung zu vervollständigen und bestenfalls zu bestätigen.

Zeitgleiche Untersuchungen des Instituts für Nutztierwissenschaften der Humboldt Universität zu Berlin zielten darauf ab, den Einfluss der Vernetzung auf das Tierwohlbefinden und die Produktivität zu beurteilen. Zur Beurteilung von Unterschieden im Tierverhalten wurden stichprobenartig die Abwehrbewegungen der Milchkühe aus dem Kontroll- und Interventionsstall dokumentiert. Zusätzlich wurden mittels wöchentlicher Kameraaufnahmen der Anteil stehender und liegender Kühe als Ausdruck des Tierkomforts erfasst. Für die Tiere im vernetzten Stall konnten signifikant weniger Abwehrbewegungen ($p=0,003$) und ein signifikant größerer Anteil an liegenden Tieren ($p=0,04$) ermittelt werden. Längere Ruhephasen lassen längere Phasen der Futteraufnahme und des Wiederkauens zu, was in höheren Leistungen resultiert. Die Leistungsunterschiede wurden anhand der täglich erfassten Milchmenge der Kühe analysiert. Im Interventionsstall bestand bereits eine höhere Milchleistung der Tiere als im Kontrollstall. Nach Anbringen der insektizidbehandelten Netzzaunes nahm die Leistungsüberlegenheit der Interventions- gegenüber der Kontrollgruppe um 1,2kg Milch pro Kuh und Tag signifikant weiter zu ($p<0,0001$) (Peters, persönliche Mitteilung).

Die Ergebnisse zeigen, dass die freistehende Vernetzung der Stallanlage über die Reduktion der Fliegen und Gnitzen sowohl eine Steigerung des Tierwohlbefindens als auch der Produktivität erzielen konnte.

5.2.3 Entomologische Untersuchungen im Umfeld der Versuchseinheiten

Der gewählte Versuchszeitraum von Anfang Juni bis Ende Oktober lag im Zeitraum der in der Literatur allgemein angegebenen Flugzeiten der nord- und mitteleuropäischen Gnitzen (Olbrich, 1987; Liebisch und Liebisch, 2007). Mai und Juni sind die Monate der höchsten Aktivität nordeuropäischer Gnitzen aus dem *Obsoletus*- und *Pulicaris*-Komplex (EFSA, 2008).

Der Gesamtfang der vier UV-Lichtfallen im Außenbereich belief sich aber insgesamt nur auf 3576 Gnitzen. Maximale Fangzahlen konnten in meinen Untersuchungen erst Ende Juni und weitere höhere Zahlen Mitte Juli verzeichnet werden.

Ende Juli bis Ende September blieben die Fangergebnisse auf einem gleich bleibenden niedrigen Niveau von unter 200 Gnitzen pro Falle.

Die signifikant höheren Fangzahlen (32,5%) in der Außenfalle nahe dem Güllebecken gegenüber der im Wald positionierten Falle (15,5%) stimmen mit Untersuchungen von Köhlhorn (Köhlhorn, 1964) überein, der Jauche als ein bevorzugtes Bruthabitat für einige Gnitzenspezies beschreibt.

Mitte bis Ende Oktober, als die Temperatur auf etwa 5°C gesunken war, wurden keine Gnitzen mehr gefangen. Es ist bekannt, dass Gnitzen bei <10°C ihre Aktivität einstellen (Olbrich, 1987).

Die Gnitzen aus dem *Obsoletus*-Komplex waren die am häufigsten gefangenen Vertreter. Der *Pulicaris*-Anteil lag insgesamt bei weniger als 15% vom Gesamtfang und nahm erst gegen Ende der Fangsaison zu. Diese Speziesverteilung stimmt mit den Fangergebnissen des bundesweiten Monitorings in Deutschland im Jahr 2007 überein (Clausen et al., 2009).

5.3 Laborarbeiten

5.3.1 Insektizidpersistenz der Netzproben

Das etablierte Testverfahren für die Wirksamkeitsprüfung des insektizidbehandelten Netzes lies sich einfach und verlässlich durchführen (Bauer et al., 2009; Jandowsky, 2010). Es musste allerdings sorgfältig darauf geachtet werden, die sensiblen Testinsekten nicht vor Versuchsbeginn mit dem Insektizid zu kontaminieren.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes diene der aus den Paralysezeiten ermittelte T50-Wert, d.h. der Zeitpunkt, zu dem 50% der Testfliegen paralysiert waren. Für die vorliegenden Untersuchungen erwies sich dieser Parameter als sehr aussagekräftig.

Die gewählte Expositionszeit von 10 Sekunden ist eine Annäherung an die minimale Kontaktdauer der Insekten mit dem Netz im Feld. Die dort zu erwartende längere Expositionszeit der Fliegen auf dem Netz führt zu einer höheren Insektizidaufnahme und damit in einer stärkeren paralytischen Wirkung als im Bioassay.

Die Ausgangstestung des insektizidbehandelten Netzes, das für die Vernetzung der Kälberiglu-Versuchseinheiten ausgewählt wurde und eine ermittelte Ausgangskonzentration von 115,8mg/m² Netz besaß (Körper, persönliche Mitteilung), zeigte eine effektive biozide Wirksamkeit im Fliegen-Bioassay. Der ermittelte T50-Wert von 4min war nur halb so lang

wie der Wert des insektizidbehandelten Netzes der vorherigen Generation (Rohrman, 2010), das mit dem gleichen Testverfahren auf seine Wirksamkeit und Persistenz untersucht wurde.

Für die Netzrollen 6 und 7, die für die Vernetzung der Stallanlage zur Verfügung standen, ergaben sich vor Ausbringung Deltamethringehalte von 117mg/m^2 (Rolle 6) und $106,4\text{mg/m}^2$ Netz (Rolle 7) (Körper, persönliche Mitteilung) sowie entsprechend effiziente T-50-Werte von 4,8min (Rolle 6) bzw. 4,1min (Rolle 7).

In den Folgemonaten, nach Ausbringung des Testnetzes, schwankten die T50-Werte zwischen 5,6min. (30.09.2009) und maximal 10,6min. (28.10.2009). Zum Teil wurde an späteren Entnahmetagen eine bessere insektizide Wirkung erzielt als bei vorausgegangenen Testungen. Die Ursache dafür liegt wahrscheinlich in ungleichmäßigen Ausgangskonzentrationen des Insektizids auf den Netzrollen.

Die Unterschiede der Wirksamkeit zwischen den jeweils am Entnahmetag entnommenen Netzproben der verschiedenen Lokalisation (oben, mitte, unten) fielen vergleichsweise gering aus. Die analytisch ermittelte Insektizidpersistenz zeigte dabei ebenfalls keine eindeutig abnehmende Tendenz und war über den gesamten Versuchszeitraum relativ stabil. Im Jahresverlauf schwankte der Deltamethringehalt auf dem Netz zwischen 75% (86mg/m^2 Netz) (Netzprobe vom 25.11.2009) und 116% ($134,8\text{mg/m}^2$ Netz) (Netzprobe vom 08.07.2009) der Ausgangskonzentration.

Selbst ein Jahr nach der Ausbringung ergab der Fliegen- Bioassay noch einen T50-Wert von 9 Minuten, d.h. er hat sich gegenüber dem Ausgangswert nur etwas mehr als verdoppelt. Zudem bestand immer noch eine 100%ige Paralyse, die auch 24 Stunden anhielt. Eine an demselben Tag für die Analytik entnommenen Netzprobe besaß noch eine Insektizidkonzentration von $74,8\text{mg/m}^2$ Netz, was 66% der Ausgangskonzentration entspricht (Körper, persönliche Mitteilung).

Im Labor konnte damit noch nach 12 Monaten Exposition im Feld eine eindeutige und effektive insektizide Wirkung des eingesetzten insektizidbehandelten Netzes gegenüber sensiblen *M. domestica*-Stämmen nachgewiesen werden.

Die neue Formulierung als Verkapselung erwies sich demnach gegenüber den Witterungseinflüssen sehr beständig im Vergleich zu dem im Jahr 2008 eingesetzten insektizidbehandelten Netz (Deltamethin-Suspension), dessen Wirksamkeit im Bioassay mit sensiblen Fliegen-Stämmen im Verlauf des Testungszeitraums abnahm. Im sechsmonatigen Versuchsverlauf wurde damals eine Zunahme des T50-Wertes um 7min festgestellt (Rohrman, 2010).

Das Waschen einer Netzprobe unter fließendem Wasser, die zuvor fast ein Jahr den Witterungseinflüssen ausgesetzt war, sollte vorhandene Schmutzpartikel entfernen und so eine bessere Verfügbarkeit des Insektizids an der Netzoberfläche ermöglichen. Der T50-Wert lag allerdings bei 8,2min im Gegensatz zu 7,4min der ungewaschenen Netzprobe.

Die ungleichmäßige Ausgangskonzentration des Deltamethrins auf der Netzrolle erschwert zudem die Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser beiden Netzproben.

Bei der letzten Netzprobe vom 12.05.2010 wurde darauf geachtet, die Wirksamkeit derselben Probe vor und nach der Reinigung mit Wasser zu prüfen. In diesem Fall fiel die Reinigung intensiver aus, indem mit einem Schwamm die Netzoberfläche unter fließendem Wasser intensiv bearbeitet wurde. Der ermittelte T50-Wert von 23,7min und eine Paralyse von nur 47% wies darauf hin, dass bei zu grober Reinigung die Deltamethrin-haltigen Kapseln ausgewaschen werden können, woraus eine geringere insektizide Wirkung gegenüber den sensiblen Testinsekten resultiert. In Übereinstimmung mit dieser Annahme lag der analytisch bestimmte Deltamethringehalt dieser gewaschenen Netzprobe nur noch bei 34% der Ausgangskonzentration (Körper, persönliche Mitteilung).

5.4 Wetterdaten

Das Jahr 2009 war eines der fünftwärmsten Jahre seit 1850 (Welt Online, 2009). Ein Anstieg der Gnitzenfangzahlen in den UV- Lichtfallen im Außenbereich korrelierte signifikant positiv mit den steigenden Temperaturen. Es ist bekannt, dass Gnitzen generell an warmen Tagen aktiv sind (Boorman, 1993). Insgesamt blieb das Untersuchungsgebiet während des Untersuchungszeitraumes jedoch sehr trocken mit wöchentlichen Niederschlagshöhen von <1mm. Die Trockenheit kann zu einem Mangel von Brutplätzen führen, eine Begründung für das Fehlen von hohen Gnitzenabundanzen. Das Trockenlegen von Feuchtbiotopen ist zum Beispiel eine effektive Bekämpfungsmethode gegen die Larvenentwicklungshabitate der Gnitzen (Soulsby, 1982; Boorman, 1993; Taylor et al., 2007; Carpenter et al., 2008a).

Eine Korrelation der Zahl der gefangenen Gnitzen mit der Niederschlagsmenge konnte nicht bestätigt werden, was an der zu geringen Streuung der Niederschlagsdaten liegen kann. Auch für den meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit konnte kein Zusammenhang mit den entomologischen Daten aufgezeigt werden. Allerdings zeigt die graphische Gegenüberstellung, dass bei steigender Windgeschwindigkeit die Gnitzenzahlen in den Fallen abnahmen. Es ist bekannt, dass diese kleinen Mücken bei Windgeschwindigkeiten von über 3m/s (10,8km/h) nicht mehr flugfähig sind (Mehlhorn, 2008). Allerdings wurden solche Windgeschwindigkeiten nur am ersten Fangintervall gemessen.

Die Wetterstationen waren einfach aufzubauen und auch die Auslese der Daten war sehr benutzerfreundlich. Dennoch waren sie insgesamt sehr anfällig für Störungen und mussten sehr oft ausgelesen und überwacht werden, um Datenverluste zu vermeiden. Für mehr Sicherheit ist es zusätzlich sinnvoll, auf die genauen Daten der umliegenden amtlichen Wetterstationen zurückzugreifen.

5.5 Schlussfolgerungen

Das für die Untersuchungen gewählte Biotop im Bereich des Versuchsbetriebs in Lögow im Landkreis Ostprignitz-Ruppin zeigte sich im Nachhinein als zu abhängig von den klimatischen Bedingungen vor Ort. In dem zu trockenen Frühling und Sommer konnten sich keine abundanten Gnitzenpopulationen für die Wirksamkeitsprüfung des Netzes entwickeln.

Der Vorteil der unterschiedlich mit Netzen ausgerüsteten Kälbergluversuchseinheiten im Rahmen der Voruntersuchungen war der einfach zu kontrollierende Versuchsaufbau, bei dem das insektizidbehandelte Netz das überlegene Netz darstellte. Die Fangzahlen in der 1,80m hoch vernetzten Versuchseinheit zeigten eine signifikante Reduktion gegenüber der Kontrolle, wohingegen in der komplett vernetzten Versuchseinheit entgegen der Erwartung die meisten Gnitzen erfasst wurden. Eine völlige Gnitzenfreiheit konnte demnach unter den Versuchsbedingungen mit dem eingesetzten insektizidbehandelten Netz in keiner der geschützten Versuchseinheiten beobachtet werden. Die Frage, welche Relevanz die trotz der Schutzmaßnahmen noch gefangenen Gnitzen haben, kann unter den Versuchsbedingungen nicht abschließend beantwortet werden. Im Gegensatz zu den Gnitzen konnte die komplett vernetzte Versuchseinheit aber einen deutlich positiven Effekt auf den Befall der Kälber mit Musciden und dahingehend reduzierte Abwehrbewegungen in beiden vernetzten Versuchseinheiten gegenüber der Kontrolle nachweisen. Nicht immer lieferten die Ergebnisse einen aussagekräftigen Rückschluss auf den Schutz der Tiere, was wahrscheinlich mit den Versuchsbedingungen zusammenhing.

Der Einsatz des unbehandelten Polyethylennetzes (Maschenweite 0,7-1,2mm) erzielte keinen zufrieden stellenden Effekt auf die Gnitzen- und Fliegenzahlen sowie das Abwehrverhalten der Kälber. Das unbehandelte Textilnetz (Maschenweite <1mm) stellte hinsichtlich der Qualität und Effektivität als Schutzmaßnahme gegen Gnitzen und Lästlingsinsekten eine erste Verbesserung dar. Aufgrund des geringen Gnitzenaufkommen am Standort reichten die erhobenen Daten jedoch nicht aus, um dieses Netz abschließend beurteilen zu können. Weiterführende Untersuchungen unter Berücksichtigung der bisherigen Ergebnisse sollten folgen.

Die Vernetzung des Milchviehstalls mit dem im Vorversuch ermittelten wirksameren insektizidbehandelten Netz führte zu einer kontinuierlichen und signifikanten Abnahme der Gnitzen- und vor allem Fliegenfangzahlen.

Wenn auch die geringen Gnitzenfangzahlen die statistische Auswertung negativ beeinflusst haben, unterstreichen diese Ergebnisse die nachgewiesene Wirksamkeit insektizidbehandelter Netze aus anderen Untersuchungen (Maia et al., 2005; Bauer et al., 2006b; Bauer et al., 2009; Calvete et al., 2010; Rohrman, 2010). Im Vergleich zur Vakzinierung gegen einzelne Serotypen des Blauzungenvirus oder pour on Behandlungen der Tiere mit Insektiziden ist der Einsatz von insektizidbehandelten Netzen als sinnvolle Ergänzungsmaßnahme zu sehen. Die Netze könnten überall dort eingesetzt werden, wo keine Vakzinierung erfolgen darf (z.B. bei Zuchtbullen auf Besamungsstationen) oder aufgrund fehlender zugelassener Impfstoffe noch nicht möglich ist.

Die gewählte Maschenweite von 1,6 x 1,7mm des getesteten insektizidbehandelten Netzes hat sich nach den bisherigen Erkenntnissen aus dem Feld und Labor bewährt. Im Vergleich zum Vorjahr zeigte die gewählte freistehende Vernetzung zudem eine deutliche Verbesserung, da keine Beeinträchtigung des Stallklimas durch die damals zunehmende Verschmutzung der Netze auftrat. Zusätzlich führte die Schutzmaßnahme zu einer nachweisbaren Steigerung des Tierwohlbefindens und der Produktivität der Milchkühe.

Trotz des Unterschreitens der angestrebten Deltamethrin-Ausgangskonzentration von 250mg/m² Netz wurde eine rasche und effektive insektizide Wirkung des Netzes auf sensible Testinsekten in den Laborversuchen bestätigt und eine gute Persistenz nach Witterungseinflüssen nachgewiesen. Die Ergebnisse des Fliegen-Bioassays stimmen dabei auch mit den ermittelten Daten der analytischen Insektizidbestimmung überein.

Im Labor wurde die ungleichmäßige Verteilung des Insektizids auf dem Netz (Bioassay und Analytik) aufgezeigt und sollte bei der zukünftigen Ausrüstung solcher Netze verbessert werden. Eine Erhöhung der Insektizidkonzentration könnte die Wirksamkeit des Netzes sicherlich verstärken und je nach Resistenzlage auch sinnvoll sein.

Im vorliegenden Versuch konnten keine Rückstände von Deltamethrin in Boden-, Kot-, Milch- und Wasserproben nachgewiesen werden, was weiterhin für die Wirkstoffformulierung (Verkapselung) und den Einsatz dieses Netzes spricht. Dahingegen ist zu bedenken, dass eine negative Wirkung auf Nicht-Zielinsekten wahrscheinlich ist.

Die erneute Testung dieses Netzes in weniger witterungsabhängigen Gebieten mit nachweislich höherer Gnitzenabundanz ist erforderlich, um die bisherigen Ergebnisse zu überprüfen und zu bestätigen.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass eine Resistenz von Gnitzen gegenüber Insektiziden zwar bisher noch nicht beschrieben wurde, aber auch nicht ausgeschlossen werden kann. Die nachgewiesene Resistenz von Fliegen gegenüber Pyrethroiden (Jandowsky et al., 2009; Jandowsky, 2010; Jandowsky et al., 2010) und der Umstand, dass nur diese Wirkstoffgruppe zugelassen ist und so Wirkstoffklassenwechsel nur schwer durchführbar sind, unterstützen demnach die Überlegung und Versuchsansätze zur Weiterentwicklung insektizidfreier Netzlösungen, wie sie in der vorliegenden Untersuchung aufgezeigt wurden.

6. Zusammenfassung

Im August 2006 kam es im Dreiländereck Niederlande, Belgien und Deutschland unerwartet zum erstmaligen Auftreten der Blauzungenkrankheit, einer ursprünglich aus Afrika kommenden Viruserkrankung der Haus- und Wildwiederkäuer, die heimische Viehbestände bedrohte.

Das Ziel dieser Untersuchungen war die Wirksamkeitsprüfung insektizidbehandelter und unbehandelter Netze gegen den Eintrag von heimischen Gnitzen, Vektoren der Blauzungenkrankheit, und von anderen Lästlingsinsekten (Musciden) in offene Rinderstallungen.

Die Feldversuche fanden im Sommer/Herbst 2009 auf einem Milchviehbetrieb in Lögow im Landkreis Ostprignitz-Ruppin in Brandenburg statt.

In einem ersten Versuch (Juni bis August 2009) wurde das wirksamste Netz in einem einfach zu kontrollierenden Versuchsaufbau ermittelt. Hierfür wurde die Kälberhaltung in Iglu ausgewählt. Es wurden zwei Versuchsgruppen aus jeweils drei Versuchseinheiten für die Wirksamkeitsprüfung der insektizidbehandelten und unbehandelten Netze gebildet.

Eine Versuchseinheit bestand aus jeweils fünf Kälberiglu, in denen die Tiere (1 Kalb pro Iglu) unmittelbar nach der Geburt für drei Wochen aufgestellt wurden. Die Versuchseinheiten wurden mit dem zu untersuchenden Netz vollständig (Seitenwände und Dach) oder teilweise (Netzzaun mit einer Höhe von 1,80m) geschützt. Eine nicht vernetzte Versuchseinheit diente als Kontrolle.

Die Überprüfung der Wirksamkeit erfolgte durch Fänge von Zielinsekten, indem in der Mitte jeder Versuchseinheit eine UV-Lichtfalle (Biogents Sentinel[®] UV-Licht Insektenfallen) installiert wurde. Die Fallen wurden wöchentlich in drei Intervallen zwischen Sonntag und Mittwoch jeweils von 17 Uhr bis 9 Uhr des Folgetages aktiviert. Gegen Ende dieses ersten Versuchs wurde auch jeweils eine insektizidfreie Fliegenklebstofffalle (Fliegenrolle für den Stall, Eurofarm, Bützberg, Schweiz) pro Versuchseinheit ausgebracht.

Die Auswirkungen der Schutzmaßnahmen auf die Produktivität (Gewichtsentwicklung) und das Wohlbefinden (Abwehrverhalten und Befallsintensität mit Musciden) der Kälber wurden bei den Untersuchungen ebenfalls berücksichtigt.

Das eingesetzte insektizidbehandelte Netz war ein Polyesternetz mit einer Maschenweite von 1,6 x 1,7mm, das verkapseltes Deltamethrin mit einem Ausgangsgehalt von 115mg/m² Netz enthielt. Bei den zwei untersuchten unbehandelten Netzen handelte es sich um schwarze Maschenware aus Polyethylen mit einer unregelmäßigen Maschenweite von 0,7 bis 1,2mm sowie um ein olivfarbenes Textilgewebe mit einer gleichmäßigen Maschenweite von weniger als 1mm.

Die unbehandelten Netze zeigten keine nachhaltige Reduktion von Gnitzen und Lästlingsinsekten in den geschützten Versuchseinheiten. Allerdings konnte in der mit dem zweiten unbehandelten Netz (Maschenweite unter 1mm) geschützten Einheit (Netzzaun mit

einer Höhe von 1,80m) signifikant weniger Abwehrbewegungen der Kälber festgestellt werden.

Mit dem insektizidbehandelten Netz konnte in der teilvernetzten Versuchseinheit eine signifikante Reduktion ($p=0,001$) der Gnitzen von durchschnittlich 73,6% im Vergleich zur Kontrolle erzielt werden. Entgegen der Erwartungen wurden in der komplett vernetzten Versuchseinheit aber die meisten Gnitzen (47,7%) vom Gesamtfang aller Versuchseinheiten gefangen. Allerdings konnte in dieser Versuchseinheit ein deutlicher Effekt auf Musciden beobachtet werden, der gefangene Fliegenanteil lag nur bei 6,5% vom Gesamtfang. Des Weiteren zeigte sich hier auch ein signifikant ($p<0,0001$) geringerer Befall der Kälber mit Musciden.

Ein signifikanter Einfluss der Vernetzung auf die ermittelte Gewichtszunahme der Kälber konnte weder beim insektizidbehandelten noch bei den unbehandelten Netzen nachgewiesen werden.

In einem zweiten Versuch (August bis Oktober 2009) wurde das insektizidbehandelte Netz zum Schutz eines Milchviehstalls (Interventionsstall) eingesetzt. Der gesamte Stall wurde bis auf zwei Zufahrtswege durch einen 2,20m hohen, freistehenden Netzzaun umzäunt. Ein zweiter baugleicher und parallel ausgerichteter Stall blieb unvernetzt und diente als Kontrolle.

In beiden Ställen wurde an den gleichen Positionen jeweils drei UV-Lichtfallen zum Fang von Gnitzen und zwei insektizidfreie Fliegenklebstofffallen zum Fang von Musciden aufgehängt.

Mit der gewählten Vernetzung konnte über die gesamte Beobachtungszeit hinweg ein nachhaltiger Effekt auf die Gnitzen- und Fliegenfangzahlen erzielt werden. Die signifikante Reduktion der Gnitzen im Interventions- gegenüber dem Kontrollstall betrug durchschnittlich 41,9% ($p=0,0391$), die der Musciden durchschnittlich 77,2% ($p=0,0039$).

Für die Erhebung der Gnitzenabundanz am Standort Lögow wurden über den gesamten Versuchszeitraum (Juni bis Oktober 2009) vier UV-Licht Insektenfallen im Umfeld der Versuchseinheiten und Milchviehstallungen in- und außerhalb des Betriebsgeländes installiert.

Über die gesamte Versuchsdauer des entomologischen Monitorings von Anfang Juni bis Ende Oktober 2009 blieben die Fangzahlen in den Fallen im Außenbereich und in den Versuchseinheiten sowie später in den Stallanlagen sehr gering. Die höchsten Fangzahlen wurden zwischen Ende Juni und Mitte Juli 2009 ermittelt.

Die biozide Wirksamkeit des insektizidbehandelten Netzes wurde vor der Ausbringung im Feld und im Verlauf in monatlichen Abständen mittels sensibler Testinsekten (*Musca domestica*) im Bioassay überprüft. Die Testbox war von innen mit der zu prüfenden Netzprobe ausgekleidet. Nach einer Expositionszeit von 10 Sekunden wurden in genau definierten Zeitabständen die Paralyseraten der Testinsekten dokumentiert. Zur Beurteilung der insektiziden Wirkung diente der T50-Wert (Zeitpunkt, zu dem 50% der Testinsekten paralysiert sind). Im Fliegen-Bioassay zeigte das insektizidbehandelte Netz eine gute und persistierende insektizide Wirksamkeit über den gesamten Versuchszeitraum von 5 Monaten.

Sogar nach einem Jahr im Feld hatte sich der T50-Wert im Vergleich zum Ausgangswert (4min) lediglich etwas mehr als verdoppelt (9min).

Das insektizidbehandelte Netz ließ sich gut verarbeiten und eignet sich durch seine Widerstandsfähigkeit gegenüber Witterungseinflüssen (Wind) für einen Einsatz im Feld. Die gewählte Maschenweite, die Insektizidkonzentration des untersuchten Netzes sowie die Form der freistehenden Vernetzung haben sich ebenso als wirksam erwiesen.

Erneute Prüfungen dieses Netzes in Gebieten mit nachweislich höherer Gnitzenabundanz sind erforderlich, um die bisherigen Ergebnisse zu bestätigen.

Gleichsam unterstreicht die bestehende Problematik von nachgewiesenen Insektizidresistenzen bei Fliegen in Brandenburg sowie die bewiesene Aqua- und Kaltblüttoxizität der Pyrethroide aber auch die Notwendigkeit der Prüfung von insektizidfreien Netzen. Weiterführende Untersuchungen sollten darauf abzielen, diese Netze auf der Grundlage der bisherigen Ergebnisse zu optimieren.

7. Summary

The Effectiveness of Various Net Prototypes for the Protection of Dairy Cattle and Calves from Vectors of the Bluetongue Disease (Biting Midges, *Culicoides* spp.) and other Pest Insects.

In August 2006, Bluetongue disease, a viral disease of domestic and wild ruminants (originating from Africa), first occurred in the border triangle of the Netherlands, Belgium and Germany and thus threatened the local livestock.

The objective of the present thesis was to assess the effectiveness of untreated nets and nets treated with an insecticide in order to prevent biting midges (*Ceratopogonidae*, *Culicoides* spp.) known as the vector of the Bluetongue virus and other pest insects (*Muscidae* spp.) from entering open cattle pens.

In summer/fall 2009, field research was undertaken on a dairy cattle farm in Lögow in the district of Ostprignitz-Ruppin in the federal state of Brandenburg.

During a first trial (from June until August 2009), the most effective net was identified in an experimental set up that was easy to observe, and calf houses were chosen for this. Two testing groups out of three testing units each were established to observe the effectiveness of both nets one untreated and one treated with an insecticide respectively.

One testing unit consisted of five calf houses each furnished with one calf that was reared in the enclosure for a period of three weeks being separated from its mother immediately after being born. The testing units were protected with the net, either completely (side walls and roof) or partly (fence at 1.8 meters height). One testing unit was not protected to serve as a control group.

The level of effectiveness was observed by collecting target insects. One ultraviolet light trap (Biogents Sentinel[®] UV light trap) was installed in the centre of each testing unit. The traps were activated during three intervals between Sunday and Monday from 5 p.m. until 9 a.m. the following day. Towards the end of this first trial, insecticide-free glue traps (Glue-Fly Ribbon Traps[®] Eurofarm, Bützberg, Switzerland) were set up in each of the testing units.

The impact of these protective measures towards productivity (development of weight) as well as the general well-being of the calves (defense mechanisms and fly infestation intensity) was also taken into account during the observations.

The insecticide-treated net was made of polyester with a mesh size of 1.6 x 1.7mm and contained encapsulated deltamethrin at an initial concentration of 115mg/m². The two types of untreated nets used in this study were one black fabric made of polyethylene with an irregular mesh size of 0.7 to 1.2mm and one olive-colored texture with a regular mesh size of less than 1mm.

The untreated nets did not lead to a sustainable reduction of biting midges and other pest insects in the protected testing units. However, the second type of untreated net (mesh size less than 1 mm) resulted in a significant decline in defense mechanisms of the calves in the testing unit that was protected by the netting fence at 1.80 m height.

In the testing unit that was partly protected with the insecticide-treated net, a significant reduction at an average of 73.6% ($p=0.001$) of biting midges was observed compared to the control group. Against all expectations, most of the biting midges (47.7% of the total number of insects collected from all testing units) were found in the testing unit that was completely surrounded by nets. Yet, in the same testing unit a considerable effect on pest insects in general was observed. The ratio of flies was only 6.5% of the total number of collected flies. Furthermore, a significantly smaller ($p<0.0001$) infestation of the calves with flies was recorded.

It was not verified that the protection with neither treated nor untreated nets had an impact on the calves' development of weights.

During a second trial (from August until October 2009) the insecticide-treated net was set up for the protection of dairy cattle in a stable (intervention group). The entire building excluding two access roads was equipped with a free-standing netting fence at 2.20m height. Another stable that was identical in construction and aligned parallel to the intervention stable remained without netting and served as control group.

In both pens, three UV light traps were installed in the same position to collect biting midges, and two insecticide-free glue traps were set up to catch pest insects (*Muscidae* spp.)

During the entire observation period, a sustainable effect on the number of biting midges and flies could be examined. The significant reduction of biting midges in the intervention group compared to the control group was at 41.9% ($p=0.0391$), the reduction of flies on average 77.2% ($p=0.0039$).

From June until October 2009, four UV light traps were set up in the close vicinity of the testing units and cattle stables in and outside of the farm premises to monitor the abundance of biting midges at the location Lögow.

For the duration of entomologic monitoring from the beginning of June until the end of October 2009, the number of insects caught in the traps outdoors and inside the testing units as well as later in the stables was very small. The highest abundance was examined at the end of June until mid of July 2009.

The biocidal effectiveness of the insecticide-treated net was frequently tested in bioassays by using sensitive strains of laboratory insects (*Musca domestica*) once before the installation of the nets in the field and subsequently on a monthly basis. The interior of the testing box was covered with a sample of the net. After a 10-second exposure, the paralysis rate of the testing insects was recorded in pre-defined time intervals. The T50 value (the point of time when 50% of the testing insects are paralyzed) was used to evaluate the effectiveness of the insecticide. The fly bioassay showed sound and persistent insecticide effectiveness during the entire testing period of five months. Even after one year in the field, the T50 has slightly more than doubled (9min) compared to the initial T50 (4min).

7. Summary

The insecticide-treated net was easy to handle and due to its durability towards weather conditions (wind) it is considered suitable for the field. The chosen mesh size, the insecticide concentration of the examined net as well as the way of installation (free-standing) proved to be effective.

Continuous monitoring of the effectiveness of the net in regions with a demonstrably higher abundance of biting midges is necessary to confirm the results that have been achieved up to now.

At the same time, the obvious problem of detected and proven insecticide resistance on many cattle farms underlines the necessity of research on insecticide-free nets to fight vectors. Further research should focus on the optimization of these nets on the basis of the results that have been gathered so far.

8. Anhang

Tabelle 4: Beobachtungsprotokoll für die Abwehrbewegungen der Kälber in den Versuchseinheiten.

Uhrzeit	Abwehrbewegung	Versuchseinheit:			
		Iglu-Nr.	Iglu-Nr.	Iglu-Nr.	Iglu-Nr.
	von - bis				
	Kopfschütteln				
	Ohrwackeln				
	Schwanzschlagen				
	Beinschlagen				
	Auffälliges Hautzucken				
	Kategorie Musciden				
	Kopfschütteln				
	Ohrwackeln				
	Schwanzschlagen				
	Beinschlagen				
	Auffälliges Hautzucken				
	Kategorie Musciden				
	Kopfschütteln				
	Ohrwackeln				
	Schwanzschlagen				
	Beinschlagen				
	Auffälliges Hautzucken				
	Kategorie Musciden				

Tabelle 5: Protokoll für die Gewichtserfassung der Kälber in den Versuchseinheiten.

Iglunummer	Einstellungsnummer	Ohrnummer	Datum Einstallung	Gewicht Einstallung (kg)	Datum Ausstallung	Gewicht Ausstallung (kg)
A1						
A2						
A3						
A4						
A5						
A6						
A7						
A8						
A9						
A10						
A11						
A12						
A13						
A14						
A15						
B16						
B17						
B18						
B19						
B20						
B21						
B22						
B23						
B24						
B25						
B26						
B27						
B28						
B29						
B30						

Tabelle 6: Testbogenvorlage für den Fliegen-Bioassay.

Test		
Netzprobe vom		
Testdatum		
Beginn		
Anzahl Testtiere		
davon ♀		
davon ♂		
2 min	p	f
4 min	p	f
6 min	p	f
8 min	p	f
10 min	p	f
12 min	p	f
14 min	p	f
20 min	p	f
30 min	p	f
60 min	p	f
6 h	p	f
24 h	p	f

Wiederholung 1		
Netzprobe vom		
Testdatum		
Beginn		
Anzahl Testtiere		
davon ♀		
davon ♂		
2 min	p	f
4 min	p	f
6 min	p	f
8 min	p	f
10 min	p	f
12 min	p	f
14 min	p	f
20 min	p	f
30 min	p	f
60 min	p	f
6 h	p	f
24 h	p	f

Wiederholung 2		
Netzprobe vom		
Testdatum		
Beginn		
Anzahl Testtiere		
davon ♀		
davon ♂		
2 min	p	f
4 min	p	f
6 min	p	f
8 min	p	f
10 min	p	f
12 min	p	f
14 min	p	f
20 min	p	f
30 min	p	f
60 min	p	f
6 h	p	f
24 h	p	f

p: Anzahl paralysierter Fliegen, f: Anzahl noch flugfähiger Fliegen

9. Literaturverzeichnis

- Anderson, G.S., Belton, P., Belton, E.M., 1993. A population study of *Culicoides obsoletus* Meigen (Diptera: *Ceratopogonidae*), and other *Culicoides* species in the Fraser Valley of British Columbia. *Can Entomol* 125, 439-447.
- Anderson, J.R., Linhares, A.X., 1989. Comparison of several different trapping methods for *Culicoides variipennis* (Diptera: *Ceratopogonidae*). *J Am Mosq Control Assoc* 5, 325-334.
- Ansari, M.A., Carpenter, S., Butt, T.M., 2010. Susceptibility of *Culicoides* biting midge larvae to the insect-pathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*: prospects for bluetongue vector control. *Acta Trop* 113, 1-6.
- Ansari, R.A., Kaur, M., Ahmad, F., Rahman, S., Rashid, H., Islam, F., Raisuddin, S., 2009. Genotoxic and oxidative stress-inducing effects of deltamethrin in the erythrocytes of a freshwater biomarker fish species, *Channa punctata* Bloch. *Environ Toxicol* 24, 429-436.
- Balenghien, T., Cetre-Sossah, C., Grillet, C., Delecolle, J.C., Mathieu, B., Baldet, T., 2008. Diurnal activity of potential bluetongue vectors in northern Europe. *Vet Rec* 162, 323-324.
- Bartsch, S., Bauer, B., Wiemann, A., Clausen, P.H., Steuber, S., 2009. Feeding patterns of biting midges of the *Culicoides obsoletus* and *Culicoides pulicaris* groups on selected farms in Brandenburg, Germany. *Parasitol Res* 105, 373-380.
- Bauer, B., Blank, J., Heile, C., Schein, E., Clausen, P.-H., 2006a. Pilotstudie zur Bewertung der Effizienz insektizid-behandelter Netzzäune zum Schutz von Pferden gegen Weidefliegen im nördlichen Brandenburg. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 119, Heft 9/10, 421-424.
- Bauer, B., Gitau, D., Oloo, F.P., Karanja, S.M., 2006b. Evaluation of a preliminary trial to protect zero-grazed dairy cattle with insecticide-treated mosquito netting in western Kenya. *Trop Anim Health Prod* 38, 29-34.
- Bauer, B., Jandowsky, A., Schein, E., Mehlitz, D., Clausen, P.-H., 2009. An appraisal of current and new techniques intended to protect bulls against *Culicoides* and other haematophagous nematocera: the case of Schmergow, Brandenburg, Germany. *Parasitol Res* 105, 359-365.

- Baylis, M., O'Connell, L., Mellor, P.S., 2008. Rates of bluetongue virus transmission between *Culicoides sonorensis* and sheep. *Med Vet Entomol* 22, 228-237.
- Baylis, M., O'Connell, L., Purse, B.V., 2004. Modelling the distribution of bluetongue vectors. *Vet Ital* 40, 176-181.
- Baylis, M., Parkin, H., Kreppel, K., Carpenter, S., Mellor, P.S., McIntyre, K.M., 2010. Evaluation of housing as a means to protect cattle from *Culicoides* biting midges, the vectors of bluetongue virus. *Med Vet Entomol* 24, 38-45.
- Beck, W., Pantchev, N., 2006. Parasitosen der Vögel. In: Beck, W., Pantchev, N. (Eds.), *Praktische Parasitologie bei Heimtieren: Kleinsäuger- Vögel- Reptilien- Bienen*, 1. Auflage, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co.KG, Hannover, 176-178.
- Becker, C.H., 1974. Bluetongue. In: Beer, J. (Ed.), *Infektionskrankheiten der Haustiere Teil I*, 1. Auflage, Gustav-Fischer-Verlag, Jena, 61-63.
- Beresford, D.V., Sutcliffe, J.F., 2006. Studies on the effectiveness of coroplast sticky traps for sampling stable flies (Diptera: *Muscidae*), including a comparison to Alsynite. *J Econ Entomol* 99, 1025-1035.
- Bhasin, A., Mordue Luntz, A.J., Mordue, W., 2001. Field studies on efficacy of host odour baits for the biting midge *Culicoides impunctatus* in Scotland. *Med Vet Entomol* 15, 147-156.
- Birley, M.H., Boorman, J.P.T., 1982. Estimating the survival and biting rates of haematophagous insects with particular reference to *Culicoides obsoletus* group in Southern England. *J Anim Ecol* 51, 135-148.
- Blank, J., Heile, C., Schein, E., Clausen, P.-H., Bauer, B., 2005. Einfacher Schutz von Pferden gegen stechende und saugende Weidefliegen. *Veterinärmedizinischer Report, Organ für tierärztliche Fortbildungskongresse* 29, 2.
- Blanton, F.S., Wirth, W.W., 1979. The sandflies (*Culicoides*) of Florida (Diptera: *Ceratopogonidae*). *Arthropods Fla Neighb Land Areas* 10, 1-204.
- BMELV, 2006. Anzahl der bestätigten Blauzungenkrankheits-Fälle in Deutschland, http://www.bmelv.de/cln_182/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tierge sundheit/Blauzungenkrankheit/Blauzungen-FaelleDeutschland2006.html.

- BMELV, 2007. Anzahl der bestätigten Blauzungenkrankheits- Fälle in Deutschland, http://www.bmelv.de/cln_182/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/Blauzungenkrankheit/Blauzungen-FaelleDeutschland2007.html.
- BMELV, 2008. Anzahl der bestätigten Blauzungenkrankheits- Fälle in Deutschland, http://www.bmelv.de/cln_182/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/Blauzungenkrankheit/Blauzungen-FaelleDeutschland2008.html.
- BMELV, 2009. Anzahl der bestätigten Blauzungenkrankheits- Fälle in Deutschland, http://www.bmelv.de/cln_182/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/Blauzungenkrankheit/Blauzungen-FaelleDeutschland2009.html.
- BMELV, 2010. Allgemeines zur Blauzungenkrankheit und zur Impfung, http://www.bmelv.de/cln_172/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/Blauzungenkrankheit/Blauzungenkrankheit.html.
- Boorman, J., 1993. Biting midges (*Ceratopogonidae*). In: Lane, P.R., Crosskey, R.W. (Eds.), *Medical Insects and Arachnids*, 1. Auflage, Chapman & Hall, London, 288-304.
- Boorman, J., 2006. A guide to the British *Culicoides*. Institute for Animal Health, <http://www.iah.bbsrc.ac.uk/bluetongue/culicoides/index.html>.
- Borkent, A., 2006. World species of biting midges (Diptera: *Ceratopogonidae*). Royal British Columbia Museum Kanada, Victoria, 1-240.
- Borkent, A., Wirth, W.W., 1997. World species of biting midges (Diptera, *Ceratopogonidae*). *Bull Am Mus Nat Hist* 233, 257pp.
- Boucard, T.K., McNeill, C., Bardgett, R.D., Paynter, C.D., Semple, K.T., 2008. The impact of synthetic pyrethroid and organophosphate sheep dip formulations on microbial activity in soil. *Environ Pollut* 153, 207-214.
- Bowen, R.A., Howard, T.H., Elsdon, R.P., Seidel, G.E., 1985a. Bluetongue virus and embryo transfer in cattle. *Prog Clin Biol Res* 178, 85-89.
- Bowen, R.A., Howard, T.H., Pickett, B.W., 1985b. Seminal shedding of bluetongue virus in experimentally infected bulls. *Prog Clin Biol Res* 178, 91-96.
- Brandenburg Regional, 2006. Landkreis Ostprignitz-Ruppin, http://www.lbv.brandenburg.de/dateien/stadt_wohnen/Kreis_OPR.pdf.

- Braverman, Y., 1989. Control of biting midges *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*), vectors of bluetongue and inducers of sweet itch: A Review. *Isr J Vet Med* 45, 124-129.
- Braverman, Y., 1992. Host detection, hourly activity, and the preferred biting sites of *Culicoides imicola* (Diptera, *Ceratopogonidae*) on a calf in Israel. In: Walton, T.E., Osburn, B. I. (Ed.), Proceedings of the second international symposium, Boca Raton, Florida, U.S.A.
- Braverman, Y., 1994. Nematocera (*Ceratopogonidae*, *Psychodidae*, *Simuliidae* and *Culicidae*) and control methods. *Rev Sci Tech* 13, 1175-1199.
- Braverman, Y., Linley, J.R., 1993. Effect of light trap height on catch of *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*) in Israel. *J Med Entomol* 30, 1060-1063.
- Broce, A.B., 1988. An improved Alsynite trap for stable flies, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: *Muscidae*). *J Med Entomol* 25, 406-409.
- Bundestag, 2009. Pressemitteilung Deutscher Bundestag, www.bundestag.de/presse/hib/2009_12/2009_293/02.html.
- Cafarchia, C., Lia, R.P., Romito, D., Otranto, D., 2009. Competence of the housefly, *Musca domestica*, as a vector of *Microsporium canis* under experimental conditions. *Med Vet Entomol* 23, 21-25.
- Cagienard, A., Griot, C., Mellor, P.S., Denison, E., Stark, K.D., 2006. Bluetongue vector species of *Culicoides* in Switzerland. *Med Vet Entomol* 20, 239-247.
- Calistri, P., Goffredo, M., Caporale, V., Meiswinkel, R., 2003. The distribution of *Culicoides imicola* in Italy: application and evaluation of current Mediterranean models based on climate. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health* 50, 132-138.
- Calvete, C., Calvo, J.H., Calavia, R., Miranda, M.A., Borrás, D., Estrada, R., Lucientes, J., Manuz, B., Romero, L., 2008. *Culicoides* species and transmission of bluetongue virus in Spain. *Vet Rec* 162, 255.
- Calvete, C., Estrada, R., Miranda, M.A., Del Rio, R., Borrás, D., Beldron, F.J., Martínez, A., Calvo, A.J., Lucientes, J., 2010. Protection of livestock against bluetongue virus vector *Culicoides imicola* using insecticide-treated netting in open areas. *Med Vet Entomol* 24, 169-175.

- Campbell, J.B., Skoda, S.R., Berkebile, D.R., Boxler, D.J., Thomas, G.D., Adams, D.C., Davis, R., 2001. Effects of stable flies (Diptera: *Muscidae*) on weight gains of grazing yearling cattle. *J Econ Entomol* 94, 780-783.
- Capela, R., Purse, B.V., Pena, I., Wittman, E.J., Margarita, Y., Capela, M., Romao, L., Mellor, P.S., Baylis, M., 2003. Spatial distribution of *Culicoides* species in Portugal in relation to the transmission of African horse sickness and bluetongue viruses. *Med Vet Entomol* 17, 165-177.
- Carpenter, S., Lunt, H.L., Arav, D., Venter, G.J., Mellor, P.S., 2006. Oral susceptibility to bluetongue virus of *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*) from the United Kingdom. *J Med Entomol* 43, 73-78.
- Carpenter, S., Mellor, P., Torr, S.J., 2007. Bluetongue and midge control. *Vet Rec* 161, 633.
- Carpenter, S., Mellor, P.S., Torr, S.J., 2008a. Control techniques for *Culicoides* biting midges and their application in the U.K. and northwestern Palaearctic. *Med Vet Entomol* 22, 175-187.
- Carpenter, S., Szymaragd, C., Barber, J., Labuschagne, K., Gubbins, S., Mellor, P., 2008b. An assessment of *Culicoides* surveillance techniques in northern Europe: have we underestimated a potential bluetongue virus vector? *J Appl Ecol* 45, 1237-1245.
- Chapman, J.W., Howse, P.E., Knapp, J.J., Goulson, D., 1998. Evaluation of three (Z)-9-tricosene formulations for control of *Musca domestica* (Diptera: *Muscidae*) in caged-layer poultry units. *J Econ Entomol* 91, 915-922.
- Chirico, J., 1994. A comparison of sampling methods with respect to cattle-visiting *Muscidae* and their nematode infections. *Med Vet Entomol* 8, 214-218.
- Cilek, J.E., 2002. Attractiveness of beach ball decoys to adult *Stomoxys calcitrans* (Diptera: *Muscidae*). *J Med Entomol* 39, 127-129.
- Cilek, J.E., Kline, D.L., 2002. Adult biting midge response to trap type, carbon dioxide, and an octenol-phenol mixture in northwestern Florida. *J Am Mosq Control Assoc* 18, 228-231.
- Clarke, S.E., Bogh, C., Brown, R.C., Pinder, M., Walraven, G.E., Lindsay, S.W., 2001. Do untreated bednets protect against malaria? *Trans R Soc Trop Med Hyg* 95, 457-462.

- Clausen, P.-H., Stephan, A., Bartsch, S., Jandowsky, A., Hoffmann-Kohler, P., Schein, E., Mehltitz, D., Bauer, B., 2009. Seasonal dynamics of biting midges (Diptera: *Ceratopogonidae*, *Culicoides* spp.) on dairy farms of Central Germany during the 2007/2008 epidemic of bluetongue. *Parasitol Res* 105, 381-386.
- Conraths, F.J., Gethmann, J.M., Staubach, C., Mettenleiter, T.C., Beer, M., Hoffmann, B., 2009. Epidemiology of bluetongue virus serotype 8, Germany. *Emerging Infect Dis* 15, 433-435.
- Conraths, F.J., Kramer, M., Freuling, C., Hoffmann, B., Staubach, C., Gethmann, J., Teifke, J., Beer, M., 2007b. Blauzungenkrankheit in Deutschland: Klinik, Diagnostik und Epidemiologie. *Prakt Tierarzt-Supplemente* 2, 9-15.
- Conraths, F.J., Kramer, M., Freuling, C., Hoffmann, B., Unger, F., Staubach, C., 2007a. Übertragung der Blauzungenkrankheit durch *Culicoides* spp. in Westeuropa. *Vet-MedReport* V5 31, 1-2.
- Curtis, C.F., Myamba, J., Wilkes, T.J., 1996. Comparison of different insecticides and fabrics for anti-mosquito bednets and curtains. *Med Vet Entomol* 10, 1-11.
- Dadhich, H., 2004. Bluetongue: an overview of recent trends in diagnostics. *Vet Ital* 40, 564-566.
- Darriet, F., N'Guessan, R., Carnevale, P., 2000. Evaluation in test huts of the protective effects of untreated mosquito nets against *Anopheles gambiae* s.s. bites. *Sante* 10, 413-417.
- Darwish, E., Zayed, A., 2002. Pathogenicity of two entomopathogenic hyphomycetes, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, to the housefly *Musca domestica* J Egypt Soc Parasitol 32, 785-796.
- De Liberato, C., Farina, F., Magliano, A., Rombola, P., Scholl, F., Spallucci, V., Scaramozzino, P., 2010. Biotic and abiotic factors influencing distribution and abundance of *Culicoides obsoletus* group (Diptera: *Ceratopogonidae*) in central Italy. *J Med Entomol* 47, 313-318.
- De Liberato, C., Purse, B.V., Goffredo, M., Scholl, F., Scaramozzino, P., 2003. Geographical and seasonal distribution of the bluetongue virus vector, *Culicoides imicola*, in central Italy. *Med Vet Entomol* 17, 388-394.

- Dekant, W., Vamvakas, S., Henschler, D., 2001. Pestizide. In: Forth, W., Henschler, D., Rummel, W., Förstermann, U., Starke, K. (Eds.), Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, 8. Auflage, Urban & Fischer Verlag, München, 1057-1065.
- Deutscher Wetterdienst, 2009. Klimareport, http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU2/KU22/klimastatusbericht/klimareport/klimareport__2009,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/klimareport_2009.pdf.
- Dietz, O., Huskamp, B.E., 1999. Handbuch Pferdepraxis, 2. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Djuricic, B., Jermolenko, G., Milosevic, B., Radojicic, S., Debeljak, Z., Tomic, A., 2004. The first bluetongue virus isolation in Yugoslavia. *Vet Ital* 40, 581-582.
- Drummond, D.C., Boorman, J., 2003. Further records of some *Arum* species and their insects visitors. *Entomol Month Mag* 139, 163-166.
- Drummond, D.C., Hammond, P.M., 1991. Insects visiting *Arum dioscoridis* SM. and *A. orientale* M. Bieb. *Entomol. Month Mag* 127, 151-156.
- Du Toit, R.M., 1944. The Transmission of Blue-Tongue and Horse-Sickness by *Culicoides*. *Onderstepoort J Vet Sci Anim Ind* 19, 7-16.
- Dubay, S.A., Rosenstock, S.S., Stallknecht, D.E., deVos, J.C., Jr., 2006. Determining prevalence of bluetongue and epizootic hemorrhagic disease viruses in mule deer in Arizona (USA) using whole blood dried on paper strips compared to serum analyses. *J Wildl Dis* 42, 159-163.
- Dukes, J.C., Axtell, R.C., 1976. Residual effectiveness of insecticide- treated screens for control of biting midges, *Culicoides furens* (Poey) (Diptera, *Ceratopogonidae*). *Mosq News* 36, 488-491.
- Eckert, J., Friedhoff, K.T., Zahner, H., Deplazes, P., 2008. Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin, 2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart.
- EFSA, 2007. Bluetongue Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *The EFSA Journal*, 479/480.
- EFSA, 2008. Bluetongue Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *The EFSA Journal* 735, 1-70.

- Elbers, A.R., Backx, A., Ekker, H.M., van der Spek, A.N., van Rijn, P.A., 2008. Performance of clinical signs to detect bluetongue virus serotype 8 outbreaks in cattle and sheep during the 2006-epidemic in The Netherlands. *Vet Microbiol* 129, 156-162.
- Enserink, M., 2006. Bluetongue outbreak has African roots. *ScienceNOW*, Daily News 29. August 2006, <http://news.sciencemag.org/sciencenow/2006/08/29-01.html?ref=hp>
- Erstfeld, K.M., 1999. Environmental fate of synthetic pyrethroids during spray drift and field runoff treatments in aquatic microcosms. *Chemosphere* 39, 1737-1769.
- Eschbaumer, M., Hoffmann, B., Moss, A., Savini, G., Leone, A., Konig, P., Zemke, J., Conraths, F., Beer, M., 2009. Emergence of bluetongue virus serotype 6 in Europe-German field data and experimental infection of cattle. *Vet Microbiol* 143, 189-195.
- Fasse, K., 2010. Pyrethrum- Ein Pflanzenextrakt mit breiter Wirksamkeit gegen Insekten und Milben. *Fachpraxis* 57, 27-28.
- Fernandez-Pacheco, P., Fernandez-Pinero, J., Agüero, M., Jimenez-Clavero, M.A., 2008. Bluetongue virus serotype 1 in wild mouflons in Spain. *Vet Rec* 162, 659-660.
- Fletcher, M.G., Turner, E.C., Hansen, J.W., Perry, B.D., 1988. Horse-baited insect trap and mobile insect sorting table used in a disease vector identification study. *J Am Mosq Control Assoc* 4, 431-435.
- FLI, 2008. Information zur Blauzungenkrankheit (Bluetongue disease), http://www.fli.bund.de/fileadmin/dam_uploads/tierseuchen/FLI_Blauzungenkrankheit_0807.pdf.
- FLI, 2010a. Amtliche Methodensammlung Blauzungenkrankheit, http://www.fli.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Publikationen/Amtliche_Methodensammlung/Blauzungenkrankheit.pdf.
- FLI, 2010b. Blauzungenkrankheit in Deutschland, http://www.fli.bund.de/no_cache/de/startseite/aktuelles-presse/aktuelles-tierseuchengeschehen/blauzungenkrankheit.html.
- FLI, 2010c. Nationales Referenzlabor für Blauzungenkrankheit- Kurzcharakteristik, http://www.fli.bund.de/de/startseite/forschung-institute/institut-fuer-virusdiagnostik/referenzlabore/nrl-fuer-bt.html#h2_1.

- FLI, 2010d. Qualitative Risikobewertung zur Aufhebung der Impfpflicht gegen die Blauzungenkrankheit, Serotyp 8, im Jahr 2010, http://www.fli.bund.de/fileadmin/dam_uploads/tierseuchen/Risikobewertung_Impfung_BTV-8_091007.pdf
- Floore, T.G., 1985. Laboratory wind tunnel tests of nine insecticides against adult *Culicoides* species. Fla Entomol 68, 678-682.
- Förster, M., Klimpel, S., Mehlhorn, H., Sievert, K., Messler, S., Pfeffer, K., 2007. Pilot study on synanthropic flies (e.g. *Musca*, *Sarcophaga*, *Calliphora*, *Fannia*, *Lucilia*, *Stomoxys*) as vectors of pathogenic microorganisms. Parasitol Res 101, 243-246.
- Förster, M., Sievert, K., Messler, S., Klimpel, S., Pfeffer, K., 2009. Comprehensive study on the occurrence and distribution of pathogenic microorganisms carried by synanthropic flies caught at different rural locations in Germany. J Med Entomol 46, 1164-1166.
- Foxi, C., Delrio, G., 2010. Larval habitats and seasonal abundance of *Culicoides* biting midges found in association with sheep in northern Sardinia, Italy. Med Vet Entomol 24, 199-209.
- Frenzel, M., 1993. Die Gier nach einem außergewöhnlichen Naturstoff; Phänomen und experimentelle Ansätze zur Klärung der Ursachen der Canthariphilie. Diss. rer. nat, Universität Bayreuth.
- Friberg-Jensen, U., Wendt-Rasch, L., Woin, P., Christoffersen, K., 2003. Effects of the pyrethroid insecticide, cypermethrin, on a freshwater community studied under field conditions. I. Direct and indirect effects on abundance measures of organisms at different trophic levels. Aquat Toxicol 63, 357-371.
- Garcia-Saenz, A., McCarter, P., Baylis, M., 2010. The influence of host number on the attraction of biting midges, *Culicoides* spp., to light traps. Med Vet Entomol 25, 113-115.
- Geerike, N., 2010. Die Wirksamkeit insektizidbehandelter Netze zum Schutz von Kälbern in Igluhaltung vor Gnitzen und anderen Lästlingsinsekten. Dissertation Freie Universität Berlin, Journal-Nr.: 3467, Mensch & Buch Verlag, ISBN 978-3-86387-038-6
- Gerry, A.C., Peterson, N.G., Mullens, B.A., 2007. Predicting and controlling stable flies on California dairies. Oakland: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 8258, pp. 1-11

- Gerry, A.C., Sarto i Monteys, V., Moreno Vidal, J.O., Francino, O., Mullens, B.A., 2009. Biting rates of *Culicoides* midges (Diptera: *Ceratopogonidae*) on sheep in northeastern Spain in relation to midge capture using UV light and carbon dioxide-baited traps. *J Med Entomol* 46, 615-624.
- Giovannini, A., Calistri, P., Conte, A., Savini, L., Nannini, D., Patta, C., Santucci, U., Caporale, V., 2004. Bluetongue virus surveillance in a newly infected area. *Vet Ital* 40, 188-197.
- Goetghebuer, M., Lenz, F., 1934. Heleidae (Ceratopogonidae). In: Lindner, E. (Ed.), *Die Fliegen der palearktischen Region*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Erwin Nägele), Stuttgart.
- Goffredo, M., Meiswinkel, R., 2004. Entomological surveillance of bluetongue in Italy: methods of capture, catch analysis and identification of *Culicoides* biting midges. *Vet Ital* 40, 260-265.
- Goffredo, M., Romeo, G., Monaco, F., Di Gennaro, A., Savini, G., 2004. Laboratory survival and blood feeding response of wild-caught *Culicoides obsoletus* Complex (Diptera: *Ceratopogonidae*) through natural and artificial membranes. *Vet Ital* 40, 282-285.
- Gomez-Tejedor, C., 2004. Brief overview of the bluetongue situation in Mediterranean Europe, 1998-2004. *Vet Ital* 40, 57-60.
- Gomulski, L.M., Meiswinkel, R., Delécolle, J.-C., Goffredo, M., Gasperi, G., 2006. Phylogeny of the subgenus *Culicoides* and related species in Italy, inferred from internal transcribed spacer 2 ribosomal DNA sequences. *Med Vet Entomol* 20, 229-238.
- Gray, D.P., Bannister, G.L., 1961. Studies on Bluetongue - I. Infectivity of the Virus in the sheep ked, *Melophagus ovinus* (L.). *Can J Comp Med Vet Sci* 25, 230-232.
- Greenberg, B., 1971. *Flies and diseases Vol.1. Ecology, classification and biotic associations*. Princeton University Press Princeton, New Jersey.
- Greenberg, B., 1973. *Flies and disease Vol.II. Biology and disease transmission*. Princeton University Press Princeton, New Jersey.
- Groth, U., 1973. Entry prevention in stables and fly population density determination methods. *Angew Parasitol* 14, 131-151.

- Hausman, A., 1993. Zur Methodik des Großschmetterling-Fangs in Malaisefallen. *Entomofauna* 14 (12), 233-252.
- Havelka, P., Aguilar, M., 1999. *Ceratopogonidae* In: Schumann, H., Bährmann, R. & Stark, A. (Eds.), Checkliste der Dipteren Deutschlands. *Studia dipterologica Supplement* 2, pp. 80-82.
- Hayashi, K., Suzuki, H., Makino, Y., 1979. Notes on the transoceanic insects captured on the East China Sea in 1976- 1978. *Trop Med* 21, 1-10.
- Hiepe, T., Lucius, R., Gottstein, B., 2006. Allgemeine Parasitologie mit den Grundzügen der Immunologie, Diagnostik und Bekämpfung. 1. Auflage, Parey MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH & Co.KG, 378-396.
- Hiepe, T., Ribbeck, R., 1982. Lehrbuch der Parasitologie, Band IV, Veterinärmedizinische Arachno-Entomologie, Gustav- Fischer Verlag, Jena, 302-304.
- Hill, M.A., 1947. The life-cycle and habits of *Culicoides impunctatus* Goetghebuer and *Culicoides obsoletus* Meigen, together with some observations on the life-cycle of *Culicoides odibilis* Austen, *Culicoides pallidicornis* Kieffer, *Culicoides cubitalis* Edwards and *Culicoides chiopterus* Meigen. *Ann Trop Med Parasitol* 41, 55-115.
- Hoffmann, B., Bauer, B., Bauer, C., Bätza, H.J., Beer, M., Clausen, P.-H., Geier, M., Gethmann, J.M., Kiel, E., Liebisch, G., Liebisch, A., Mehlhorn, H., Schaub, G.A., Werner, D., Conraths, F.J., 2009. Monitoring of putative vectors of bluetongue virus serotype 8, Germany. *Emerging Infect Dis* 15, 1481-1484.
- Hoffmann, B., Sasserath, M., Thalheim, S., Bunzenthal, C., Strebelow, G., Beer, M., 2008. Bluetongue virus serotype 8 reemergence in Germany, 2007 and 2008. *Emerging Infect Dis* 14, 1421-1423.
- Hoffmann, G., Herrmann, J., 2002. Gliedertiere (Arthropoda) als mögliche Überträger (Vektoren) des Maul- und Klauenseuche- (MKS-) Virus. *Bundesgesundheitsblatt* 45, 565-576.
- Hofmann, M.A., Renzullo, S., Mader, M., Chaignat, V., Worwa, G., Thuer, B., 2008. Genetic characterization of toggenburg orbivirus, a new bluetongue virus, from goats, Switzerland. *Emerging Infect. Dis.* 14, 1855-1861.
- Hofmann, W., 2005. Rinderkrankheiten, Innere und Chirurgische Erkrankungen. 1. Auflage, Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

- Hogsette, J.A., 1999. Management of ectoparasites with biological control organisms. *Int J Parasitol* 29, 147-151.
- Holbrook, F.R., Bobian, R.J., 1989. Comparisons of light traps for monitoring adult *Culicoides variipennis* (Diptera: *Ceratopogonidae*). *J Am Mosq Control Assoc* 5, 558-562.
- Holdsworth, P.A., Vercruyse, J., Rehbein, S., Peter, R.J., De Bruin, C., Letonja, T., Green, P., 2006. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) guidelines for evaluating the efficacy of ectoparasiticides against biting and nuisance flies on ruminants. *Vet Parasitol* 136, 3-13.
- Holmes, P.R., Boorman, J.P., 1987. Light and suction trap catches of *Culicoides* midges in southern England. *Med Vet Entomol* 1, 349-359.
- Hourrigan, J.L., Klingsporn, A.L., 1975. Bluetongue: the disease in cattle. *Aust Vet J* 51, 170-174.
- Howard, A.F., N'Guessan, R., Koenraadt, C.J., Asidi, A., Farenhorst, M., Akogbeto, M., Thomas, M.B., Knols, B.G., Takken, W., 2010. The entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* reduces instantaneous blood feeding in wild multi-insecticide-resistant *Culex quinquefasciatus* mosquitoes in Benin, West Africa. *Parasit Vectors* 3, 87.
- Hutcheon, D., 1902. Malarial catarrh fever of sheep. *Vet Rec* 14, 629-633.
- Iben, B., 2009. Blauzungenkrankheit in Deutschland und Europa. *Kompendium Nutztier* 2009. MVS Medizinverlage, Stuttgart, pp. 14-16.
- Ilchmann, G., Clausen, P.-H., Mehlitz, D., Bauer, B., 2009. Die Afrikanische Pferdepest- Eine weitere Tierseuche *ante portas?* *pferde spiegel* 2, 1-6.
- Intervet, D., 2010. Produktinformation Butox,
http://www.intervet.de/Products/Butox_75_pour_on/Butox_75_pour_on.aspx.
- Jamnback, H., 1961. The effectiveness of chemically treated screens in killing annoying punkies, *Culicoides obsoletus*. *J Econ Entomol* 54, 578-580.
- Jamnback, H., 1963. Further observations on the effectiveness of chemically treated screens in killing biting midges, *Culicoides sanguisuga* (Diptera: *Ceratopogonidae*). *J Econ Entomol* 56, 719-720.

- Jandowsky, A., 2010. Vorkommen und Verbreitung von Insektizidresistenzen bei Fliegen (*Musca domestica*) in Milchviehbetrieben im Bundesland Brandenburg, Deutschland. Dissertation, Freie Universität Berlin, Journal-Nr.:3340. Mensch und Buch Verlag, ISBN 978-3-8664-751-0.
- Jandowsky, A., Clausen, P.-H., Schein, E., Bauer, B., 2010. Vorkommen und Verbreitung von Insektizidresistenzen bei Fliegen (*Musca domestica* L.) in Milchviehbetrieben Brandenburgs. *Prakt Tierarzt* 91:7, 590-598.
- Jandowsky, A., Schein, E., Clausen, P.-H., Sievert, K., Bauer, B., 2009. Vorkommen und Verbreitung von Insektizidresistenzen bei Fliegen (*Musca domestica*) in Milchviehbetrieben Brandenburgs. In: Tagung der DVG-Fachgruppe "Parasitologie und parasitäre Krankheiten", Leipzig, pp. 47-48.
- Jespersen, J., 2008. Moskitonetze retten Leben. Wissenschaft populär. BASF - The Chemical Company, Ludwigshafen.
- Kampen, H., 2008. Der Ausbruch der Blauzungenkrankheit 2006 in Mitteleuropa-Fakten und Fragen. *Mitt Dtsch Ges Allg Angew Ent* 16, 393-397.
- Kampen, H., Kiel, E., 2006. Ceratopogoniden in Deutschland aus (veterinär)medizinisch-entomologischer Sicht. *Nutztierpraxis Aktuell* 19, 54-65.
- Kampen, H., Kiel, E., Schröder, W., 2007. Blauzungenkrankheit in Deutschland 2006. Epizootiologischer Hintergrund, entomologische Analyse und notwendige Konsequenzen (Diskussionsbeitrag). *Z Umweltchem Ökotox* 19, 37-46.
- Katagi, T., 2010. Bioconcentration, bioaccumulation, and metabolism of pesticides in aquatic organisms. *Rev Environ Contam Toxicol* 204, 1-132.
- Keiding, J., 1986. The housefly - biology and control Advanced Level - Training and Information Guide. WHO document/VBC/86.937, World Health Organisation Geneva.
- Kettle, D.S., 1957. Preliminary observations on weather conditions and the activity of biting flies. *Proc R Entomol Soc London Ser A* 32, 13-20.
- Kettle, D.S., 1984. *Ceratopogonidae* (Biting midges). Medical and Veterinary Entomology. 1. Auflage, Croom Helm Ltd London & Sydney, 137-158.
- Kline, D.L., Haile, D.G., Baldwin, K.F., 1981. Wind tunnel tests with seven insecticides against adult *Culicoides mississippiensis* *J Am Mosq Control Assoc* 41, 745-747.

- Kline, D.L., Roberts, R.H., 1981. Effectiveness of chlorpyrifos, fenthion, malathion, and propoxur as screen treatments for control of *Culicoides mississippiensis*. J Econ Entomol 74, 331-339.
- Kühlhorn, F., 1961. Über die Bedeutung des Fliegenzufluges in Viehställe und seine Behinderung. Gesundheitswes Desinfekt 53, 122-124.
- Kühlhorn, F., 1964. Über das Vorkommen von Culicoides - Mücken im Nutztviehbereich. Gesundheitswes Desinfekt 56, 99-103.
- Labib, I.M., Rady, M., 2001. Application of *Bacillus thuringiensis* in poultry houses as a biological control agent against the housefly, *Musca domestica sorbens*. J Egypt Soc Parasitol 31, 531-544.
- Lafi, W.K., Al-Qodah, Z., 2006. Combined advanced oxidation and biological treatment processes for the removal of pesticides from aqueous solutions. J Hazard Mater 137, 489-497.
- Landschaftsförderverein Oberes Rhinluch, 2010. Rhinluch-Flora.
www.oberes-rhinluch.de/flora.
- Lane, R.P., Crosskey, R.W., 1993. Medical Insects and Arachnids, 1. Auflage, Chapman & Hall, London.
- Langner, K.F.A., 2005. Das Sommerexzem des Pferdes: Untersuchungen zu potentiellen Allergenen aus *Culicoides nubeculosus*. Diss. rer. nat. Tierärztliche Hochschule Hannover, 1-178.
- Lecuona, R.E., Turica, M., Tarocco, F., Crespo, D.C., 2005. Microbial control of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) with selected strains of *Beauveria bassiana*. J Med Entomol 42, 332-336.
- Liebisch, A., Liebisch, G., 2007. Biologie und Bekämpfung von *Culicoides* - Mücken als Vektoren der Bluetongue bei Rindern in Deutschland. Prakt Tierarzt 88, 440-449.
- Liebisch, A., Liebisch, G., Heine S., Thienel, S., Hintichs, P., 2008a. Wirksamkeit von Auriplak Ohrclips (Permethrin) gegen Gnizen (*Culicoides*) als Überträger des Bluetongue Virus bei Rindern. Prakt Tierarzt 89, 128-141.

- Liebisch, G., Krieger, K., Heine, S., Thienel, S., Hinrichs, P., Liebisch, A., 2008b. Bayofly pour on (Cyfluthrin) bei der Abwehr und Bekämpfung von Gnitzen (*Ceratopogonidae: Culicoides*) den Überträgern des Bluetongue Virus: Felduntersuchungen und Bioassay mit Milchkühen und Jungrindern. *Prakt Tierarzt* 89, 411-426.
- Liebisch, G., Liebisch, A., 2008. Efficacy of Flectron-eartags (cypermethrin) for control of midges (*Culicoides*) as the vectors of bluetongue virus in cattle: field studies and bioassays. *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 115, 220-230.
- Lierz, M., Göbel, T., Schuster, R., 2002. Occurrence of parasites in indigenous birds of prey and owls. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 115, 43-52.
- Liess, B., Kaaden, O.R., 2003. Virusinfektionen bei Haus- und Nutztieren, 2. Auflage, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co.KG, Hannover.
- Lillie, T.H., Marquard, W.C., Jones, R.H., 1981. The flight range of *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Can Entomol* 133, 419-426.
- Linley, J.R., Adams, G.M., 1972. A study of mating behaviour of *Culicoides melleus* (COQUILLET) (Diptera: *Ceratopogonidae*). *Trans. R. ent Soc Lond* 124, 81-121.
- Linley, J.R., Hoch, A.L., Pinheiro, F.P., 1983. Biting midges (Diptera: *Ceratopogonidae*) and human health. *J Med Entomol* 20, 347-364.
- Losson, B., Mignon, B., Paternostre, J., Madder, M., De Deken, R., De Deken, G., Deblauwe, I., Fassotte, C., Cors, R., Defrance, T., Delecolle, J.C., Baldet, T., Haubruge, E., Frederic, F., Bortels, J., Simonon, G., 2007. Biting midges overwintering in Belgium. *Vet Rec* 160, 451-452.
- Lucius, R., Loos-Frank, B., 2008. *Biologie von Parasiten*, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Lüscher, B., 2003. Stallfliegen- gibt es ein Geheimrezept? *Informationsschrift der Firma Swisshgenetics* 6, 20-21.
- Lutz, W., 2008. Fallwildbericht. Auswertung der im Jagdjahr 2007/ 2008 durchgeführten Fallwilduntersuchungen im Land Nordrhein- Westfalen. Bonn, ISSN 1860-7675, <http://wald-und-holz.nrw.de/>
- MacLachlan, N.J., 2004. Bluetongue: pathogenesis and duration of viraemia. *Vet Ital* 40, 462-467.

- Maia, M., Bauer, B., Mehlitz, D., Clausen, P.-H., Abonuusum, A., Osei, S., Kruppa, T., May, J., Garms, R., 2005. Use of insecticide- treated nets to protect cattle against insects of veterinary and medicinal importance in Ghana. Scientific Report 2004-2005. Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine, pp. 86-87.
- Maia, M., Clausen, P.-H., Mehlitz, D., Garms, R., Bauer, B., 2010. Protection of confined cattle against biting and nuisance flies (*Muscidae*: Diptera) with insecticide-treated nets in the Ghanaian forest zone at Kumasi. Parasitol Res 106, 1307-1313.
- Manti, B., Bauer, B., Mehlitz, D., Westerkamp, A., Clausen, P.-H., 2010. Untersuchungen zur Empfindlichkeit von Gnitzen (*Culicoides* spp.) gegenüber pyrethroidbehandelten Netzen – Etablierung eines Testverfahrens zur Wirksamkeitsprüfung von Netzprototypen. In: DVG-Jahrestagung der Fachgruppe „Parasitologie und parasitäre Krankheiten“, München, Deutschland, p. A14.
- Martini, E., 1952. Lehrbuch der medizinischen Entomologie. 4. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena, 224.
- Mathieu, B., Perrin, A., Baldet, T., Delecolle, J.C., Albina, E., Cetre-Sossah, C., 2007. Molecular identification of Western European species of *obsoletus* complex (Diptera: *Ceratopogonidae*) by an internal transcribed spacer-1 rDNA multiplex polymerase chain reaction assay. J Med Entomol 44, 1019-1025.
- Mecham, J.O., White, D.M., Drolet, B.S., Wilson, W.C., 2004. Persistence of bluetongue virus in the insect vector and its implication for disease control. In: Proceedings of the 108th Annual Meeting of the United States Animal Health Association, Greensboro, NC, USA.
- Mehlhorn, H., 2008. Encyclopedia of Parasitology. 3. Auflage, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg New York, 216.
- Mehlhorn, H., Schmahl, G., D'Haese, J., Schumacher, B., 2008a. Butox 7.5 pour on: a deltamethrin treatment of sheep and cattle: pilot study of killing effects on *Culicoides* species (*Ceratopogonidae*). Parasitol Res 102, 515-518.
- Mehlhorn, H., Schmahl, G., Schumacher, B., D'Haese, J., Walldorf, V., Klimpel, S., 2008b. Effects of Bayofly on specimens of *Culicoides* species when incubated in hair taken from the feet of previously treated cattle and sheep. Parasitol Res 102, 519-522.
- Mehlhorn, H., Walldorf, V., Klimpel, S., Jahn, B., Jaeger, F., Eschweiler, J., Hoffmann, B., Beer, M., 2007. First occurrence of *Culicoides obsoletus*-transmitted Bluetongue virus epidemic in Central Europe. Parasitol Res 101, 219-228.

- Mehlhorn, H., Walldorf, V., Klimpel, S., Schaub, G., Kiel, E., Focke, R., Liebisch, G., Liebisch, A., Werner, D., Bauer, C., Clausen, P.-H., Bauer, B., Geier, M., Horbrand, T., Batza, H.J., Conraths, F.J., Hoffmann, B., Beer, M., 2009. Bluetongue disease in Germany (2007-2008): monitoring of entomological aspects. *Parasitol Res* 105, 313-319.
- Mehlhorn, H., Walldorf, V., Klimpel, S., Schmahl, G., 2008c. Outbreak of bluetongue disease (BTD) in Germany and the danger for Europe. *Parasitol Res* 103 Suppl 1, S79-86.
- Meigen, J.W., 1830. Systematische Beschreibung der bekannten europäischen zweiflügligen Insekten. Schulz- Wundermann Hamm.
- Meiswinkel, R., Baylis, M., Labuschagne, K., 2000. Stabling and the protection of horses from *Culicoides bolitinos* (Diptera: *Ceratopogonidae*), a recently identified vector of African horse sickness. *Bull Entomol Res* 90, 509-515.
- Meiswinkel, R., Goffredo, M., Dijkstra, E.G., van der Ven, I.J., Baldet, T., Elbers, A., 2008. Endophily in *Culicoides* associated with BTV-infected cattle in the province of Limburg, south-eastern Netherlands, 2006. *Prev Vet Med* 87, 182-195.
- Meiswinkel, R., Gomulski, L.M., Delécolle, J.-C., Goffredo, M., Gasperi, G., 2004. The taxonomy of *Culicoides* vector complexes- unfinished business. *Vet Ital* 40, 151-159.
- Meiswinkel, R., Nevill, E.M., Venter, G.J., 1994. Vectors: *Culicoides* spp.. *Aust J Zool* 38, 68-69.
- Meiswinkel, R., van Rijn, P., Leijts, P., Goffredo, M., 2007. Potential new *Culicoides* vector of bluetongue virus in northern Europe. *Vet Rec* 161, 564-565.
- Mellor, P.S., 1990. The replication of bluetongue virus in *Culicoides* vectors. *Curr Top Microbiol Immunol.* 162, 143-161.
- Mellor, P.S., 1996. *Culicoides*: vectors, climate change and disease risk. *Vet Bull* 66, 301-306.
- Mellor, P.S., 2000. Replication of arboviruses in insect vectors. *J Comp Pathol* 123, 231-247.
- Mellor, P.S., 2004. Infection of the vectors and bluetongue epidemiology in Europe. *Vet Ital* 40, 167-174.
- Mellor, P.S., Boorman, J., 1995. The transmission and geographical spread of African horse sickness and bluetongue viruses. *Ann Trop Med Parasitol* 89, 1-15.

- Mellor, P.S., Boorman, J., Baylis, M., 2000. *Culicoides* biting midges: their role as arbovirus vectors. *Annu Rev Entomol* 45, 307-340.
- Mellor, P.S., Boorman, J.P.T., Wilkinson, P.J., Martinez- Gómez, F., 1983. Potential vectors of bluetongue an African horse sickness in Spain. *Vet Rec* 112, 229-230.
- Mellor, P.S., Carpenter, S., Harrup, L., Baylis, M., Mertens, P.P., 2008. Bluetongue in Europe and the Mediterranean Basin: history of occurrence prior to 2006. *Prev Vet Med.* 87, 4-20.
- Mellor, P.S., Leake, C.J., 2000. Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Rev Sci Tech* 19, 41-54.
- Mellor, P.S., Wittmann, E.J., 2002. Bluetongue virus in the Mediterranean Basin 1998-2001. *Vet J* 164, 20-37.
- Meyer, J.A., Mullens, B.A., Cyr, T.L., Stokes, C., 1990. Commercial and naturally occurring fly parasitoids (Hymenoptera: *Pteromalidae*) as biological control agents of stable flies and house flies (Diptera: *Muscidae*) on California dairies. *J Econ Entomol* 83, 799-806.
- Mihok, S., 2002. The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies. *Bull Entomol Res* 92, 385-403.
- Miranda, M.A., Rincon, C., Borrás, D., 2004. Seasonal abundance of *Culicoides imicola* and *C. obsoletus* in the Balearic islands. *Vet Ital* 40, 292-295.
- Mullens, B.A., 1995. Flight activity and response to carbon dioxide of *Culicoides variipennis sonorensis* (Diptera: *Ceratopogonidae*) in southern California. *J Med Entomol* 32, 310-315.
- Mullens, B.A., Cardona, C.J., McClellan, L., Szijj, C.E., Owen, J.P., 2006. *Culicoides bottimeri* as a vector of *Haemoproteus lophortyx* to quail in California, USA. *Vet Parasitol* 140, 35-43.
- Mullens, B.A., Gerry, A.C., Monteys, V.S., Pinna, M., Gonzalez, A., 2010. Field studies on *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*) activity and response to deltamethrin applications to sheep in northeastern Spain. *J Med Entomol* 47, 106-110.
- Mullens, B.A., Gerry, A.C., Velten, R.K., 2001. Failure of a permethrin treatment regime to protect cattle against bluetongue virus. *J Med Entomol* 38, 760-762.

- Mullens, B.A., Holbrook, F.R., 1991. Temperature effects on the gonotrophic cycle of *Culicoides variipennis* (Diptera: *Ceratopogonidae*). *J Am Mosq Control Assoc* 7, 588-591.
- Mullens, B.A., Velten, R.K., Federici, B.A., 1999. Iridescent virus infection in *Culicoides variipennis sonorensis* and interactions with the mermithid parasite *Heleidomermis magnapapula*. *J Invertebr Pathol* 73, 231-233.
- Mullens, B.A., Velten, R.K., Gerry, A.C., Braverman, Y., Endris, R.G., 2000. Feeding and survival of *Culicoides sonorensis* on cattle treated with permethrin or pirimiphos-methyl. *Med Vet Entomol* 14, 313-320.
- Murray, J.O., Trainer, D.O., 1970. Bluetongue virus in North American elk. *J Wildl Dis* 6, 144-148.
- Nelson, R.L., Bellamy, R.E., 1971. Patterns of flight activity of *Culicoides variipennis* (Coquillett) (Diptera: *Ceratopogonidae*). *J Med Entomol* 8, 283-291.
- Nolan, D.V., Carpenter, S., Barber, J., Mellor, P.S., Dallas, J.F., Mordue Luntz, A.J., Piertney, S.B., 2007. Rapid diagnostic PCR assays for members of the *Culicoides obsoletus* and *Culicoides pulicaris* species complexes, implicated vectors of bluetongue virus in Europe. *Vet Microbiol* 124, 82-94.
- OIE, 2010a. Listed diseases,
http://www.oie.int/eng/maladies/en_classification2010.htm?e1d7.
- OIE, 2010b. Terrestrial Animal Health Code,
http://www.oie.int/eng/normes/mcode/en_chapitre_1.8.3.htm.
- Olbrich, S., 1987. Untersuchungen zur Biologie von Gnitzen der Gattung *Culicoides Latreille* (Diptera: *Ceratopogonidae*) an Weiderindern in Norddeutschland. Ergebnisse aus dem Freiland und dem Laboratorium. Diss. rer. nat. Universität Hannover.
- Pajor, I.T., 1987. A collapsible, semi-automatic, tent-type, emergence trap, suitable for sampling *Culicoides* (Diptera: *Ceratopogonidae*) from a wide range of habitats. *Onderstepoort J Vet Res* 54, 99-101.
- Papadopoulos, E., Bartram, D., Carpenter, S., Mellor, P., Wall, R., 2009. Efficacy of alphacypermethrin applied to cattle and sheep against the biting midge *Culicoides nubeculosus*. *Vet Parasitol* 163, 110-114.

- Paweska, J.T., Venter, G.J., Mellor, P.S., 2002. Vector competence of South African *Culicoides* species for bluetongue virus serotype 1 (BTV-1) with special reference to the effect of temperature on the rate of virus replication in *C. imicola* and *C. bolitinos*. *Med Vet Entomol* 16, 10-21.
- PEI, 2009. Impfstoffe,
http://www.pei.de/nn_1431392/DE/infos/tieraerzte/pharm-vet/spez-infos-vet-mittel-sik/blauzungenkrankheit/btv-beschr-krankheit.html#doc1316992bodyText2.
- Picado, A., Kumar, V., Das, M., Burniston, I., Roy, L., Suman, R., Dinesh, D., Coosemans, M., Sundar, S., Shreekant, K., Boelaert, M., Davies, C., Cameron, M., 2009. Effect of untreated bed nets on blood-fed *Phlebotomus argentipes* in kala-azar endemic foci in Nepal and India. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 104, 1183-1186.
- Purse, B.V., Mellor, P.S., Rogers, D.J., Samuel, A.R., Mertens, P.P., Baylis, M., 2005. Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. *Nat Rev Microbiol* 3, 171-181.
- Racewicz, M., Kruminis-Lozowska, W., Gabre, R.M., Stanczak, J., 2009. The occurrence of *Cryptosporidium* spp. in synanthropic flies in urban and rural environments. *Wiad Parazytol* 55, 231-236.
- Reeves, W.K., Lloyd, J.E., Stobart, R., Stith, C., Miller, M.M., Bennett, K.E., Johnson, G., 2010. Control of *Culicoides sonorensis* (diptera: *ceratopogonidae*) blood feeding on sheep with long-lasting repellent pesticides. *J Am Mosq Control Assoc* 26, 302-305.
- Robinson, R.M., Hailey, T.L., Livingston, C.W., Thomas, J.W., 1967. Bluetongue in the desert bighorn sheep *J Wildl Manage.* 31, 165-168.
- Rohrmann, K.M.A., 2010. Die Wirksamkeit insektizidbehandelter Netze zum Schutz von Rindern vor Gnitzen und Lästlingsinsekten in Milchviehstallungen. Dissertation Freie Universität Berlin, Journal-Nr.: 3344, Mensch & Buch Verlag, ISBN 978-3-86664-752-7
- Rolle, M., Mayr, A., 2007. *Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*. 8. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 215-216, 219-221.
- Rozendaal, J.A. (Ed.), 1997. *Vector Control: Methods for use by individuals and communities*. World Health Organisation Geneva.
- Saegerman, C., Berkvens, D., Mellor, P.S., 2008. Bluetongue epidemiology in the European Union. *Emerging Infect Dis* 14, 539-544.

- Satta, G., Goffredo, M., Sanna, S., Vento, L., Cubeddu, G.P., Mascherpa, E., 2004. Field disinfection trials against *Culicoides* in north-west Sardinia. *Vet Ital* 40, 329-335.
- Schmahl, G., Klimpel, S., Walldorf, V., Al-Quraishy, S., Schumacher, B., Jatzlau, A., Mehlhorn, H., 2009a. Pilot study on deltamethrin treatment (Butox 7.5, Versatrine) of cattle and sheep against midges (*Culicoides species*, *Ceratopogonidae*). *Parasitol Res* 104, 809-813.
- Schmahl, G., Klimpel, S., Walldorf, V., Schumacher, B., Jatzlau, A., Al-Quraishy, S., Mehlhorn, H., 2009b. Effects of permethrin (Flypor) and fenvalerate (Acadrex60, Arkofly) on *Culicoides* species-the vector of Bluetongue virus. *Parasitol Res* 104, 815-820.
- Schmahl, G., Mehlhorn, H., Abdel-Ghaffar, F., Al-Rasheid, K., Schumacher, B., Jatzlau, A., Pohle, H., 2009c. Does rain reduce the efficacy of Butox 7.5 pour on (deltamethrin) against biting midges (*Culicoides* specimens)? *Parasitol Res* 105, 1763-1765.
- Schmahl, G., Walldorf, V., Klimpel, S., Al-Quraishy, S., Mehlhorn, H., 2008. Efficacy of Oxyfly on *Culicoides* species--the vectors of Bluetongue virus--and other insects. *Parasitol Res* 103, 1101-1103.
- Schmidtman, E.T., 1991. Suppressing immature house and stable flies in outdoor calf hutches with sand, gravel, and sawdust bedding. *J Dairy Sci* 74, 3956-3960.
- Schnieder, T., Boch, J., Supperer, R.E., 2006. *Veterinärmedizinische Parasitologie*. 6. Auflage, Parey Verlag, Stuttgart.
- Scholtysik, G., Steuber, S., 2002. Antiparasitäre Chemotherapie. In: Frey, H.-H., Löscher, W. (Eds.), *Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin*. 7. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 433-448.
- Schwartz-Cornil, I., Mertens, P.P., Contreras, V., Hemati, B., Pascale, F., Breard, E., Mellor, P.S., MacLachlan, N.J., Zientara, S., 2008. Bluetongue virus: virology, pathogenesis and immunity. *Vet Res* 39, 46.
- Sellers, R.F., Pedgley, D.E., Tucker, M.R., 1978. Possible windborne spread of bluetongue to Portugal, June-July 1956. *J Hyg (Lond)* 81, 189-192.
- Sellers, R.F., Maarouf, A.R., 1993. Weather factors in the prediction of western equine encephalitis epidemics in Manitoba. *Epidemiol Infect* 111, 373-390.

- Sellers, R.F., Mellor, P.S., 1993. Temperature and the persistence of viruses in *Culicoides* spp. during adverse conditions. *Rev Sci Tech* 12, 733-755.
- Serumwerk Bernburg, D., 2010. Produktinformation Latroxin, <http://www.noe-tgd.at/media/aktuelles/pdf/Produktinfo%20Latroxin%20Delta.pdf>.
- Soulsby, E.J., 1982. Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. 7. Auflage, Baillière Tindall, London, 404-405.
- Stephan, A., Clausen, P.-H., Bauer, B., Steuber, S., 2009. PCR identification of *Culicoides dewulfi* midges (Diptera: *Ceratopogonidae*), potential vectors of bluetongue in Germany. *Parasitol Res* 105, 367-371.
- Tabachnik, W.J., 2004. *Culicoides* and the global epidemiology of bluetongue virus infection. *Vet Ital* 40, 145-150.
- Takamatsu, H., Mellor, P.S., Mertens, P.P.C., Kirkham, P.A., Burroughs, J.N., Parkhouse, R.M.E., 2005. A possible overwintering mechanism of bluetongue virus in absence of the insect vector. *J Gen Virol* 84, 227-235.
- Takken, W., 2002. Do insecticide-treated bednets have an effect on malaria vectors? *Trop Med Int Health* 7, 1022-1030.
- Takken, W., Verhulst, N., Scholte, E.J., Jacobs, F., Jongema, Y., Lammeren, R.v., 2008. The phenology and population dynamics of *Culicoides* spp. in different ecosystems in the Netherlands. *Prev Vet Med* 87, 1-16.
- Taylor, D.B., Berkebile, D., 2006. Comparative efficiency of six stable fly (Diptera: *Muscidae*) traps. *J Econ Entomol* 99, 1415-1419.
- Taylor, L.R., 1962. The absolute efficiency of insect suction traps. *Ann Appl Biol* 50, 405-421.
- Taylor, M.A., Coop, R.L., Wall, R.L.E., 2007. *Veterinary Parasitology*. 3. Auflage, Blackwell Publishing, Oxford.
- Thorne, E.T., Williams, E.S., Spraker, T.R., Helms, W., Segerstrom, T., 1988. Bluetongue in free-ranging pronghorn antelope (*Antilocapra americana*) in Wyoming: 1976 and 1984. *J Wildl Dis* 24, 113-119.

- Ungemach, F.R., 2006. Antiparasitika. In: Löscher, W., Ungemach, F.R., Kroker, R. (Ed.), Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren. 7. Auflage, Parey-Verlag, Stuttgart, 312-329.
- Van der Rijt, R., van den Boom, R., Jongema, Y., van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M., 2008. *Culicoides* species attracted to horses with and without insect hypersensitivity. *Vet J* 178, 91-97.
- Van Wijngaarden, R.P., Brock, T.C., Van den Brink, P.J., 2005. Threshold levels for effects of insecticides in freshwater ecosystems: a review. *Ecotoxicology* 14, 355-380.
- Venter, G.J., Hermanides, K.G., 2006. Comparison of black and white light for collecting *Culicoides imicola* and other livestock-associated *Culicoides species* in South Africa. *Vet Parasitol* 142, 383-385.
- Venter, G.J., Hermanides, K.G., Boikanyo, S.N., Majatladi, D.M., Morey, L., 2009a. The effect of light trap height on the numbers of *Culicoides* midges collected under field conditions in South Africa. *Vet Parasitol* 166, 343-345.
- Venter, G.J., Labuschagne, K., Boikanyo, S.N., Majatladi, D.M., Morey, L., 2010. The effect of 1-octen-3-ol and 4-methylphenol on *Culicoides* midge numbers collected with suction light traps in South Africa. *Vet Parasitol* 175, 182-186.
- Venter, G.J., Labuschagne, K., Hermanides, K.G., Boikanyo, S.N., Majatladi, D.M., Morey, L., 2009b. Comparison of the efficiency of five suction light traps under field conditions in South Africa for the collection of *Culicoides* species. *Vet Parasitol* 166, 299-307.
- Venter, G.J., Mellor, P.S., Wright, I., Paweska, J.T., 2007. Replication of live-attenuated vaccine strains of bluetongue virus in orally infected South African *Culicoides* species. *Med Vet Entomol* 21, 239-247.
- Vetidata, 2010. Arzneimittelanwendungen, www.vetidata.de.
- Wade, A.J., 2007. Bluetongue and midge control. *Vet Rec* 161, 633.
- Wall, R., Shearer, D.E., 2001. *Veterinary Ectoparasites*. 2. Auflage, Blackwell Science, Oxford.

- Webster, W.R., Gard, G.P., St George, T.D., Kirkland, P.D., 1991. The Australian bluetongue control strategy. In: Walton, T.E., Osburn, B. I. (Ed.), Proc. 2n International Symposium on Bluetongue, African Horse Sickness and Related Orbivirus, Boca Raton, Florida, pp. 843-850.
- Welt Online, 2009. Meteorologie, 2009 ist eines der wärmsten Jahre seit 1850, <http://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article5466671/2009-ist-eines-der-waermsten-Jahre-seit-1850.html>.
- Wendt-Rasch, L., Friberg-Jensen, U., Woin, P., Christoffersen, K., 2003. Effects of the pyrethroid insecticide cypermethrin on a freshwater community studied under field conditions. II. Direct and indirect effects on the species composition. *Aquat Toxicol* 63, 373-389.
- Werner, D., Kampen, H., 2007. Gnitzen (Diptera: *Ceratopogonidae*), Informationsschrift zur Morphologie, Lebensweise und Verbreitung der Mücken, sowie zum Schadbild und zur Epidemiologie der Blauzungenkrankheit in Deutschland. *Stud Dipterol* 14, 231-257.
- White, D.M., Wilson, W.C., Blair, C.D., Beaty, B.J., 2005. Studies on overwintering of bluetongue viruses in insects. *J Gen Virol* 86, 453-462.
- Wieser-Schimpf, L., Foil, L.D., Holbrook, F.R., 1990. Comparison of New Jersey light traps for collection of adult *Culicoides variipennis* (Diptera: *Ceratopogonidae*). *J Am Mosq Control Assoc* 6, 537-538.
- Williams, D.F., 1973. Sticky traps for sampling population of *Stomoxys calcitrans*. *J Econ Entomol* 66, 1279-1280.
- Wilson, A.J., Mellor, P.S., 2009. Bluetongue in Europe: past, present and future. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 364, 2669-2681.
- Wittmann, E.J., Baylis, M., 2000. Climate change: effects on *Culicoides*--transmitted viruses and implications for the UK. *Vet J* 160, 107-117.
- Wittmann, E.J., Mello, P.S., Baylis, M., 2002. Effect of temperature on the transmission of orbiviruses by the biting midge *Culicoides sonorensis*. *Med Vet Entomol* 16, 147-156.
- Wright, P.J., Easton, C.S., 1996. Natural incidence of *Lagenidium giganteum* (Oomycetes: *Lagenidiales*) infecting the biting midge *Culicoides molestus* (Diptera: *Ceratopogonidae*). *Aust J Entomol* 35, 131-134.

Zimmer, J.Y., Haubruge, E., Francis, F., Bortels, J., Joie, E., Simonon, G., De Deken, R., De Deken, G., Deblauwe, I., Madder, M., Fassotte, C., Cors, R., Defrance, T., Saegerman, C., Thiry, E., Mignon, B., Paternostre, J., Losson, B., Kirschvink, N., 2008.
Distribution of potential bluetongue vectors on Belgium farms. *Vet Rec* 162, 700.

Veröffentlichungen

Teile der vorliegenden Dissertation wurden bereits veröffentlicht:

- O. Skrock, B. Manti, K. Rösel, B. Bauer, D. Mehltitz, M. Körber, R. Mathis, A. Westerkamp, K. Frenzel, B. Rößler, K.-J. Peters, P.-H. Clausen, 2009. Die Wirksamkeit unterschiedlicher Netzprototypen zum Schutz von Kälbern in Iglu-Haltung vor Überträgern (Gnitzen, *Culicoides* spp.) der Blauzungenkrankheit. 4. Doktorandensymposium am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, 6. November 2009, Programm & Abstracts, Mensch und Buch Verlag Berlin, ISBN 9783866646834, Abstract S. 84-85.
- O. Skrock, B. Manti, B. Bauer, K. M. A. Rohrmann, N. Geericke, D. Mehltitz, K.-J. Peters, K. Frenzel, A. Westerkamp, P.-H. Clausen, 2010. The effectiveness of insecticide-treated nets for the protection of cattle from biting midges and insect pests on dairy cattle. Joint Meeting of the German Societies of Parasitology and Protozoology at Duesseldorf University, March 17th- 20th 2010, Düsseldorf University Press, ISBN 978-3-940671-37-0, Abstract S.179.
- P.-H. Clausen, B. Bauer, D. Mehltitz, K. M. A. Rohrmann, N. Geerike, B. Manti, O. Skrock, B. Rößler, K.-J. Peters, A. Mlaouhi, A. Westerkamp, R. Mathis, K. Frenzel, M. Körber, C. Saure, 2010. Insektizidbehandelte Netze zur Bekämpfung von tiermedizinisch bedeutenden Vektorensuchen, Poster, Innovationstage 2010, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Berlin, 6.-7.10.2010.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn PD Dr. Peter-Henning Clausen für die Überlassung des Themas und die fortwährende Unterstützung und Betreuung. Vor allem möchte ich mich auch für die schnelle und kritische Dursicht der Arbeit bedanken.

Herrn Prof. Dr. Dieter Mehlitz und Herrn Dr. Burkhard Bauer danke ich für die gute Betreuung in Form anregender und fachlicher Gespräche und ihre Hilfestellung für die Planung und Durchführung der Arbeit. Auch für das zeitaufwändige Korrekturlesen möchte ich mich herzlich bedanken.

Bei den Mitarbeitern des Instituts für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin bedanke ich mich für die freundliche Aufnahme und die stetige Hilfsbereitschaft bei der Arbeit im Labor.

Für die umfassende Hilfestellung bei der statistischen Auswertung danke ich Herrn Lotz aus dem Institut für Biometrie und Informationsverarbeitung.

Bei dem Umweltbundesamt in Berlin bedanke ich nicht für die zuverlässige Bereitstellung der Zuchtinsekten.

Mein herzlicher Dank geht vor allem auch an Herrn und Frau Pommsele sowie ihren Mitarbeitern von der Agrargenossenschaft Lögow eG für die Bereitstellung ihres Betriebes für diese Untersuchungen und die effiziente Zusammenarbeit.

Herrn Dr. Frenzel, Tiergesundheitsdienst Bayern e.V., Herrn Dr. Körber, Institut für Pharmazie und pharmazeutische Technologie der FU Berlin, Herrn Dr. Saure, Büro für tierökologische Studien und Herrn Prof. Dr. Peters sowie Frau Dr. Mlaouhi, Institut für Nutztierwissenschaften der Humboldt Universität zu Berlin danke ich für die gute Zusammenarbeit.

Dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) danke ich für die finanzielle Förderung dieses Vorhabens.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei Frau Dr. Karen Rohrman und Frau Nicole Geerike für die tolle Einarbeitung in dieses Projekt bedanken, die vieles erleichtert hat. Danken möchte ich meiner Mitdotorandin Bianca Manti und Frau Kristina Rösel für die stetige Hilfsbereitschaft in Wort und Tat und die freundschaftliche Unterstützung während des Projektes. Ihr alle ward mir eine ganz große Hilfe.

Meiner Familie und meinem Freund danke ich von ganzem Herzen für ihren emotionalen Rückhalt, ihre Motivation und unerschöpfliche Unterstützung, die maßgeblich dazu beigetragen haben, dass ich meine Ziele erreichen konnte.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, Oona Skrock, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 09.06.2011

Oona Skrock