

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

**Die Wirksamkeit insektizidbehandelter Netze zum Schutz von  
Kälbern in Igluhaltung vor Gnitzen und anderen Lästlingsinsekten**

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

vorgelegt von  
Nicol Geerike  
Tierärztin aus Bernau

Berlin 2010  
Journal- Nr.: 3467

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Dr. Leo Brunnberg  
Erster Gutachter: PD Dr. Peter-Henning Clausen  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Rudolf Staufenberg  
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Karl-Hans Zessin

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

cattle, Culicoides, Musca domestica, insects, disease vectors, insect control,  
vector control, insecticides, deltamethrin, cyhalothrin, impregnated fabrics,  
bioassays, Bluetongue virus, liveweight gain

Tag der Promotion: 24.08.2011

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: 978-3-86387-038-6

**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.

Alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© Mensch und Buch Verlag 2011

Choriner Str. 85 - 10119 Berlin

[verlag@menschundbuch.de](mailto:verlag@menschundbuch.de) – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

*Meinen Eltern*

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>VII</b>
<b>GRAFIKVERZEICHNIS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 LITERATURÜBERSICHT</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 CERATOPOGONIDAE</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 ARTEN/ MORPHOLOGIE.....	3
2.1.2 ENTWICKLUNG .....	4
2.1.3 VORKOMMEN / EPIDEMIOLOGIE.....	5
2.1.4 SCHADWIRKUNG/ VEKTORFUNKTION.....	7
2.1.4.1 Blauzungenkrankheit .....	8
2.1.4.1.1 Begriff und Vorkommen .....	8
2.1.4.1.2 Ätiologie.....	9
2.1.4.1.3 Klinisches Bild und pathologische Befunde.....	14
2.1.4.1.4 Diagnose und Differentialdiagnose .....	15
2.1.4.1.5 Prophylaxe.....	16
<b>2.2 MUSCIDAE</b> .....	<b>18</b>
2.2.1 STALL- UND HAUSFLIEGEN .....	19
2.2.1.1 <i>Musca domestica</i> (Stubenfliege, Große Hausfliege) .....	19
2.2.1.2 <i>Stomoxys calcitrans</i> (Wadenstecher, Stallfliege).....	19
2.2.1.3 <i>Ophyra aenescens</i> (Güllefliege, Deponiefliege).....	20
2.2.1.4 Schadwirkung und Vektorfunktion von Stall- und Hausfliegen.....	20
2.2.2 WEIDEFLIEGEN.....	21
2.2.2.1 <i>Musca autumnalis</i> (Augen- oder Gesichtsflye).....	21
2.2.2.2 <i>Hydrotaea</i> spp. (Kopf- und Euterfliegen).....	21
2.2.2.3 <i>Haematobia</i> spp.....	21
<b>2.3 SONSTIGE LÄSTLINGSINSEKTEN DES RINDES</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4 BEKÄMPFUNGSSTRATEGIEN</b> .....	<b>24</b>
2.4.1 HYGIENISCHE MAßNAHMEN .....	24
2.4.2 BIOLOGISCHE BEKÄMPFUNG .....	25
2.4.3 PHYSIKALISCHE BEKÄMPFUNG .....	26

---

2.4.4	CHEMISCHE BEKÄMPFUNG .....	26
2.4.4.1	Pyrethroide .....	27
2.4.4.2	Repellentien.....	30
2.4.4.3	Makrozyklische Laktone.....	31
2.4.4.4	Insektenwachstumshemmer .....	31
2.4.5	KOMBINATION CHEMISCHER UND PHYSIKALISCHER BEKÄMPFUNG .....	32
2.4.6	RESISTENZEN .....	33
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>FELDUNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>34</b>
3.1.1	VERSUCHSBETRIEB UND VERSUCHSUMFELD .....	34
3.1.2	VERSUCHSPLAN .....	35
3.1.3	AUFBAU DER VERSUCHSEINHEITEN .....	36
3.1.4	VERSUCHSTIERE .....	39
3.1.5	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG .....	39
3.1.6	ENTOMOLOGISCHES MONITORING .....	41
3.1.7	BEFALLSINTENSITÄT DER KÄLBER MIT MUSCIDEN .....	43
3.1.8	ABWEHR- UND AKTIVITÄTSVERHALTEN DER KÄLBER .....	44
3.1.9	KÄLBERGEWICHT.....	44
3.1.10	WETTERDATEN.....	44
3.1.11	PROBENENTNAHME FÜR LABORUNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKSAMKEITSPRÜFUNG.....	45
3.1.12	PROBENENTNAHME FÜR LABORUNTERSUCHUNGEN ZUR RESISTENZPRÜFUNG.....	45
<b>3.2</b>	<b>LABORUNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>46</b>
3.2.1	BIOLOGISCHE TESTVERFAHREN (BIOASSAYS) .....	46
3.2.2	VERLAUFUNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKSAMKEITSPRÜFUNG AUSGEBRACHTER NETZE .....	46
3.2.3	UNTERSUCHUNGEN ZU AUSWIRKUNGEN VON WIRKSTOFF, WIRKSTOFFKONZENTRATION UND AUSRÜSTUNGSART AUF <i>MUSCA DOMESTICA</i> UND <i>CULICOIDES NUBECULOSUS</i> .....	47
<b>3.3</b>	<b>STATISTISCHE METHODEN .....</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>FELDUNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>49</b>
4.1.1	GNITZENFÄNGE .....	49
4.1.2	BEFALLSINTENSITÄT DER KÄLBER MIT MUSCIDEN.....	57
4.1.3	ABWEHRVERHALTEN.....	58
4.1.4	GEWICHTSENTWICKLUNG.....	59
4.1.5	WETTERDATENANALYSE .....	64

<b>4.2 LABORUNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>68</b>
4.2.1 VERLAUFSUNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKSAMKEITSPRÜFUNG .....	68
4.2.2 UNTERSUCHUNGEN ZU AUSWIRKUNGEN VON WIRKSTOFF, WIRKSTOFFKONZENTRATION UND AUSTRÜSTUNGSART AUF <i>MUSCA DOMESTICA</i> UND <i>CULICOIDES NUBECULOSUS</i> .....	70
4.2.2.1 Einfluss der Wirkstoffkonzentration .....	70
4.2.2.2 Einfluss des Wirkstoffes .....	71
4.2.2.3 Einfluss der Ausrüstungsart .....	73
<b>5 DISKUSSION</b> .....	<b>75</b>
<b>5.1 FELDUNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>75</b>
5.1.1 SCHUTZ VOR GNITZEN .....	76
5.1.2 BEFALLSINTENSITÄT DER KÄLBER MIT MUSZIDEN.....	77
5.1.3 ABWEHRVERHALTEN.....	78
5.1.4 GEWICHTSENTWICKLUNG.....	78
5.1.5 WETTERDATENANALYSE .....	79
<b>5.2 LABORUNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>80</b>
5.2.1 VERLAUFSUNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKSAMKEITSPRÜFUNG .....	80
5.2.2 UNTERSUCHUNGEN ZU AUSWIRKUNGEN VON WIRKSTOFF, WIRKSTOFFKONZENTRATION UND AUSTRÜSTUNGSART AUF <i>MUSCA DOMESTICA</i> UND <i>CULICOIDES NUBECULOSUS</i> .....	81
<b>5.3 SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	<b>82</b>
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>83</b>
<b>7 SUMMARY</b> .....	<b>85</b>
<b>8 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>87</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Strukturformel von Deltamethrin (C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> ) (GESTIS-Stoffdatenbank, 2009).....	28
Abbildung 2: Strukturformel von Lambda-Cyhalothrin (C <sub>23</sub> H <sub>19</sub> Cl <sub>1</sub> F <sub>3</sub> N <sub>1</sub> O <sub>3</sub> ) (GESTIS-Stoffdatenbank, 2009).....	28
Abbildung 3: Satellitenaufnahme der Milchviehanlage Kremmen, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, Lage der Versuchseinheiten A-D im Bezug zur Stallanlage (©Google Earth, 2008) .....	35
Abbildung 4: Unbelegte Iglus im Aufbau A - vor dem Hauptstallgebäude – Kontrolle (unvernetzt), Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, 2008.....	36
Abbildung 5: Aufbau B - vor dem Güllebecken – Netzhöhe 2,0 m, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg 2008.....	37
Abbildung 6: Aufbau C – vor dem Bürogebäude – vollständig vernetzt, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, 2008.....	38
Abbildung 7: Aufbau D –am Eingang des Betriebsgeländes – Netzhöhe 1,5 m, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, 2008.....	38
Abbildung 8: Netztyp 1, Polyesternetz der Firma Texinov, Textiles Techniques, Lyon, Frankreich, Maschenweite 2,0 x 2,0 mm mit Verstärkungstreifen .....	40
Abbildung 9: Schematischer Aufbau der Biogents- Sentinel UV- Lichtfalle <sup>®</sup> , Biogents, Regensburg.....	41
Abbildung 10: Inaktivierte BG- Sentinel UV- Lichtfalle <sup>®</sup> , Biogents, Regensburg .....	42
Abbildung 11: Aktivierte BG- Sentinel UV-Lichtfalle <sup>®</sup> , Biogents, Regensburg .....	42
Abbildung 12: Flügeladerung der Ceratopogonidae (©Werner & Kampen, 2007).....	43
Abbildung 13: Weibliches ungesogenes Exemplar der Obsoletus-Gruppe .....	43
Abbildung 14: Flügel einer <i>C. obsoletus</i> , ©Institute for Animal Health, Pirbright, England ....	43
Abbildung 15: Weibliches ungesogenes Exemplar der Pulicaris-Gruppe.....	43
Abbildung 16: Flügel einer <i>C. pulicaris</i> , markante Zeichnung in Form einer Sanduhr, ©Institute for Animal Health, Pirbright, England.....	43
Abbildung 17: Waage mit einem 3 Wochen alten Kalb vor dem Hauptstallgebäude .....	44
Abbildung 18: Wind- und Regen- Kombisensor KS 555 der Fa. Conrad.....	45

## **Grafikverzeichnis**

Grafik 1: Gnitzenfangzahlen in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 1,5 m hoch vernetzt, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Deltamethrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG .....	49
Grafik 2: Anteil gesogener weiblicher Gnitzen in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 1,5 m hoch vernetzt, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Deltamethrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG .....	50
Grafik 3: Gnitzengesamtzahl in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	51
Grafik 4: Gnitzengesamtfangzahl in Abhängigkeit vom Standort, Einsatz eines Lambda- Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	52
Grafik 5: Anteil einzelner Gnitzengruppen am Gesamtfang in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	52
Grafik 6: Reduktion der Pulicarisgesamtzahl im komplett mit Lambda-Cyhalothrin- behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	53
Grafik 7: Reduktion der Pulicarisgesamtzahl im 2 m hoch mit Lambda-Cyhalothrin- behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	54
Grafik 8: Reduktion der Obsoletusgesamtzahl im komplett mit Lambda-Cyhalothrin- behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	54
Grafik 9: Reduktion der Obsoletusgesamtzahl im 2 m hoch mit Lambda-Cyhalothrin- behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	55

---

Grafik 10: Anteil gesogener Weibchen an der Gesamtheit weiblicher Tiere der Obsoletus- Gruppe in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	56
Grafik 11: Fliegenbefall je Kalb in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum (108 Beobachtungen pro Vernetzungsgrad), Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	57
Grafik 12: Abwehrbewegungen je Kalb in 10 Minuten in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum (108 Beobachtungen pro Vernetzungsgrad), Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 ...	58
Grafik 13: Rasseverteilung (SBR: Schwarzbuntes Rind; FV: Fleckvieh) der Versuchskälber in Abhängigkeit von den Durchgängen 1-3, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	59
Grafik 14: Mittlere Tageszunahmen in Gramm in Abhängigkeit von Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) und Rasse (SBR: Schwarzbuntes Rind; FV: Fleckvieh) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	60
Grafik 15: Mittlere Tageszunahme der Kreuzungstiere in Gramm in Abhängigkeit von Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) und Durchgang unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyester- netzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	61
Grafik 16: Mittlere Tageszunahme der Schwarzbunten Rinder in Gramm in Abhängigkeit von Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) und Durchgang unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	62
Grafik 17: Verlauf der Temperatur in °C und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08 .....	64

Grafik 18: Verlauf der Luftfeuchte in %rH und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08 .....	65
Grafik 19: Verlauf des Niederschlages in mm und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08.....	65
Grafik 20: Verlauf der Windgeschwindigkeit in km/h und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08.....	66
Grafik 21: Verlauf des Luftdruckes in hPa und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08 .....	66
Grafik 22: Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung der insektiziden Wirkung des Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm im Gnitzenbioassay mit <i>C. nubeculosus</i> unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte .....	68
Grafik 23: Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung der insektiziden Wirkung des Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm im Fliegenbioassay mit <i>M. domestica</i> unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte .....	69
Grafik 24: Einfluss der im Gnitzenbioassay mit <i>C. nubeculosus</i> getesteten Wirkstoffkonzentration (100, 200 und 300 mg/m <sup>2</sup> ) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda- Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion .....	70
Grafik 25: Einfluss der im Fliegenbioassay mit <i>M. domestica</i> getesteten Wirkstoffkonzentration (100, 200 und 300 mg/m <sup>2</sup> ) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda- Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion .....	71
Grafik 26: Einfluss der im Gnitzenbioassay mit <i>C. nubeculosus</i> getesteten Wirkstoffe unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m <sup>2</sup> .....	72
Grafik 27: Einfluss der im Fliegenbioassay mit <i>M. domestica</i> getesteten Wirkstoffe unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m <sup>2</sup> .....	73
Grafik 28: Einfluss der im Gnitzenbioassay mit <i>C. nubeculosus</i> getesteten Ausrüstungsart (Emulsion oder Mikroverkapselung) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda- Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m <sup>2</sup> .....	73

Grafik 29: Einfluss der im Fliegenbioassay mit *M. domestica* getesteten Ausrüstungsart (Emulsion oder Mikroverkapselung) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup> .....74

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht derzeit in Deutschland zur Anwendung am Rind zugelassener pyrethroidhaltiger Ektoparasitika .....	29
Tabelle 2: Vernetzungsform der Versuchseinheiten während der 3 Versuchsdurchgänge, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG .....	40
Tabelle 3: Übersicht der im Bioassay mit <i>M. domestica</i> und <i>C. nubeculosus</i> getesteten Netzproben (Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) .....	47
Tabelle 4: Mittlere Tageszunahme der Kälber in Gramm und Schwankungsbreite in Abhängigkeit von Durchgang und Rasse (SBR: Schwarzbuntes Rind; FV: Fleckvieh) über den gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	60
Tabelle 5: Mittlere Tageszunahmen der Kreuzungstiere in Gramm und Schwankungsbreite in Abhängigkeit von Durchgang und Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	62
Tabelle 6: Mittlere Tageszunahme der Schwarzbunten Rinder in Gramm und Schwankungsbreite in Abhängigkeit von Durchgang und Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008 .....	63

**Abkürzungsverzeichnis**

BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BT	Blauzungenkrankheit (Bluetongue Disease)
BTV	Blauzungenvirus (Bluetongue Virus)
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
D	Deltamethrin
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EFSA	European Food Safety Authority
EG	Europäische Gemeinschaft
etc.	et cetera
Fa.	Firma
FLI	Friedrich Löffler Institut
g	Gramm
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
LC	Lambda- Cyhalothrin
LC50	Letalkonzentration für 50%
LC90	Letalkonzentration für 90%
l	Liter
LC	Lambda- Cyhalothrin
m	Meter
mg/m <sup>2</sup>	Milligramm pro Quadratmeter
mm	Millimeter
OIE	Office Internationale des Epizooties
o.g.	oben genannt
p.i.	post infectionem
RT-PCR	Reverse-transcription polymerase chain reaction
sog.	sogenannt
TGD	Tiergesundheitsdienst Bayern
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
UV	ultraviolett
VO	Verordnung
WHO	World Health Organisation
z.B.	zum Beispiel



## 1 Einleitung und Zielsetzung

In Zeiten der Globalisierung und des Klimawandels müssen wir uns der Tatsache stellen, dass in Europa bisher unbekannte tropische Vektoren-Krankheiten auftreten können. Während der weltweite Handel den Import infektiösen Materials ermöglicht, begünstigt das milde Klima die Etablierung dieser Krankheiten (Mehlhorn et al., 2008c). Besonders förderlich wirkt sich die Klimaveränderung auf Arthropoden wie Mücken, Fliegen und Zecken aus (Höreth-Böntgen, 2009). Zum einen erhöhen sich die Abundanzen, zum anderen steigen die Frequenz der Insektenstiche und die Replikationsrate der Viren im Vektor (ECDC, 2007; Semenza und Menne, 2009). Das Beispiel der Blauzungenkrankheit (Bluetongue Disease), welche erstmals im August 2006 in Deutschland diagnostiziert wurde, beweist, dass hierzulande potente Vektoren (*Culicoides* spp.) vorhanden sind. Es zeigte jedoch auch wie unvorbereitet Deutschland auf das Auftreten einer solchen Erkrankung war. Im Jahr 2007 kam es zu einer massiven Ausbreitung. Es wurden 20.623 Fälle gemeldet. Erst ab Mai 2008, zwei Jahre nach dem Erstauftreten in Deutschland, war eine Impfung der Wiederkäuerbestände und damit eine Reduktion der Fälle auf 5.125 möglich. Im Jahre 2009 wurden nur 142 Meldungen (Stand 20.11.2009) registriert. Dies spricht für die Wirkung der Impfung gegen den Serotyp 8. Gegen den bereits in Frankreich und Spanien vorkommenden Serotyp 1 gibt es ebenfalls einen Impfstoff. Es ist jedoch fraglich, welche Auswirkungen das Auftreten eines weiteren Serotyps oder der Eintrag anderer gnitzenübertragener Krankheiten wie z.B. Afrikanische Pferdesterbe, Akabane oder Bovines Ephemeralfieber hätte.

Es stehen derzeit keine Repellentien zur Verfügung, welche die Übertragung der Blauzungenkrankheit durch Gnitzen sicher verhindern können. Trotz konsequenter Behandlung mit Insektiziden im pour on Verfahren bzw. Einsatz von Insektizidohrclips nehmen Gnitzen von behandelten Bullen Blut auf und können somit potentiell Krankheiten übertragen (Bauer et al., 2009). Auch die einfache Aufstallung über Nacht bringt keinen ausreichenden Schutz, da einzelne Gnitzenarten endophag sind (Baldet et al., 2008).

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) geförderten Projektes wird ein neuer Bekämpfungsansatz zum Schutz von Rindern vor dem Eindringen der Krankheitsüberträger (Gnitzen) verfolgt. Durch die Verwendung insektizidbehandelter Netze soll eine Verringerung des Krankheitsrisikos der Blauzungenkrankheit erreicht werden. Koordinator des Projektes ist das Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin der Freien Universität Berlin. Hier werden die entomologischen Fragestellungen bearbeitet. Das Netzmaterial wird von der Fa. Cognis GmbH, Monheim, zur Verfügung gestellt. Das Institut für Nutztierwissenschaften der Humboldt Universität zu Berlin befasst sich mit den Auswirkungen des Netzeinsatzes auf das

Tierwohlbefinden und die Leistung. Um die ökotoxikologische Unbedenklichkeit des eingesetzten Netzmaterials sicherzustellen, untersucht der Tiergesundheitsdienst (TGD) Bayern Wasser-, Boden-, Kot- und Milchproben auf Insektizidrückstände.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll überprüft werden, ob es möglich ist, Kälber in Igluhaltung mittels eines insektizidbehandelten Netzes vor stechenden und leckenden Insekten, speziell Gnitzen und Fliegen zu schützen. Des Weiteren sollen die minimal notwendige Netzhöhe ermittelt und die Auswirkungen des Netzeinsatzes auf das Tierverhalten und die Gewichtszunahme der Kälber bestimmt werden. In Ergänzung zum Feldversuch werden Laboruntersuchungen zur Testung der Wirkstoffpersistenz der ausgebrachten Netze im Bioassay gegenüber den Testinsekten *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus* durchgeführt. Eine weitere Aufgabe ist die Testung zusätzlicher Netzprototypen im Bioassay mit o.g. Testinsekten. Diese Netzproben unterscheiden sich hinsichtlich der verwendeten Insektizide, der Wirkstoffkonzentration und der Ausrüstungsart.

## 2 Literaturübersicht

Ceratopogonidae sind in Europa weit verbreitet. Trotzdem wurde diese Dipterenfamilie lange Zeit nur wenig wissenschaftlich erforscht (Hiepe und Ribbeck, 1982). Dies änderte sich 2006 mit dem erstmaligen Auftreten der in Zentraleuropa bislang unbekanntes Blauzungenkrankheit, welche weltweit erhebliche wirtschaftliche Schäden verursacht.

### 2.1 Ceratopogonidae

Die Bezeichnung Ceratopogonidae bezieht sich auf die buschig behaarten Antennen der Männchen (keras (gr.): Horn; pogon (gr.): Bart) (Eckert et al., 2008).

Innerhalb der Familie Ceratopogonidae gibt es ca. 60 Gattungen mit über 5.500 Arten (Borkent und Wirth, 1997). Darunter befinden sich 4 Gattungen (*Culicoides*, *Leptoconops*, *Austroconops* und *Forcipomyia*), deren Vertreter Blut von Säugetieren, Vögeln, Reptilien und anderen Insekten saugen (EFSA, 2007; Eckert et al., 2008). Gnitzen der Gattung *Culicoides* bilden mit über 1.000 Spezies eine sehr große Gruppe haematophager Insekten (Taylor et al., 2007). Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Gattung *Culicoides*, speziell auf die in Europa als Überträger der Blauzungenkrankheit geltenden Untergattungen *Avaritia* und *Culicoides* (EFSA, 2008).

Die systematische Einordnung der Ceratopogonidae wird in den unterschiedlichen Ländern und Arbeitsgruppen verschieden gehandhabt. Die Erstellung einer verbindlichen Systematik ist noch nicht abgeschlossen. So ermöglicht erst die ebenfalls noch in Entwicklung befindliche Differenzierung mittels molekularbiologischer Methoden eine eindeutige Zuordnung. Bisher wurden die Spezies anhand ihrer Flügelzeichnung, der Morphologie der männlichen Genitalorgane und bestimmter Palpensegmente identifiziert (Boorman, 2009).

#### 2.1.1 Arten/ Morphologie

Die Untergattung *Avaritia* setzt sich aus dem Obsoletus Komplex, *C. dewulfi* Goetghebuer 1936, *C. chioperus* Meigen 1830 und *C. imicola* Kieffer 1913 zusammen (EFSA, 2008). Der Obsoletus Komplex umfasst die Spezies *C. obsoletus sensu stricto* Meigen 1818, *C. scoticus* Downes und Kettle 1952 und *C. montanus* Shakirzjanova 1962. Zur Untergattung *Culicoides* zählen *C. pulicaris* Linné 1758, *C. lupicaris* Downes und Kettle 1952, *C. punctatus* Meigen 1818, *C. newsteadi* Austen 1921, *C. impunctatus* Goetghebuer 1920 und *C. delta* Edwards 1939 (zusammen als Pulicaris Komplex bezeichnet).

Gnitzen sind 0,5 – 3 mm lange Dipteren (Werner und Kampen, 2007). Die morphologische Differenzierung ist mittels folgender Merkmale an Kopf, Thorax, Flügeln und Beinen möglich: Die Augen können je nach Art direkt aneinander oder getrennt liegen (Boorman, 2009). Die

Antennen sind vielgliedrig, die der Männchen buschig behaart und der Pedicellus, welcher das Johnstonsche Organ beinhaltet, ist stark vergrößert. Die Proboscislänge entspricht etwa der Kopflänge, die fünfgliedrigen Palpen sind etwas länger. Der stechend- saugende Mundapparat der Weibchen, welcher vertikal ausgerichtet ist (Taylor et al., 2007), besteht aus einer steifen Oberlippe, sägeartigen Mandibeln, Unterkiefer und Hypothorax. Der Thorax erscheint gedrunken und buckelartig aufgewölbt. Die breiten Flügel, welche gewöhnlich über dem Rücken gefaltet gehalten werden, sind hyalin, evtl. rauchfarben und mit mikroskopisch feinen Haaren besetzt, welche die Flügel gefleckt erscheinen lassen (Mehlhorn et al., 2008c). Diese Musterung ist ein wichtiges Unterscheidungskriterium bei der Speziesbestimmung. Die Costal-, Subcostal- und Radialaderung sind deutlich ausgeprägt (Werner und Kampen, 2007). Die starke Radialader spaltet sich und verschmilzt wieder. So bilden sich zwei Radialzellen. Letztlich erreicht sie den Flügelrand vor der Flügelspitze. Die Beine, speziell die Vorderbeine, sind relativ kurz.

### 2.1.2 Entwicklung

Gnizen durchlaufen als Dipteren einen holometabolen Entwicklungszyklus, d.h., sie vollziehen eine komplette Metamorphose über die Stadien Ei, Larve, Puppe und Imago (Heitland, 2009). Die meisten *Culicoides* erzeugen nur eine Generation pro Jahr, einige jedoch auch mehrere. Dieses ist von den lokalen Bedingungen abhängig. Zur Partnersuche senden die Weibchen Pheromone aus. Die Kopulation erfolgt im Flug. Die zylindrischen oder bananenförmigen Eier sind ca. 400 µm lang und werden einzeln oder als Eipakete in einer gallertigen Masse abgelegt (Liebisch und Liebisch, 2007; Boorman, 2009). Je nach Art werden bestimmte Habitate bevorzugt. Einige Arten leben aquatisch, andere terrestrisch. Die Brutstätten reichen von Flüssen, Meeressäumen, Salzquellen, Mooren, Pfützen, Schlamm, Torf, Dung, Kompost, morschem Holz bis hin zu faulenden Früchten und Moos (Werner und Kampen, 2007). *C. dewulfi* und *C. chiopterus* entwickeln sich vornehmlich in Dung (Zimmer et al., 2008). *C. obsoletus* scheint eine Vielzahl von Habitaten zu akzeptieren. So wurden Sümpfe, Laubhaufen, Kompost, Misthaufen, Dung und überdüngter Boden als Brutstätten identifiziert (Kettle und Lawson, 1952). *C. obsoletus* und *C. scoticus* Larven wurden auch in Maissilageresten gefunden (Zimmer et al., 2008).

Die Eier sind bei der Ablage weiß, dunkeln jedoch binnen kurzer Zeit nach und sind dann schwarz- braun (Mellor et al., 2000). Innerhalb von 2-9 Tagen schlüpft die Larve 1. Die Dauer der Eireifung ist von den Umweltbedingungen abhängig. Die Entwicklung zur Puppe läuft über 4 Larvenstadien und dauert bei optimalen Temperaturen 14-25 Tage. Sie kann sich jedoch bis zu 7 Monate hinziehen. Die meisten Arten überwintern im vierten Larvenstadium (Taylor et al., 2007). Der Eintritt in die Diapause scheint nicht nur durch die Temperatur, sondern auch durch die Tageslichtlänge (weniger als 8 Stunden) bestimmt zu sein (EFSA,

2007). Die Larven sind durch einen kleinen dunklen Kopf, einen segmentierten Körper und endständige Kiemen gekennzeichnet. Im Wasser bewegen sie sich schlängelnd vorwärts. Sie ernähren sich von absterbender Vegetation und den Larven anderer Mücken (Schneider et al., 2006). Als letzter Entwicklungsschritt schließt sich eine Puppenruhe von 2- 3 Tagen an, welche jedoch in Abhängigkeit von Spezies und Temperatur bis zu vier Wochen dauern kann (Mellor et al., 2000). Einige Arten können den Winter auch in diesem Stadium überstehen. Die braunen Puppen halten sich vorwiegend an der Wasseroberfläche oder am Ufer auf (Taylor et al., 2007). Die Larven terrestrischer Formen suchen sich für die Verpuppung etwas trockenere Bereiche (Werner und Kampen, 2007).

Wie bereits erwähnt, überwintern in den gemäßigten Breiten die meisten *Culicoides* Spezies im vierten Larvenstadium. Es wurden jedoch auch während der Wintermonate adulte Gnitzen gefangen (Losson et al., 2007; Clausen et al., 2009; Mehlhorn et al., 2009). In den Fängen waren Exemplare des *Obsoletus* Komplexes (Mehrheit) und *C. dewulfi* vertreten. Die Mehrzahl dieser Insekten hatten noch keine Eier gelegt. Gelegentlich wurden auch Weibchen gefangen, welche bereits Eier gelegt hatten. Diese könnten entweder im Winter Eier gelegt haben oder aus der vorhergehenden Saison stammen (EFSA, 2008). Die durchschnittliche Lebenserwartung einer Gnitze beträgt 10-20 Tage (FLI, 2008b). Es wurde jedoch auch nachgewiesen, dass Gnitzen aus dem *Obsoletus* Komplex bis zu 92 Tage bei 17-25 °C überleben können (Goffredo et al., 2004). Des Weiteren überlebten bei 4°C gehaltene Gnitzen 10 Tage. In einem anderen Versuch wurden Gnitzen 3 Monate bei niedrigen Temperaturen am Leben gehalten (Boorman, 1991).

### **2.1.3 Vorkommen / Epidemiologie**

Gnitzen sind von den Tropen bis in die Tundra und von Meereshöhe bis zu 4.200 m NN (Tibet) zu finden. In Europa treten ca. 120 *Culicoides*- Arten auf. Ihre Vielfalt nimmt in Richtung Norden deutlich ab. Nördlich des 60. Breitengrades sind es nur noch ca. 25 Spezies (EFSA, 2007).

Die Arten *C. obsoletus* s.s. und *C. scoticus* sind in der Paläarktis weit verbreitet. *C. montanus* scheint seltener vorzukommen. *C. dewulfi* findet man ebenso wie *C. chiopterus* in ganz Nordeuropa, weniger in Südeuropa. Der Hauptvertreter Südeuropas ist *C. imicola*. Diese Spezies breitet sich jedoch zunehmend nach Norden aus (Purse et al., 2005). In unseren Breiten scheint der *Obsoletus* Komplex stärker verbreitet zu sein. Teilweise kommt es zu Überschneidungen der Verbreitungsgebiete zwischen *Obsoletus* Komplex und *C. imicola* (Korsika, Griechenland, Italien, Spanien, Portugal und Frankreich) (EFSA, 2008). Während des deutschlandweiten Monitorings in den Jahren 2007 und 2008 wurden keine Gnitzen der Spezies *C. imicola* gefangen (Hoffmann et al., 2009; Mehlhorn et al., 2009).

Adulte Gnitzen halten sich vornehmlich in der Nähe ihrer Brutstätten auf, wo sie Schwärme bilden (Eckert et al., 2008). Der Flugradius einer Gnitze beträgt nur wenige hundert Meter. Mit dem Wind können die kleinen leichten Tiere jedoch über mehr als hundert Kilometer verdriften.

Während die Saisonalität in tropischen Regionen vom Regen abhängt, wird sie in unseren Breiten vor allem durch die Temperatur bestimmt (Mellor et al., 2000). In Mitteleuropa liegt die Hauptflugzeit der Gnitzen zwischen April und November. Diese Angaben können von Jahr zu Jahr variieren, je nach Wetterbedingungen und der Verfügbarkeit von Brutplätzen (EFSA, 2008). Während des in Deutschland durchgeführten Monitorings stiegen die Gnitzenfangzahlen ab April deutlich an und erreichten im Oktober ihren Peak (Hoffmann und Cußler, 2009). Es konnten auch in den Wintermonaten (Dezember bis März) vereinzelt Gnitzen gefangen werden (Losson et al., 2007; Mehlhorn et al., 2008c; Clausen et al., 2009). Clausen et al. beschreiben zwischen Dezember 2007 und März 2008 Fänge von *C. obsoletus* und *C. pulicaris* in Stallungen, welche teilweise frisch gesogene Exemplare enthielten.

Vielfach wurde angenommen, dass einzelne Arten streng exophag (im Freien Blut saugend) beziehungsweise endophag (in Stallungen Blut saugend) sind. Diese Annahme erwies sich offensichtlich als falsch. Das Verhalten der Insekten bezüglich Endo- bzw. Exophilie kann sich innerhalb des Jahresverlaufs ändern. Berichten aus Dänemark zufolge fliegen Gnitzen, welche für exophag gehalten wurden, auch in Kuhstallungen ein (Nielsen und Christensen, 1975). In Nordfrankreich stellte man fest, dass vor allem im Herbst mehr Gnitzen (hauptsächlich *C. obsoletus*/ *C. scoticus*) im als außerhalb des Stalles gefangen werden konnten (Baldet et al., 2008). Die Tatsache, dass im Gebäude zahlreiche frisch gesogene Weibchen, welche bereits Eier gelegt hatten, gefangen wurden, lässt auf ein endophages Verhalten schließen. *C. dewulfi* und *C. chiopterus* scheinen ebenfalls stark endophag zu sein. Im Gegensatz dazu sind *C. pulicaris* und *C. punctatus* vermutlich eher exophag (Meiswinkel et al., 2008).

*Culicoides* sind vornehmlich dämmerungs- beziehungsweise nachtaktiv (Mellor et al., 2000), vor allem bei feuchtem Wetter und bedecktem Himmel. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass im Monitoring, welches in den Ländern Deutschland, Niederlande, Belgien, Frankreich und Luxemburg durchgeführt wurde, Fallen verwendet wurden, welche Gnitzen mittels UV-Licht anlocken. Dieses Lockmittel funktioniert jedoch nur unterhalb einer bestimmten Lichtintensität. Somit sind Aussagen zur Tagesaktivität nur eingeschränkt möglich. In einem Versuch von Carpenter et al. (2008c) konnte gezeigt werden, dass nicht zwingend von den in den Licht-Fallen gefangenen Gnitzen auf das tatsächliche Vorkommen und die Stichrate geschlossen werden kann. So wurden beispielsweise mehr *C. chiopterus* in speziellen „drop-traps“ (Tierfalle) gefangen als in den Licht-Fallen. Obwohl auch diese

Untersuchungen in den Abendstunden stattfanden, wird eine Tagesaktivität nicht ausgeschlossen. Unter Verwendung von CO<sub>2</sub> konnten in den Niederlanden auch tagsüber Gnitzen gefangen werden (Takken et al., 2008). Grundsätzlich wird die Flugaktivität durch Umweltbedingungen beeinflusst (Kettle, 1972). Die wichtigsten Einflussfaktoren sind Temperatur, Lichtintensität, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Mondzyklus (Taylor et al., 2007). So konnte während eines Versuches von Carpenter et al. (2008c) die höchste Stichrate zwischen 20°C und 22°C verzeichnet werden, während bei sehr hoher Lichtintensität (> 200 Wm<sup>-2</sup>) und starkem Wind (> 3mps<sup>-1</sup>) wenige bis gar keine Gnitzen gefangen wurden. Auch Mehlhorn et al. (2009) beschreiben geringere Gnitzenfangzahlen bei kaltem und windigem Wetter.

#### 2.1.4 Schadwirkung/ Vektorfunktion

Lediglich die Weibchen bestimmter Gnitzengattungen sind haematophag. Sie finden ihre Wirte vor allem durch Wärme und Geruch. Sie nehmen alle 3-5 Tage Blut auf (Braverman, 1988). Das aufgenommene Blut dient als Eiweißquelle zur Eiproduktion. Es gibt jedoch auch Arten (*C. riethi*, *C. impunctatus*, *C. circumskriptus*), welche einmalig Eier ablegen können, ohne vorher Blut aufgenommen zu haben. Für die zweite Eiablage benötigen jedoch auch diese Arten Blut (Boorman, 2009). Unter den Gnitzen gibt es Wirtstierpräferenzen. So bevorzugen z.B. *C. brevitarsis* Rinder und *C. imicola* Pferde (Taylor et al., 2007). Im Bundesland Brandenburg durchgeführte Untersuchungen zeigten, dass Vertreter der Gattungen *C. pulicaris* und *C. obsoletus* an einer Vielzahl von Säugetieren (Pferde, Schweine, Schafe, Rothirsche) saugen, scheinbar jedoch Rinder bevorzugen (Bartsch et al., 2009). Bereits kurz nach der Landung auf dem Wirtstier kriechen die Gnitzen durch das Fell auf die Haut um zu stechen. Werden sie gestört, so stechen sie unter Umständen mehrmals. Je nach Gnitzenart und Wirt findet man Unterschiede bezüglich bevorzugter Bissstellen (Liebisch und Liebisch, 2007). Die beliebtesten Bereiche des Rindes sind Rücken und Bauch, gefolgt von den Beinen und der seitlichen Körperwand (Olbrich, 1987). Präferenzstellen für Gnitzenstiche am Pferd finden sich vor allem entlang der dorsalen Körperkontur, von der Mähne über den Rücken bis hin zum Schweifansatz (typische Stellen für das Sommerkezem). Weniger beliebt sind die Hinterbeine, gefolgt von den Vorderbeinen, dem Bauch, der Flanke und dem Kopf (Braverman, 1988; Wulfsberg, 1989).

Von den etwa 1.300 *Culicoides*- Arten fungieren ca. 50 als Vektoren für Viren, Protozoen und Filarien (Werner und Kampen, 2007).

Die wichtigsten Viruserkrankungen sind: Blauzungenkrankheit, Afrikanische Pferdesterbe, Enzootische hämorrhagische Krankheit der Hirsche, bovines Ephemeralfieber, Equine Enzephalitis, Akabane Krankheit, d'Aguilar-Krankheit und Rifttal-Fieber (Mellor et al., 2000;

Werner und Kampen, 2007). Das einzig bedeutende von Gnitzen auf Menschen übertragbare Virus ist das Oropouche Virus (Mellor et al., 2000).

Gnitzen können auch tierpathogene Protozoen übertragen: *Trypanosoma*, *Haemoproteus*, *Hepaticocystis* und *Leucocystis* (Werner und Kampen, 2007).

Zu den durch *Culicoides* übertragenen Filarien zählen *Mansonella perstans*, *M. ozzardi*, *M. streptocerca*, *Onchocerca gutturosa*, *O. gibsoni*, *O. reticulata* und *O. cervicalis* (Werner und Kampen, 2007).

### **2.1.4.1 Blauzungenkrankheit**

#### **2.1.4.1.1 Begriff und Vorkommen**

Die Blauzungenkrankheit (BT) ist eine durch Gnitzen übertragene nicht kontagiöse Viruserkrankung der Haus- und Wildwiederkäuer. Das Virus ist für den Menschen nicht gefährlich, somit können Fleisch- und Milchprodukte bedenkenlos verzehrt werden (BMELV, 2009). Ergebnisse eines Versuches in Nordirland deuten darauf hin, dass die orale Infektion (in diesem Fall durch kontaminierte Fruchthüllen) von Rindern möglich ist (Menzies et al., 2008). Des Weiteren wurde die Übertragung von BTV durch Bullensperma und Embryotransfer untersucht (Bowen et al., 1985a; 1985b). Während die Infektion eines weiblichen Rindes mit Sperma möglich war, zeigten die Rezipienten von Embryonen, welche aus virämischen Donortieren gewonnenen wurden, keine Reaktion.

BT ist in der OIE Liste A (OIE, 2009) verzeichnet und in Deutschland anzeigepflichtig (TierSeuchAnzV, 2004).

Bisher hielt man BT für eine Erkrankung, welche zwischen 35° südlicher und 40° nördlicher Breite vorkommt. Ausnahmen bildeten Krankheitsherde in Nordamerika, China und Kasachstan, welche bis 50° nördlicher Breite reichten (Rodeia et al., 2008). Bis auf zwei vorhergehende Ausnahmen kam BT vor 1998 nicht in Europa vor. In dem Zeitraum 1998 bis 2005 konnten sich 5 Serotypen in Europa etablieren (BTV-1, 2, 4, 9, 16) (Saegerman et al., 2008). Es gibt unterschiedliche Meinungen zu einem eventuellen Zusammenhang zwischen Klima und Verbreitung der BT. Während einige Autoren (Purse et al., 2005; Wilson und Mellor, 2009) die globale Erwärmung für die Ausbreitung tropischer, vektorübertragener Krankheiten in gemäßigte Breiten verantwortlich machen, betrachten Mehlhorn et al. (2008c) diese nur als sekundären Einflussfaktor. Viel wichtiger sei die zunehmende Globalisierung, d.h. der weltweite Transport von Tieren und Waren. Im August 2006 wurde BT erstmals in Mitteleuropa nachgewiesen. Nachdem über erste Fälle in Holland und Belgien berichtet wurde, stellte man die Erkrankung am 21. August 2006 erstmals in Deutschland (im grenznahen Gebiet um Aachen) fest. Bis zum Ende 2006 verbreitete sich das Virus über Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Hessen, Saarland und Niedersachsen. Als Erreger konnte BTV-8 identifiziert werden, ein Serotyp, der bis dahin nur auf Gebiete südlich der

Sahara, in Asien sowie in Mittel- und Südamerika begrenzt war. Wie der Erregereintrag nach Mitteleuropa erfolgte, ist nicht bekannt. Der Import infizierter Wiederkäuer oder der Eintrag infizierter Gnitzen, beispielsweise mit Waren oder Tiertransporten sind mögliche Ursachen (FLI, 2008a). Neben Deutschland, den Niederlanden und Belgien waren auch Frankreich und Luxemburg betroffen (Institute for Animal Health, 2009). Entgegen der Hoffnung, der Winter könnte die Erkrankung auslöschen (Elimination des Virus durch Kälte), kam es 2007 erneut zu Ausbrüchen (20.623 gemeldete Fälle in Deutschland). Ausgehend von der Region östlich von Köln/Bonn breitete sich das Virus (Serotyp 8) in alle Himmelsrichtungen aus, bis schließlich ganz Deutschland zum Restriktionsgebiet erklärt wurde (FLI, 2008a). Innerhalb Europas dehnte sich das Virus auch auf die Länder Dänemark, Schweiz, Tschechische Republik, Vereinigtes Königreich, Schweden, Ungarn und Italien aus (Institute for Animal Health, 2009). Im Oktober/ November 2008 wurden in der Grafschaft Bentheim in Deutschland und in den Niederlanden BTV-6 nachgewiesen. Die Gensequenzanalyse ergab starke Ähnlichkeit mit einem Impfstamm einer Südafrikanischen Lebendvakzine, deren Einsatz in der EU unzulässig ist. Weder im Feld noch im Laborversuch konnte bei BTV-6 infizierten Rindern eine klinische Symptomatik beobachtet werden. Zum 05.03.09 wurden die Restriktionen diesbezüglich aufgehoben. Ähnlich verhält es sich mit dem in Belgien nachgewiesenen BTV-11 (Institute for Animal Health, 2009). Im November 2008 wurden in den Niederlanden zwei aus Frankreich importierte Rinder Serotyp 1 positiv getestet (Heimberg, 2008). In Frankreich und Spanien bestehen Überlappungen zwischen BTV-1 und BTV-8 (Institute for Animal Health, 2009).

#### 2.1.4.1.2 Ätiologie

Die Krankheit wird durch das Blauzungenvirus verursacht. Zurzeit sind 24 Serotypen dieses Orbivirus aus der Familie der Reoviridae bekannt. Kürzlich wurde ein bisher unbekannter Serotyp charakterisiert und als Serotyp 25 bezeichnet. Es handelt sich um das ursprünglich in der Schweiz bei Ziegen vorkommende Toggenburger Orbivirus (TOV) (Hofmann et al., 2008).

Das BTV zählt zu den Arboviren. Die gemeinhin akzeptierte Definition für Arboviren lautet: Es ist ein Virus, welches ein haematophages Insekt auf natürliche Weise infizieren kann, indem es mit dem Blut aufgenommen wird. Es *multipliziert* sich im Insektengewebe und wird durch erneuten Stich auf einen anderen empfänglichen Wirt übertragen. Arboviren werden durch Culicidae, Phlebotominae, Simuliidae, Ixodidae und Culicoides übertragen (Mellor, 2000). Weltweit werden ungefähr 32 *Culicoides* Spezies als Vektoren der BT betrachtet (EFSA, 2007).

Das Virus ist unbehüllt, besteht aus ca. 19.200 Basenpaaren und enthält 10 Segmente Doppelstrang RNA (Schwartz-Cornil et al., 2008). Es besteht eine hohe genetische Varianz

durch die Möglichkeit von „genetic shift“ und „genetic drift“ (Saegerman et al., 2008). Die äußere Hülle setzt sich aus den Strukturproteinen VP2 und VP5 zusammen (Nason et al., 2004). Das Hämagglutinin VP2 dient zur Serotypisierung mittels Neutralisationstest. Darauf folgt eine Zwischenschicht aus VP7, welches eine Art Gitter bildet und ebenso wie das VP2 am Eindringen des Virus in die Zelle beteiligt ist. Innen anliegend findet sich ein weiteres Gitter aus VP3, welches die Gensegmente und drei Proteine beherbergt. Diese Proteine (VP1, VP4, VP6) dienen der Transkription und Replikation. Die Nichtstrukturproteine NS1, NS2, NS3 und NS3A sind wahrscheinlich an der Replikationskontrolle, der Reifung und dem Export von Viruspartikeln aus der infizierten Zelle beteiligt. Homologer Schutz gegen einen Serotyp ergibt sich durch neutralisierende Antikörper und eine T-Zell-Antwort gegen VP2 und VP5 (Schwartz-Cornil et al., 2008). Es besteht nur eine sehr geringe Kreuzimmunität zwischen den Serotypen (Roy et al., 1994). Der heterologe Schutz wird durch T-Zellen gegen NS1 und die Proteine des inneren Kernes bestimmt (Schwartz-Cornil et al., 2008).

Im Mittelmeerraum und im Nahen und Mittleren Osten wird *C. imicola* als Hauptvektor betrachtet. Während *C. imicola* in Nordeuropa nicht auftritt, gelten hier *C. obsoletus*, *C. scoticus* und *C. pulicaris* als mögliche Vektoren (Carpenter et al., 2006; Mehlhorn et al., 2007; Hoffmann et al., 2009). Des Weiteren sollen auch *C. chiopterus* und *C. dewulfi* BTV-8 übertragen (Meiswinkel et al., 2007; Dijkstra et al., 2008). Im Rahmen des bereits erwähnten bundesweiten Monitorings zwischen April 2007 und Mai 2008 wurden Gnizenpools auf ihren Gehalt an BTV-8 untersucht (Hoffmann et al., 2009). Dabei stellte sich heraus, dass Gnizen der Obsoletus Gruppe die höchstwahrscheinlichsten Vektoren der Blauzungkrankheit in Deutschland sind.

Die Gültigkeit der angewandten Techniken zur BTV-8 Detektion in Gnizen ist strittig. Es wurden gewöhnlich sogenannte Pools von Gnizen untersucht. Somit war es nicht möglich, genaue Aussagen über den Anteil weiblicher *Culicoides* zu treffen, welche kürzlich an einem virämischen Tier Blut aufgenommen hatten. Des Weiteren wurde mittels RT-PCR virale RNS und nicht infektiöses Virus an sich nachgewiesen. Es konnte folglich auch nicht exakt bestimmt werden, wie viele der getesteten Gnizen tatsächlich infiziert waren (Carpenter et al., 2008a; EFSA, 2008). Der Nachweis von Virusgenom in Gnizen ist nicht mit der Fähigkeit zur Infektion empfänglicher Wirte gleichzusetzen (MacLachlan et al., 1994; Bonneau et al., 2002; Wilson und Mellor, 2009). Außerdem hat man festgestellt, dass einige Gnizen eine innere Barriere besitzen, welche verhindert, dass sich das Virus im Insekt repliziert (Mellor, 2000).

Saugt eine weibliche Gnitze (untersucht für die Spezies *C. variipennis*) an einem infizierten Wirt, verschließt sich das Mitteldarm-Divertikel und das aufgenommene Virus gelangt mit dem Blut in den hinteren Bereich des Mitteldarmes des Insektes. Dies ist der Tag 0.

Innerhalb der folgenden 24 h sinkt der Virustiter. Diese Phase wird als „Eklipse“ bezeichnet. Ein Teil der aufgenommenen Virusmenge wird inaktiviert und/oder ausgeschieden. Ist das Insekt ein kompetenter Vektor, so heftet sich das Virus an die luminale Oberfläche der Mitteldarmzellen, dringt mittels Endozytose in diese ein und repliziert sich. Fu et al. (1999) fanden heraus, dass in den Zellen des Hinterdarmes keine Replikation stattfindet. Die entstandenen Viruspartikel verlassen die Zellen auf der entgegen gesetzten Seite ins Haemocoel und verbreiten sich über die Haemolymphe in der Körperhöhle. Darauf folgt die Infektion sekundären Zielgewebes (Mellor, 2000). Als solches gelten Fettkörper, Nervengewebe und Speicheldrüse (Fu et al., 1999). In diesen Zellen findet die zweite Replikation statt. Aus den Zellen der Speicheldrüse gelangen die Viruspartikel in den Speichelgang und können beim nächsten Saugakt auf einen neuen Wirt übertragen werden. Nach 7-9 Tagen wird ein Plateau erreicht, auf welchem sich der Virustiter im Insekt bis zu dessen Tod hält. Die Zeitspanne von der Virusaufnahme bis zum Erscheinen im Speichel (= extrinsische Inkubationsperiode = EIP) ist temperaturabhängig. In oral infizierten *C. variipennis* war erst nach 7 Tagen ein maximaler Virustiter messbar, und die Übertragungsfähigkeit stellte sich nach frühestens 7 (Fu et al., 1999) beziehungsweise 10 (Mellor, 1990) Tagen ein. Höhere Temperaturen verkürzen die EIP, während niedrige Temperaturen zu einer Verlängerung führen. Unterhalb von 15 °C findet keine signifikante Virusreplikation im Vektor statt (Mellor, 2000). Werden die Gnitzen nachfolgend bei 27 °C gehalten, so läuft die Virusvermehrung wieder an (Mullens et al., 1995). Die optimale Temperatur für das Virus im Vektor beträgt 28 °C (Dijk und Huismans, 1982). Die optimale Temperatur für die Übertragung der BT liegt zwischen 27 °C und 30 °C, da bei diesen Temperaturen die Gnitzen lange genug überleben und die Virusreplikation auf hohem Niveau stattfindet (EFSA, 2007). Die hohe Viruskonzentration im Speichel der Vektoren bewirkt eine sehr effektive Übertragung (Mellor, 2000). So kann bereits der Stich einer einzelnen Gnitze zur Infektion eines neuen Wirtes führen, während die Übertragung vom Wirt auf den Vektor weniger effizient ist (Foster et al., 1968; O`Connell, 2002; Baylis et al., 2008). Die Infektionsrate des Vektors ist unter anderem vom Serotyp und der Viruskonzentration im Blut des Wirtes abhängig. Des Weiteren kann die Empfänglichkeit von Insekten innerhalb einer Art oder sogar Population variieren (Jones und Foster, 1974, 1978; Mellor, 2000).

Es wird in zunehmendem Maße deutlich, dass die Vektorkompetenz von Insekten sehr komplex ist und wahrscheinlich durch viele Barrierefunktionen beeinflusst wird. Die erste zu überwindende Hürde ist die Darmbarriere. Dies bedeutet, dass das aufgenommene Blut unter Umständen ins Divertikulum gerät und nicht in den Mitteldarm. Sollte es im Mitteldarm angekommen sein, besteht die Möglichkeit der Zerstörung durch Verdauungsenzyme. Fehlen virusspezifische Rezeptoren, kann es nicht zur Anheftung an die Darmzellen mit anschließender Endozytose kommen (Mellor, 2000). Nachfolgend besteht die Möglichkeit,

dass das Virus die Darmzellen trotz erfolgreicher Replikation nicht mehr verlassen kann. Es stellte sich heraus, dass Insekten, welche eigentlich nicht für BTV empfänglich waren, dieses übertragen konnten, wenn sie gleichzeitig mit Filarien infiziert waren (Mellor und Boorman, 1980). Es ist anzunehmen, dass diese die Darmbarriere geöffnet haben. Weiterhin konnte nachgewiesen werden, dass die Verteilung von BTV über das Haemocoel auf den immunkompetenten Fettkörper beschränkt bleiben kann. Das Virus erreicht die Speicheldrüsen in diesem Fall nicht. Einige Arten der Familie Culicidae können das Virus selbst dann nicht übertragen, wenn es in den Speicheldrüsenzellen nachweisbar ist. Bei Gnitzen wurde dieses Phänomen noch nicht beobachtet. Einige Arboviren können im Vektor transovariell übertragen werden. *Culicoides* scheinen eine transovarielle Barriere für jegliche Art von Arboviren zu besitzen (Mellor, 2000).

Während die Erkrankung in den tropischen Regionen ganzjährig übertragen wird, erfolgt die Mehrzahl der Infektionen in gemäßigten Breiten im Spätsommer und Herbst (EFSA, 2008; Hoffmann et al., 2009). Auch wenn in Europa nicht generell von einer vektorfreien Zeit gesprochen werden kann, so gibt es doch eine Periode mäßiger Aktivität, in welcher das Übertragungsrisiko relativ gering ist. In den Monaten Januar bis März wurden kaum Gnitzen gefangen und von Mitte Dezember bis Mitte April traten nur sehr selten Neuinfektionen auf (Darpel et al., 2008).

2006 nahm man fälschlicherweise an, dass sich das Problem „BT in Nordeuropa“ durch die niedrigen Temperaturen im Winter von selbst lösen würde. Die Neuausbrüche 2007 und 2008 bewiesen jedoch das Gegenteil. Es gibt viele Erklärungsversuche zu einer Überwinterungsmöglichkeit des Virus in der Tierpopulation. Nevill (1971) führte in Südafrika Untersuchungen zu Überwinterungsmöglichkeiten des BTV durch. Er stellte folgende Theorien auf: a) es gibt eine transovarielle Übertragung im Vektor b) es gibt noch nicht identifizierte Reservoirwirte, z.B. Vögel oder Reptilien c) infizierte *Culicoides* leben länger d) es gibt eine längere Infektion der Rinder e) es besteht auch während der Wintermonate ein auf niedrigem Niveau laufender Übertragungszyklus zwischen Vieh und *Culicoides*. Letzteres hielt er für am wahrscheinlichsten. Darpel et al. (2008) halten diese Variante jedoch für unwahrscheinlich.

Eine transovarielle Übertragung im Vektor konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden (Darpel et al., 2008). White et al. (2005) wiesen in Larven und Puppen von *C. sonorensis* die BTV RNS Segmente 2 und 7 nach. Sie fanden zwar kein Virus in den Insekten, es könnte jedoch ein Hinweis auf eine eventuelle transovarielle Übertragung sein. Die Hypothese von langlebigen infizierten Weibchen ist zwar unwahrscheinlich, kann aber nicht ausgeschlossen werden. Im Winter 2008 wurde ein Rind, welches im Januar noch PCR- negativ war, 3 Wochen später positiv getestet. Dies scheint jedoch eine Ausnahme darzustellen (EFSA,

2008). Es konnte 111-222 Tage lang BTV RNS in Wiederkäuern nachgewiesen werden, wobei nur innerhalb 21 Tage p.i. eine Infektion von *C. sonorensis* möglich war (Bonneau et al., 2002). MacLachlan et al. (1994) wiesen in Rindern zwar über 16-20 Wochen BTV-10 RNS nach, infektiöses Virus war jedoch nur 2-8 Wochen lang nachweisbar.

Eine Überwinterungstheorie bezieht sich auf den Einfluss von ovinen  $\gamma\delta$ -Zellen (T-Lymphozyten), welche persistent infiziert werden können (Takamatsu et al., 2003). Demnach lysieren diese Zellen nach Interaktion mit Hautfibroblasten und Antikörpern gegen WC-1 (ein Oberflächenprotein von  $\gamma\delta$ -Zellen). Dadurch werden Viruspartikel freigesetzt. Ausgelöst wird dieser Prozess durch die an der Einstichstelle hervorgerufene Entzündungserscheinung.

Die Serotypen BTV-1, -4, und -8 wurden in verschiedenen Wildtieren (Weißwedelhirsche, Yaks, Cameliden, Rothirsche, Bisons, Rehe, Damhirsche, Mufflons) nachgewiesen. Diese zeigten teilweise klinische Erscheinungen. Somit sollten diese Tiere bei der Entwicklung von Bekämpfungsstrategien mit berücksichtigt werden (Henrich et al., 2007; EFSA, 2008; Linden et al., 2008; Mauroy et al., 2008). Virus wurde weiterhin in afrikanischen Carnivoren gefunden, welche scheinbar durch kontaminierte Impfstoffe infiziert wurden (Alexander et al., 1994).

Die vertikale Übertragung der meisten BTV Serotypen in den Wirtstieren, die bis jetzt in Nordamerika, Australien und Südafrika erforscht wurde, steht im Kontrast zu den Beobachtungen während des gegenwärtigen Ausbruchs von BTV-8 in Europa (EFSA, 2008; MacLachlan und Osburn, 2008). In Europa infizieren sich die Nachkommen anscheinend häufiger durch das Muttertier. Im Labor untersuchte abortierte Föten aus Nordeuropa waren mehrfach BTV-8 PCR- positiv und/ oder seropositiv (EFSA, 2008). Neugeborene Kälber wurden BTV-8 PCR- positiv getestet, was auf eine transplazentare Übertragung schließen lässt (Darpel et al., 2008; De Clercq, 2008; Menzies et al., 2008; European Commission und Directorate General for 'Health and Consumers', 2009). In der Frühträchtigkeit scheint das BTV für Rinderföten hochgradig pathogen zu sein. Föten, die zwischen dem 80. und 125. Trächtigkeitstag mit verschiedenen Serotypen infiziert wurden, starben oder wurden seropositiv (jedoch Virus- negativ) geboren und hatten Hirnmissbildungen (MacLachlan und Osburn, 1983; MacLachlan et al., 1985a; MacLachlan et al., 1985b; Waldvogel et al., 1992b). Infektionen in der zweiten Hälfte der Trächtigkeit führten nicht zu solchen teratogenen Veränderungen, obgleich die Kälber teilweise vorzeitig und lebensschwach geboren wurden. Aus diesen Tieren war eine Virusisolierung möglich (Waldvogel et al., 1992a). Versuche mit Schafen führten zu BTV-4 und BTV-16 positiven Lämmern. Die Virämie dieser Tiere endete jedoch nach spätestens zwei Monaten (Gibbs et al., 1979). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine transplazentare Virusübertragung vom Muttertier auf ihr Kalb bzw. Lamm möglich ist (EFSA, 2008). Die Europäische Kommission ist der Auffassung, dass die

Möglichkeit der transplazentaren Übertragung nicht unterschätzt werden sollte, vor allem im Hinblick auf einen möglichen Überwinterungsmechanismus für das Blauzungenvirus (European Commission und Directorate General for 'Health and Consumers', 2009).

#### **2.1.4.1.3 Klinisches Bild und pathologische Befunde**

Nach der Virusübertragung durch den Vektor, kommt es in den regionalen Lymphknoten erstmalig zur Replikation (Barratt-Boyes und MacLachlan, 1994). Danach vermehrt sich der Erreger in Milz- und/oder Lungengewebe (MacLachlan, 1996). Die anschließende Replikation in mononukleären Phagozyten und Endothelzellen induziert die Ausschüttung von Entzündungsmediatoren und löst Apoptosen aus, die zu Gefäßverschlüssen führen (DeMaula et al., 2002; Schwartz-Cornil et al., 2008). Dies zeigt sich wiederum makroskopisch als Ödem oder Zyanose. Die damit verbundene Gewebshypoxie verursacht ihrerseits Haemorrhagien und Gewebnekrosen (Dirksen et al., 2002).

Der in Europa zirkulierende BTV Serotyp 8 unterscheidet sich von den anderen Serotypen insofern, als dass er auch bei Rindern klinische Erscheinungen auslöst (Elbers et al., 2008a) und das Virus über die Plazenta den Fötus infizieren kann (MacLachlan und Osburn, 2008; Menzies et al., 2008; Wouda et al., 2008). Bisher führte diese Erkrankung eher bei feiwolligen Schafen zu klinischen Erscheinungen (Liebisch und Liebisch, 2007). Eine mögliche Ursache für die unterschiedliche Schwere der Krankheitsverläufe bei Rind und Schaf könnte in der andersartigen Reaktion des Gefäßendothels auf das Virus in Form von Zytokinausschüttungen liegen (DeMaula et al., 2002). Sowohl Morbiditäts- als auch Mortalitätsrate und Letalität sind bei Schafen höher als bei Rindern (Elbers et al., 2008b).

Elbers et al. (2008a) fasste die klinischen Erscheinungen während des BTV-8 Ausbruchs in den Niederlanden zusammen. So waren bei Schafen und Rindern vornehmlich Erosionen und Verkrustungen der Nasenschleimhaut und des Flotzmaules, Erosionen der Maulschleimhaut, vermehrte Salivation, Fieber, Konjunktivitis, Koronitis und Gliedmaßensteifheit sichtbar. Insbesondere Schafe zeigten Gesichts- und Unterkieferödeme, Lippenödeme, Apathie und Müdigkeit, Lahmheit und Dysphagie. Der klamme Gang und die Lahmheiten wurden durch Muskelnekrosen und schmerzhafte Pododermatitiden verursacht. Weitere beobachtete Symptome waren Anorexie, Gewichtsverlust, Zähneknirschen, Zungenödeme und Zyanose, Parese und Festliegen, Torticollis, Hyperämie der Zitzen, Läsionen an den Zitzen, Aborte, Totgeburten, Anoestrus, Dyspnoe und Milchrückgang. Ähnliche Symptome beschreiben auch Darpel et al. (2007) im Zusammenhang mit Infektionsversuchen von adulten Dorset Schafen und Kälbern der Rasse Holstein-Friesian mit BTV-8 Feldstämmen aus Nordeuropa.

Die Virämie dauert etwa 40-80 Tage. Antikörper lassen sich frühestens 7-10 Tage p.i. im Blut feststellen (FLI, 2008a). Die Verbindung von BTV mit Erythrozyten scheint das Virus vor der Immunabwehr zu schützen. In diesen Zellen kann sich das Pathogen jedoch nicht vermehren, da der entsprechende Zellmechanismus in den kernlosen Blutzellen fehlt. Mit Selektion der alternden Erythrozyten wird auch das Virus eliminiert. (MacLachlan, 1996; EFSA, 2007)

Die Pathologie zeigt beim Schaf eine erosive und ulzerative Stomatitis, Ösophagitis, Ruminitis und katarrhalische Enteritis (Dirksen et al., 2002). Das Gesicht, inklusive Ohren, Lippen und Backen ist ödematös. Im Endstadium schwillt auch die Zunge und wird zyanotisch (Blauzunge). In der Unterhaut und im intermuskulären Gewebe findet sich eine farblose, teilweise blutige Flüssigkeit. Die Muskulatur unterliegt teilweise einer hyalinscholligen Degeneration mit Entzündung und Petechien. Weitere Blutungen sind am Epikard, der Pleura und dem Ursprung von Aorta und A. pulmonalis sichtbar. Im Bereich der Kron- und Saumlederhaut, welche hyperämisch und ödematös sein kann, befinden sich Petechien und Ekchymosen. Es kommt selten zum Ausschlagen. Ringförmige Defekte des Klauenhorns können jedoch häufiger beobachtet werden. Feten zeigen Kleinhirnmisbildungen (Dahme et al., 1999). Darpel et al. (2007) berichteten weiterhin von Lymphadenopathien und petechialen Blutungen in Lymphknoten. Petechiale Blutungen fanden sich auch am Herzen, den Nieren und dem Darm. Des Weiteren beobachteten sie Thorax- und Perikardergüsse. Einige Versuchstiere hatten Lungenödeme.

Neben den offensichtlichen Kosten durch klinische Erscheinungen und Todesfälle stellen sich große wirtschaftliche Verluste durch schlechtere Futterverwertung, Milchrückgang, Fertilitätsprobleme und Handelsrestriktionen ein (Heimberg, 2008).

#### **2.1.4.1.4 Diagnose und Differentialdiagnose**

Die Identifizierung nach Anzucht in embryonierten Hühnereiern und Infektionsversuche von Schafen wurde durch die RT-PCR abgelöst. Die BTV Nukleinsäure kann mittels RT-PCR auch noch nachgewiesen werden, wenn kein direkter Virusnachweis mehr möglich ist. Somit können ein PCR- positiver Status und Virämie nicht als Synonym verwandt werden. Der indirekte Erregernachweis mittels Serologie erfolgt im ELISA mit monoklonalen Antikörpern. Die Serotypisierung erfolgt im Neutralisationstest. Mit der Sequenzanalyse stellt man den Stamm innerhalb eines Serotyps fest (EFSA, 2008; OIE, 2008).

Differentialdiagnostisch müssen Maul- und Klauenseuche, Bovine Virusdiarrhoe/ Mucosal Disease, Infektiöse Bovine Rhinotracheitis, Bösartiges Katarrhalfieber, Vesikuläre Stomatitis,

Schafpocken, Weißmuskelkrankheit, Erythema contagiosum, Hämonchose, Schafpocken, Nekrobazillose und Photosensibilität abgegrenzt werden (FLI, 2008b).

#### **2.1.4.1.5 Prophylaxe**

Es ist nur eine symptomatische Therapie möglich. Das Hauptaugenmerk muss auf die Prophylaxe gelegt werden. Diese besteht aus zwei Schwerpunkten – der Impfung und der Verringerung des Kontaktes mit dem Vektor. Letzteres wird in Kapitel 2.4. beschrieben.

Gemäß § 17c des Tierseuchengesetzes dürfen Impfstoffe nur in den Verkehr gebracht oder angewendet werden, wenn sie vom Friedrich-Loeffler-Institut oder vom Paul-Ehrlich-Institut zugelassen wurden oder ihr Inverkehrbringen durch Rechtsakt der Europäischen Gemeinschaft genehmigt worden ist (TierSG, 2007). Die Blauzungenkrankheit traf auf eine unvorbereitete Region in welcher schneller Handlungsbedarf zur Schadensbegrenzung bestand (Hoffmann und Cußler, 2009). Vor diesem Hintergrund wurde die Verordnung über bestimmte Impfstoffe zum Schutz vor der Blauzungenkrankheit vom 2. Mai 2008 erlassen: „Abweichend von § 17c Abs. 1 Satz 1 des Tierseuchengesetzes bedürfen die nachfolgend aufgeführten Impfstoffe zum Schutz empfänglicher Tiere vor der Blauzungenkrankheit, soweit die Impfstoffe ausschließlich inaktivierte Erreger enthalten und bei ihrer Herstellung nur Virusstämme des Serotyps 8 verwendet worden sind, keiner Zulassung für das Inverkehrbringen und das Anwenden: 1. BTVPUR Alsap 8<sup>®</sup> der Firma Merial; 2. Zulvac 8<sup>®</sup> der Firma Fort Dodge; 3. BLUEVAC-8<sup>®</sup> der Firma CZ Veterinaria; 4. Bovilis BTV 8<sup>®</sup> der Firma Intervet. Diese Verordnung tritt mit Ablauf des 30. April 2010 außer Kraft“ (BlauzungenImpfStV, 2008). In Südafrika werden seit vielen Jahren Lebendvakzinen eingesetzt. Diese Art der Impfung hat den Vorteil, eine starke Antwort in Form von Antikörpern zu induzieren. Es gibt jedoch auch Nachteile. Es kann zu Milchrückgang, Abort und Teratogenese (bei Impfung im ersten Trächtigkeitsdrittel) kommen. Des Weiteren besteht die Gefahr der Verbreitung des Impfstammes durch Vektoren und eine eventuelle Rückgewinnung der Pathogenität oder Reassortment mit Feldstämmen (OIE, 2008). In Deutschland bestand bis zum 31.12.2009 Impfpflicht für Rinder, Schafe und Ziegen (§4(1a) (EG-Blauzungenbekämpfung- Durchführungs-VO, 2008). Es müssen wenigstens 80 % aller empfänglichen Tiere geimpft sein, damit die Bekämpfung Erfolg haben kann. Im Gegensatz zu anderen Impfungen gab es hier einige Besonderheiten (Hoffmann und Cußler, 2009). Der Impfstoff wurde über die Landesbehörden verteilt. Es war eine Pflichtimpfung, welche als Massentierimpfung vielfach zu Stress und damit zu Nebenwirkungen führte. Über die Pflicht zur Impfung war die Erstattung von Schadensfällen geregelt. Insgesamt kann jedoch von einer guten Verträglichkeit gesprochen werden. 2008 wurden in Deutschland wesentlich weniger Neuinfektionen registriert, was für eine Wirkung des Impfstoffes spricht (Conraths et

al., 2009). Seit dem 01.01.2010 obliegt die Inanspruchnahme und Finanzierung der Impfung dem Tierhalter. Derzeit stehen zwei zugelassene Impfstoffe (BTVPUR AISap 8<sup>®</sup>, Merial und Zulvac 8 Bovis<sup>®</sup>, Fort Dodge) zur Verfügung.

Die o.g. Impfstoffe gegen die Blauzungenkrankheit sind inaktivierte Impfstoffe, welche kein vermehrungsfähiges Virus enthalten (Paul Ehrlich Institut, 2009). Zur Induktion einer ausreichenden Immunantwort im Tier wurden Kombinationen von Aluminiumhydroxid und Saponin als Adjuvanzen eingesetzt. Um mögliches bakterielles Wachstum zu vermeiden (die Abpackungen enthalten mehr als eine Impfdosis und werden unter Umständen nicht sofort komplett aufgebraucht), enthalten die Impfstoffe Zulvac 8 Bovis<sup>®</sup>, und Bluevac-8<sup>®</sup> das Konservierungsmittel Thiomersal.

## 2.2 Muscidae

Während die Familie der Gnitzen in Mitteleuropa erst nach Auftreten der Blauzungenkrankheit wissenschaftliches Interesse fand, ist die Bedeutung anderer Dipteren (z.B. Fliegen und Bremsen) als Lästlingsinsekten und v.a. als mechanische Krankheitsüberträger bereits seit vielen Jahrzehnten bekannt.

Muscidae sind meist dunkel gefärbte, mittelgroße (2-18 mm) Fliegen. Weltweit gibt es ca. 3.900 Arten, davon ca. 330 in Deutschland. Das Farbenspektrum reicht von grau, gelb oder rot bestäubt bis hin zu glänzend goldgrün oder stahlblau. Sie sind je nach Ernährungsweise mit einem Leckrüssel oder einem stark sklerotisierten Stechrüssel ausgestattet. Es gibt saprophage und koprophage Arten, Blütenbesucher (Heitland, 2009) und Blutsauger (Schnieder et al., 2006). Auf dem 3. Segment ihrer kurzen Antennen tragen sie eine Borste, Arista genannt, welche unterschiedlich geformt sein kann. Grundsätzlich teilt man die Familie in zwei Gruppen ein: die Haus- und Stallfliegen und die Weidefliegen. In die erste Gruppe werden Große Stubenfliege (*Musca domestica*) und Wadenstecher (*Stomoxys calcitrans*) eingeordnet. Zur zweiten Gruppe zählen Augen- und Gesichtsflye (*Musca autumnalis*), Kopf- und Euterfliege (*Hydrotaea* spp.) und Kleine und Große Weidestechfliege (*Haematobia irritans* und *H. stimulans*). Sie sind tagaktiv (Eckert et al., 2008). Die Bestimmung der Arten erfolgt anhand der Flügeladerung, der Beborstung und der Form und Ausbildung des Rüssels (Heitland, 2009).

Muscidae gehören zur Gruppe der Deckelschlüpfer (Heitland, 2009), d.h., dass sie mit einer Stirnblase den Deckel ihres Pupariums sprengen und dann aus diesem schlüpfen. Ihre Entwicklung vollzieht sich über die Stadien Ei, 3 Larvenstadien, Puppe und Imago (Eckert et al., 2008). Mit durchschnittlich 10 Generationen pro Jahr haben sie ein hohes Vermehrungspotential. Im Folgenden soll die Entwicklung am Beispiel von *Musca domestica* dargestellt werden: Die Eier sind 1-2 mm lang, oval und weiß-gelb. Daraus schlüpfen 12-13 mm lange madenförmige Larven, denen eine Kopfkapsel fehlt (acephale Larven). Am spitzen Vorderende befinden sich fächerförmige Atemöffnungen und am abgerundeten Hinterende liegen paarige Stigmenplatten (wichtig für die Identifikation von Fliegenlarven) mit Atemöffnungen. Die Larven entwickeln sich bei Temperaturen von 25-35 °C und hoher Luftfeuchtigkeit besonders gut. Sie meiden das Licht (WHO, 1991). Temperaturen über 45 °C vertragen die Larven nur für sehr kurze Zeit. Zur Verpuppung ziehen sich die Larven in etwas kühlere (15-20 °C) und trockenere Bereiche zurück. Das Puppenstadium ist tonnenförmig.

## 2.2.1 Stall- und Hausfliegen

Sie halten sich bevorzugt in Stallungen oder deren Nähe auf, fliegen aber auch in andere Gebäude ein. Einige Arten sind auch auf in Gehöftnähe gehaltenen Weidetieren zu finden.

### 2.2.1.1 *Musca domestica* (Stubenfliege, Große Hausfliege)

Sie ist ca. 5-8 mm lang, grau, mit vier dunklen Längsstreifen auf dem Thorax und dunklem Mittelstreifen auf dem Abdomen (Eckert et al., 2008). Die Weibchen, welche bereits 36 Stunden nach dem Schlupf begattet werden können (Schnieder et al., 2006), legen lebenslang (bis zu 2 Monate, gewöhnlich bis 1 Woche) im Abstand von 3-4 Tagen Pakete von 100-150 Eiern ab. Unterhalb von 15 °C kommt die Eiablage zum Stillstand. Als Brutmedien dienen Kot von Haustieren, Mist- und Komposthaufen, sich zersetzende Futterreste, Lebensmittel tierischen und pflanzlichen Ursprungs, Silage und die Schwimmschicht auf Güllegruben. Bei günstigen Temperaturen (25-35 °C) dauert die Entwicklung vom Ei bis zum Imago 7-10 Tage, bei 15 °C bis zu 50 Tage. Somit können in einem Sommer bis zu 10 Generationen entstehen. Die Fliegen sind tagaktiv. Am Tag findet man sie vornehmlich auf Tieren sitzend, während sie sich zur Nacht im Deckenbereich niederlassen (WHO, 1991). Ihr Bewegungsradius beträgt ca. 500-800 m. Sie sind gute Flieger und können somit von einer Herde zur anderen wechseln.

### 2.2.1.2 *Stomoxys calcitrans* (Wadenstecher, Stallfliege)

*S. calcitrans* ist eine ca. 7 mm lange, graue Fliege, welche ebenso wie *M. domestica* 4 schwarze Streifen auf dem Thorax hat (Schnieder et al., 2006). Auf dem Abdomen befinden sich dunkle Flecken. Beide Geschlechter sind blutsaugend (an Säugetieren und Menschen) und mit einem nach vorn gerichteten Stechrüssel ausgestattet. Sie können das Doppelte ihres Gewichtes an Blut aufnehmen und saugen teilweise 2-mal täglich (Eckert et al., 2008). *S. calcitrans* findet ihren Wirt vorerst über Geruchsstoffe und fliegt ihn unterhalb einer Distanz von 50 m auf Sicht an. Rinder werden vornehmlich im Bereich der distalen Gliedmaßen angefliegen. *S. calcitrans* verbleibt gewöhnlich in Wirtsnähe auf Wänden oder Vegetation. Nach mehrmaligem Blutsaugen (min. 3 Blutmahlzeiten) (Bishop, 1913) legen die Weibchen mehrere Hundert Eier in kleineren Eipaketen (25-30 Eier) ab. Die Bruthabitate entsprechen denen von *M. domestica*. Der Entwicklungszyklus ist temperaturabhängig und dauert 3-7 Wochen. Somit sind jährlich mehrere Generationen möglich. Die Männchen sterben kurz nach der Begattung, die Weibchen kurz nach der Eiablage.

### **2.2.1.3 *Ophyra aenescens* (Güllefliege, Deponiefliege)**

Diese Fliege wurde Mitte der 1960er Jahre aus Amerika nach Europa verbracht und gehört jetzt zur Fliegenfauna von Mülldeponien und Tierstallungen. Sie wurde erstmals in Ostdeutschland zur Fliegenbekämpfung eingesetzt. Ihre Larven ernähren sich von Stallfliegenlarven (*M. domestica*) und begrenzen ihre eigene Population durch Kannibalismus. Die Güllefliege ist lichtscheu und bleibt überwiegend im Unterflurbereich. Somit belästigt sie Mensch und Tier nicht (Eckert et al., 2008). Setzt man diese Fliegenart jedoch in für sie ungünstigem Milieu aus, so besteht die Möglichkeit einer Abwanderung und Ansiedlung in nicht für sie vorgesehenen Bereichen/ Stallungen (Hogsette und Jacobs, 1999).

### **2.2.1.4 Schadwirkung und Vektorfunktion von Stall- und Hausfliegen**

Fliegen können ihre Wirte stark belästigen und somit Leistungseinbußen verursachen. Hierzu wurden zahlreiche Studien durchgeführt. Während Miller et al. (1973) keine Beeinträchtigung der Milchleistung durch die Belästigung von Kühen durch *S. calcitrans* feststellen konnten, beobachteten Freeborn et al. (1925) bereits 1925 einen Milchrückgang. Es gibt auch Untersuchungen zum Einfluss der Belästigung auf die Gewichtszunahme. Versuche mit Aufzuchtfernen verschiedener Fleischrassen, welche durch *S. calcitrans* und *H. irritans* belästigt wurden, zeigten eine geringere Tageszunahme (Cheng, 1958). In einem von Campbell et al. (1977) durchgeführten Versuch nahmen die mit Wachstumsration gefütterten Färsen der Interventionsgruppe 0,09 kg/Tag weniger zu als die Interventionstiere. Ihre Futtermittelverwertung war bis zu 12,9% schlechter. Ähnliche Ergebnisse ließen sich später in einem Versuch mit Bullen erreichen (Campbell et al., 2001). Somit ist die Fliegenbekämpfung nicht nur eine Frage des Tierwohlbefindens sondern auch aus ökonomischer Sicht sinnvoll.

Fliegen können mechanisch als Überträger diverser Krankheitserreger dienen, welche am Exoskelett der Fliegen haften. Durch die Aufnahme erregerrhaltiger Nahrung und deren Regurgitation oder Ausscheiden mit dem Kot sind sie in der Lage z.B. Oocysten von Cryptosporidien zu übertragen. Im Rahmen einer in Deutschland durchgeführten Studie wurden Fliegenwildfänge auf ihre Belastung mit pathogenen Keimen untersucht (Förster et al., 2007). In den Fängen dominierten die Gattungen *Musca domestica* und *Stomoxys calcitrans*. Auf ihnen wurden vornehmlich Aerobe Sporenbildner, *Proteus* sp., Koagulase-negative Staphylokokken, *E. coli* und Corynebakterien nachgewiesen. Dies sind u.a. Mastitiden verursachende Erreger. *Stomoxys*- Arten können auch Trypanosomen übertragen. Des Weiteren fungieren Haus- und Stallfliegen als Zwischenwirte für Helminthen (z.B. *M. domestica* für *Habronema muscae*, *S. calcitrans* für *Habronema majus*) (Eckert et al., 2008).

## 2.2.2 Weidefliegen

### 2.2.2.1 *Musca autumnalis* (Augen- oder Gesichtsflye)

Diese Fliegenart ist der Stubenfliege sehr ähnlich, besitzt jedoch gelblich-graue Flügel und das Abdomen der Weibchen ist etwas dunkler (Schnieder et al., 2006). Die Entwicklung vom Ei zum Imago dauert im Sommer ca. 10 Tage. Innerhalb einer Saison entstehen somit 4-5 Generationen. Die Eiablage erfolgt nach einer vorhergehenden unerlässlichen eiweißhaltigen Mahlzeit. Augenfliegen besitzen Zähnchen an ihrem Labellum und beraspeln die Schleimhäute an Augen und Nase (Eckert et al., 2008). Gern lecken sie Blut aus durch Tabaniden verursachten Wunden. Sowohl die Weibchen als auch die Männchen nehmen Blut auf.

*M. autumnalis* gilt als Zwischenwirt für Thelazien (Augenwürmer) des Rindes und Pferdes, von *Parafilaria bovicola* des Rindes und als Vektor von *Moraxella bovis*, dem Erreger der Infektiösen Keratokonjunktivitis des Rindes (Hower und Cheng, 1972; Wetzel, 1972).

### 2.2.2.2 *Hydrotaea* spp. (Kopf- und Euterfliegen)

*Hydrotaea*- Arten ähneln der größeren Stubenfliege. Die häufigsten Arten sind *Hydrotaea irritans* und *Hydrotaea albipuncta*. Sie überwintern als Larven. Im Mai/ Juni schlüpfen die Adulten. Innerhalb eines Jahres entsteht eine Generation (Schnieder et al., 2006). Auch sie ernähren sich von Sekreten (Tränenflüssigkeit, Schweiß, Speichel, Wundsekret, Blut aus Wunden).

*Hydrotaea irritans* kann Mastitiserreger übertragen (Eckert et al., 2008). Die Hauptschadwirkung entsteht aufgrund von Irritation und Belästigung durch große Schwärme, welche zu Abwehrbewegungen und Flucht führen.

### 2.2.2.3 *Haematobia* spp.

Die wichtigsten Vertreter dieser Gattung sind *H. irritans* und *H. stimulans*. Sie ähneln *S. calcitrans*, sind jedoch kleiner. *H. irritans* sitzen am Wirt mit nach unten gerichtetem Kopf und deltaförmig gespreizten Flügeln. *H. stimulans* hält hingegen den Kopf nach oben (Eckert et al., 2008). Sie besitzen stechend-saugende Mundwerkzeuge. Beide Geschlechter saugen Blut (teilweise bis zu 40-mal am Tag). Zur Eiproduktion sind mehrere Blutmahlzeiten nötig (Schnieder et al., 2006). Die Entwicklung zum Imago dauert ca. 14 Tage. Innerhalb eines Jahres entstehen durchschnittlich 4 Generationen. Während *H. irritans* das Rind nur kurz zur Eiablage im frischen Kot verlässt, übernachtet *H. stimulans* in der Vegetation. *H. irritans* wurde im Rahmen einer schottischen Studie vor allem auf waldnahen Weiden gefunden (Titchenor et al., 1976).

Bei Massenbefall kann es neben der Belästigung und der damit verbundenen Unruhe und gestörten Futteraufnahme zu beträchtlichen Blutverlusten kommen. *H. irritans* gilt als Überträger von *Stephanofilaria stilesi*, dem Erreger von Sommerwunden beim Rind (Eckert et al., 2008).

### 2.3 Sonstige Lästlingsinsekten des Rindes

Neben den *Ceratopogonidae* und *Muscidae* belästigen weitere Dipteren das Rind (v.a. *Culicidae*, *Tabanidae* und *Simuliidae*).

Weltweit gibt es ca. 3.000 Stechmückenarten (*Culicidae*), von denen die Gattungen *Anopheles*, *Aedes* und *Culex* aus medizinischer Sicht am wichtigsten erscheinen (Schnieder et al., 2006). *Culicidae* sind lange, schlanke, langbeinige, blutsaugende Mücken, welche vornehmlich nacht- und dämmerungsaktiv sind. Die Entwicklung vom Ei über 4 Larvenstadien und das Puppenstadium zum Imago dauert ca. 2 Wochen (Eckert et al., 2008). Als Brutstätten dienen temporäre oder permanente Gewässer. Während *Aedes* fast nie im Stall vorkommt, befinden sich die Ruhestätten von *Anopheles* bevorzugt in Großviehstallungen. *Culex* kann manchmal auf Weiderindern beobachtet werden.

Produktionseinbußen in Form von geringerer Milchleistung oder schlechterer Gewichtsentwicklung können bei starkem Befall auftreten. In seltenen Fällen kommt es zu Hypersensibilitätsreaktionen. *Culex pipiens* (eine in Europa weit verbreitete Mückenart) und *C. modestus* gelten als Vektoren für das West Nile Fever, welches bereits in mehreren Ländern Südeuropas aufgetreten ist (Barzon et al., 2009). *Aedes*- Arten gelten als Überträger vieler humanpathogener Arboviren, welche u.a. Dengue, Chikungunya und Rift Valley Fever verursachen können (ECDC, 2007). Letztgenannte Erkrankung verursacht auch beim Tier Aborte. *Anopheles*- Arten sind beim Menschen u.a. als Überträger der Malaria bekannt (Semenza und Menne, 2009).

Innerhalb der ca. 8.000 Arten von Bremsen (*Tabanidae*) sind die Gattungen *Tabanus*, *Haematopota* und *Chrysops* von veterinärmedizinischer Bedeutung (Schnieder et al., 2006). Die tagaktiven Bremsen sehen aus wie große Fliegen mit breitem Kopf und markanten Facettenaugen. Ihre kurzen, kräftigen Mundwerkzeuge stellen eine Kombination vom stechend-saugend-leckenden Typ dar (Heitland, 2009). Nur die Weibchen sind haematophag. Nach der Begattung benötigen sie Blut zur Eireifung. Die Eier werden in feuchten Biotopen (an Pflanzen oder am Boden) abgelegt (Eckert et al., 2008). Die Larvenentwicklung erfolgt über 6-13 Stadien und dauert mehrere Monate bis Jahre. In Mitteleuropa entsteht gewöhnlich eine Generation pro Jahr.

Bremsenstiche sind einerseits schmerzhaft, andererseits bieten die nachblutenden Stiche einen Anziehungspunkt für andere Dipteren. Die Blutverluste können je nach Anflugrate bis

zu 100 ml pro Tag betragen. Am Ende des Saugaktes bleibt ein dünner Blutfilm zwischen den Mundwerkzeugen. Dieser kann erregend sein. Somit ist beim nächsten Saugakt eine mechanische Übertragung von z.B. *Anaplasma marginale* oder *Besnoitia benoiti* möglich (Geiser, 2002; FLI, 2008c; Meier, 2009). Eine zyklische Übertragung ist für *Trypanosoma theileri* bekannt (Böse et al., 1987).

Kriebelmücken (*Simuliidae*) sind weltweit mit ca. 1.500 Arten vertreten (Schnieder et al., 2006). Veterinärmedizinische Bedeutung hat die Gattung *Simulium*. *Simuliidae* sind tagaktiv, vor allem morgens und abends. Die Entwicklung (Ei- 4Larvenstadien- Puppe- Imago) dauert ca. 4-7 Wochen. Für die Larvenentwicklung benötigen Kriebelmücken schadstoffarme Fließgewässer.

Bei warmer Witterung und sinkendem Wasserspiegel kann es zum Massenschlupf kommen. Der Stich ist nicht nur schmerzhaft, es kann auch zur Auslösung einer allergischen Reaktion gegen das Speicheltoxin kommen (Eckert et al., 2008). Die sogenannte Simuliotoxikose zeigt sich durch petechiale Blutungen und Ödeme und kann bis zum Herz- und Kreislaufversagen führen. Des Weiteren können Kriebelmücken *Onchocerca gutturosa* und Viren (z.B. das Virus der Vesikulären Stomatitis) übertragen (Dohnal et al., 1990).

## **2.4 Bekämpfungsstrategien**

Eine ideale Schädlingsbekämpfung besteht nicht darin, möglichst viele Krankheitsüberträger bzw. Lästlinge binnen kurzer Zeit abzutöten. Es geht vielmehr darum, den Systemcharakter der Umwelt auszunutzen. Das heißt, dass die Maßnahmen nicht allein auf den Schädling ausgerichtet sind, sondern auch auf das Umfeld in Form von anderen Tieren, Pflanzen, Boden und Klima. Die Steuerung der Schädlingspopulation soll vor allem verhindern, dass eine gewisse „wirtschaftliche Schadensschwelle“ oder ein anderes festgelegtes Niveau überschritten wird. Dabei ist es wichtig, dass sich die einzelnen Maßnahmen nicht gegenseitig negativ beeinflussen, sondern synergistisch wirken. Es kann viel Geld und Zeit eingespart werden, wenn das vorhandene Ökosystem in die Bekämpfung mit einbezogen wird. Leider sind die Kenntnisse über die Lebensweise und Verbreitung einiger Schädlinge noch immer eingeschränkt, was eine effiziente Dezimierung erschwert (Jost und Krieg, 1976). Grundlage einer jeden erfolgreichen Bekämpfungsmethode sind die präzise Formulierung eines Zieles, die Erarbeitung einer realistischen Strategie und die konsequente Umsetzung (Hiepe et al., 2006).

Zur Schädlingsbekämpfung stehen hygienische, biotechnische, physikalische und chemische Verfahren zur Verfügung.

### **2.4.1 Hygienische Maßnahmen**

Ordnung und Sauberkeit im Stall und auf dem Hof, die Beseitigung von Futterresten, die Reinigung der Futtertröge und die Zerstörung von Schwimmschichten tragen ebenso wie die Vermeidung von feuchten Stellen zur Vernichtung von Brutstätten und somit zur Schädlingsreduktion bei. Die Oligolyse<sup>®</sup> bezeichnet eine elektrochemische Behandlung der Gülle, welche die Schwimmschicht zerstört und eine Stromwirkung auf Insektenlarven hat (Müller und Schlenker, 2004). Anfallender Festmist wird als Dungstapel gelagert. Optimal sind eine Breite von ca. 2 m und eine Höhe von ca. 1,5 m. Dies führt zu einer aeroben Rotte der oberen Schichten bei einer Selbsterhitzung auf ca. 55°C. Somit findet eine gewisse „Selbstreinigung“ des Dunges statt. Des Weiteren sollten sich Misthaufen nicht in Tiernähe befinden. Kälberglus sollten häufig umgesetzt werden, um ein Abtrocknen des Untergrundes zu ermöglichen (Tischer, 2006). Großflächige Drainage und Wasserstandssenkungen zerstören zwar Brutplätze, stellen jedoch einen gravierenden Eingriff in ein bestehendes System dar (Carpenter et al., 2008b).

## 2.4.2 Biologische Bekämpfung

Die biologische Bekämpfung stellt vielfach keine absolute Alternative dar, ist jedoch eine sinnvolle Ergänzung zu chemischen Maßnahmen. Sie setzt sich aus folgenden Teilbereichen zusammen: a) parasitische und räuberische Insekten, b) Wirbeltiere (z.B. Vögel), c) entomopathogene Erreger (Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen) und d) genetische Bekämpfungsmaßnahmen.

Als Prädatoren werden z.B. Güllefliegen (*Ophyra aenescens*) und Schlupfwespen (*Nasonia vitripennis*) eingesetzt (Hiepe et al., 2006). Güllefliegen lassen sich in Stallungen mit Spaltenboden und Güllegrube ansiedeln. Eine Güllefliegenlarve kann bis zu 20 Stubenfliegenlarven vernichten. Sie kontrollieren ihre eigene Population durch Kannibalismus. In der ehemaligen DDR galt der Einsatz von *Ophyra aenescens* als anerkanntes Fliegenbekämpfungsmittel. So konnte bei Versuchen in Schweineproduktionsanlagen auf den weiteren Einsatz von Chemikalien verzichtet werden (Betke et al., 1989). Schlupfwespen entwickeln sich in Festmist (Kälberboxen, Strohboxen) (Eckert et al., 2008). Das Wespenweibchen legt 1-8 Eier in Stubenfliegenpuppen. Somit kann eine Wespe bis zu 200 Stubenfliegen töten.

In besonders betroffenen Ländern dient der Fisch *Gambusia affinis* der Dezimierung von Stechmückenlarven.

*Bacillus thuringiensis* Zubereitungen werden gegen Fliegen und Stechmücken, Mikrosporidien gegen Kriebelmücken- und Stechmückenlarven eingesetzt (Hiepe et al., 2006). *B. thuringiensis* ist ein bodenbewohnendes Bakterium, welches während der Sporenbildung Toxine freisetzt. In der Umwelt unterliegen diese Stoffe einem schnellen Abbau. Werden die Toxine durch Insekten aufgenommen, kommt es im Mitteldarm zur Freisetzung der Toxinfraktionen und nach Aktivierung durch Proteasen zur Bindung an Epithelzellen. Folge sind Zellschäden und schließlich der Tod (Eckert et al., 2008). Amerikanische Untersuchungen mit *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* zur Gnizenbekämpfung waren enttäuschend. Man vermutet, dass diesen Insekten bestimmte Proteasen fehlen oder dass der pH-Wert des Gnitzen Darmes für eine Aktivierung zu hoch ist (Kelson et al., 1980; Lacey und Kline, 1983).

Aus *Culicoides variipennis* konnte der Nematode *Heleidomermis* isoliert bzw. Gnitzen in Laborversuchen infiziert werden. Untersuchungen zum Feldeinsatz stehen noch aus (Hribar und Murphree, 1987; Luhring und Mullens, 1997).

Es gibt auch Iridoviridae, welche für Gnitzen tödlich sind. Da die Infektionsraten nur sehr gering sind, haben sie kein Potential, um als Bekämpfungsmittel eingesetzt zu werden (Chapman et al., 1968; Mullens et al., 1999).

Der Gebrauch des Pilzes *Lagenidium giganteum* als biologisches Agens gegen Gnitzen scheitert an den geringen Infektions- und Mortalitätsraten (Wright und Easton, 1996).

Gentechnische Methoden beruhen auf der Sterilisation von Insekten (Hiepe et al., 2006). Es gibt verschiedene Verfahren. Die „releasing method“ sieht die Sterilisation von männlichen Insekten mittels „sterile-male technique“ (Einsatz von Radio- oder Chemosterilanzen) und ihre anschließende Freilassung in großen Mengen vor. Grundsätzlich ist auch die Sterilisation von Insekten im Freiland durch ausgebrachte Chemosterilanzen (z.B. Triazine, Aziridine und Antimetabolite) möglich. Diese Methode birgt jedoch durch ihre geringe Selektivität Umweltgefahren. Die Translokationsmethode umfasst die Freilassung genetisch geschädigter Insekten.

### **2.4.3 Physikalische Bekämpfung**

Vor den Fenstern können Fliegengitter verwendet werden, um einen Zuflug von Insekten zu verhindern. Des Weiteren können mit Lockstoffen versehene Leimstofffallen und elektrische Fallen zu einer Insektenreduktion in der unmittelbaren Umgebung führen (Müller und Schlenker, 2004). Wissenschaftler in Schottland setzten Geruchsköder ein, um Ceratopogonidae zu fangen (Mands et al., 2004). Unter Verwendung der Falle Mosquito Magnet® (Lockstoff Kohlendioxid und 1-octen-3-ol) konnten zahlreiche Gnitzen gefangen werden. Es wurden weiterhin Hexan-Extrakte aus Haarproben verschiedener Großtiere als Attraktans ausprobiert. Auch diese Lockstoffe waren dosisabhängig effektiv. Es bleibt jedoch fraglich, ob der Einsatz solcher Fallen einen messbaren Einfluss auf die Insektenpopulation und die Stichrate hat.

### **2.4.4 Chemische Bekämpfung**

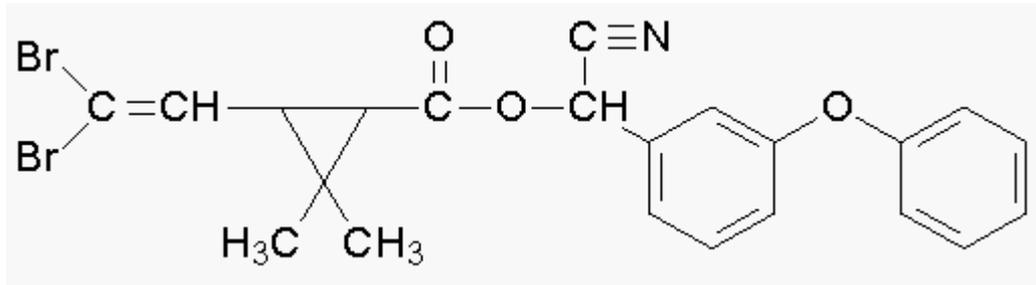
Ektoparasitika sind Wirkstoffe, welche gegen auf oder in der tierischen Haut angesiedelte Parasiten oder auch deren Entwicklungsstadien wirksam sind. Sie sollten eine hohe selektive Toxizität für Parasiten und eine geringe für Bienen und Warmblüter aufweisen. Dieses Kriterium erfüllen jedoch nicht alle Stoffe. Die Warmblütertoxizität ist bei chlorierten zyklischen Kohlenwasserstoffen und Organophosphaten hoch, geringer bei Carbamaten und niedrig bei Pyrethrinen und Pyrethroiden. Letztere wirken dagegen stark toxisch auf Bienen, Fische und Amphibien sowie Reptilien. Insektizide wirken als Kontakt-, Fraß- oder Atemgifte. Die Wirkung beruht größtenteils auf neurotoxischen Effekten. Dies resultiert in Immobilisation und Paralyse der Insekten („knock down“) und führt danach zum Absterben („killing effect“). Ist die Expositionsdauer zu kurz, können sich die Tiere wieder erholen. Neben der insektiziden kann auch eine repellierende Wirkung (Repellenteffekt = Abschreckung) beobachtet werden. Einige Wirkstoffe (z.B. Pyrethroide) zeigen dosisabhängig beide Effekte (Frey und Löscher, 2002; Löscher et al., 2006). Zur äußerlichen Anwendung von Ektoparasitika sind folgende Applikationsarten im Gebrauch: Sprühen (spraying), Duschen

(showering), Baden (dipping), Applikation mittels Sprührechen (jetting), Aufgießen (pour on), Auftropfen (spot on), Stäuben/ Pudern (dusting), imprägnierte Wirkstoffträger (Ohrmarken, Ohrclips, Halsbänder), Einwaschen, Einsalben und Aerosol- Technik. Für einige Stoffe ist auch eine parenterale Gabe durch Injektion möglich (Hiepe et al., 2006). Innerhalb der Ektoparasitika gibt es nur wenige Wirkstoffgruppen, welche zur Anwendung an Tieren, die zur Lebensmittelgewinnung dienen, zugelassen sind. Innerhalb dieser Gruppen (Pyrethroide, Organische Phosphorsäureester und Makrozyklische Laktone) ist weiterhin zu beachten, dass vereinzelte Wirkstoffe nicht für Tiere zugelassen sind, welche der Gewinnung von Milch für den menschlichen Verzehr dienen. Neben den oben genannten Wirkstoffgruppen stehen für Begleittiere Wirkstoffe aus den Gruppen der Carbamate (Propoxur), chlorierten zyklischen Kohlenwasserstoffe (Lindan), Triazapentadiene (Amitraz), Phenylpyrazolverbindungen (Fipronil) und Neonicotinoide (Imidacloprid) zur Verfügung (Vetidata, 2009).

#### **2.4.4.1 Pyrethroide**

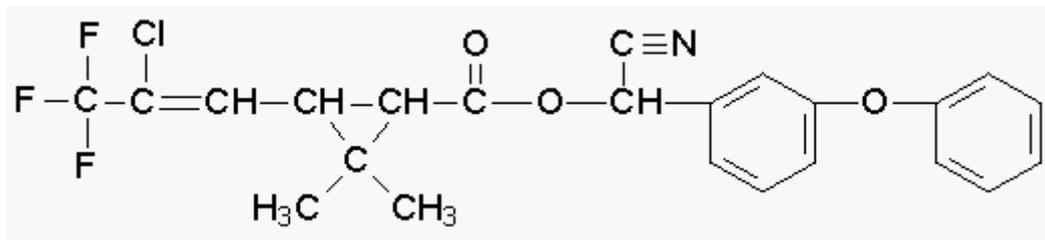
Pyrethrine und Cinerine sind natürlich wirksame Inhaltsstoffe aus Blüten einiger Chrysanthemenarten (Löscher et al., 2006). Es handelt sich um Kontaktgifte, welche jedoch am Licht sehr instabil sind und somit nur eine kurze Wirkungsdauer haben. Pyrethroide sind chemische Derivate von Pyrethrinen und zeichnen sich durch eine höhere Lichtstabilität als die Grundsubstanz aus. Sie weisen eine Langzeitwirkung auf, die je nach Formulierung 2 Wochen bis 5 Monate betragen kann. Die klassischen Pyrethroide sind Ester der Cyclopropan-carbonsäure und lassen sich in Typ-I-Pyrethroide ohne Substitution am  $\alpha$ -Kohlenstoff (Bsp.: Permethrin) und Typ-II-Pyrethroide mit Cyanosubstitution am  $\alpha$ -Kohlenstoff (Bsp.: Deltamethrin, Cyfluthrin, Cypermethrin, Cyhalothrin) einteilen. Diese Typen zeichnen sich durch eine spezifische Vergiftungssymptomatik aus. Typ-I-Pyrethroide verursachen das T-Syndrom (Tremor). Es ist durch einen initial stark ausgeprägten Tremor, Hyperaktivität, erhöhte Körpertemperatur und schließlich Erschöpfung gekennzeichnet. Das CS-Syndrom (Choreoathetose, d.h. unwillkürliche langsame Bewegungen) wird durch Typ-II-Pyrethroide verursacht. Hierbei kommt es zu vermehrter Salivation, sinkender Körpertemperatur, Tremor und tonisch-klonischen Krämpfen. Grundsätzlich ist die Toxizität für Warmblüter jedoch als gering einzustufen. Bei intakter Haut werden sie kaum resorbiert. Es handelt sich um Kontaktgifte, welche auch eine gewisse Fraßgiftwirkung entfalten. Sie dienen der Abwehr aller oberflächlich auf der Haut parasitierenden Arthropoden. Die Wirkung beruht auf einer Hemmung der Inaktivierung neuronaler  $\text{Na}^+$ - Kanäle. Dies führt zu einem anhaltenden  $\text{Na}^+$ -Einstrom und schließlich zur Dauerdepolarisation. Zusätzlich haben Pyrethroide irritierende Wirkung (Fuß-Rückzieh-Effekt). Die Inhibition von Gaba- Rezeptoren scheint ein zusätzlicher Mechanismus von Typ-II-Pyrethroiden zu sein (Valentine, 1990).

Pyrethroide können in Insekten durch Esterhydrolyse abgebaut werden. Durch die Hemmung des enzymatischen Abbaus verstärkt Piperonylbutoxid die toxische Wirkung auf Parasiten bis zum Faktor 10 (Frey und Löscher, 2002).



**Abbildung 1:** Strukturformel von Deltamethrin ( $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$ ) (GESTIS-Stoffdatenbank, 2009)

Der chemische Name des Deltamethrins (Abb. 1) lautet (S)-alpha-cyano-3-phenoxybenzyl-(1R,cis)-2,2-dimethyl-3-(2,2-dibromvinyl)-cyclopropanocarboxylat. Deltamethrin ist eine weiße, kristalline oder pulverige Substanz. Der Schmelzpunkt liegt bei 98°C und der Siedepunkt bei 300°C. Weniger als 0,01 mg der Substanz sind in 100 ml Wasser löslich. (Universität Zürich, 2009)



**Abbildung 2:** Strukturformel von Lambda-Cyhalothrin ( $C_{23}H_{19}ClF_3N_1O_3$ ) (GESTIS-Stoffdatenbank, 2009)

Der chemische Name des Cyhalothrins (Abb. 2) lautet 3-(2-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propenyl)-2,2-dimethyl-cyclo-propanocarboxylsäure-cyano(3-phenoxy-phenyl)methyl-ester.

Der Schmelzpunkt liegt bei 49°C und der Siedepunkt bei 190°C (GESTIS-Stoffdatenbank, 2009). Cyhalothrin ist eine weiße, geruchlose, kristalline Substanz. Es ist wie alle Pyrethroide lipophil und nicht in Wasser löslich (Universität Zürich, 2009).

Kline et al. (1981) und Floore (1985) untersuchten die Wirkung von Pyrethroiden (u.a. Deltamethrin und Permethrin) und Organophosphaten (u.a. Fenthion) auf *C. mississippiensis* im Windtunnel. Dabei stellte sich heraus, dass die LC50 bzw. LC90 für die erstgenannte

Wirkstoffgruppe geringer war als für die Organophosphate. Innerhalb der Versuche gab es jedoch große Variabilitäten.

Bei einem Feldversuch in Sardinien wurden mikroverkapselte Formulierungen von synthetischen Pyrethroiden auf zwei Farmen ausgebracht (Satta et al., 2004). Insgesamt konnte kein Einfluss auf die dortige Gnitzenpopulation festgestellt werden. Untersuchungen in Florida zeigten einen gewissen Einfluss von mit Pyrethroiden und Organophosphaten behandelter Vegetation auf Testgnitzen (Linley und Jordan, 1992).

Sinnvoll erscheint jedoch der Einsatz von Pyrethroiden in Stallungen und auf Transportfahrzeugen (EFSA, 2007).

In Deutschland werden derzeit pyrethroidhaltige Präparate im pour on Verfahren oder als Ohrclip zur Abwehr von Fliegen, Bremsen, Läusen und Haarlingen eingesetzt (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Übersicht derzeit in Deutschland zur Anwendung am Rind zugelassener pyrethroidhaltiger Ektoparasitika

<b>Präparat</b>	<b>Wirkstoff</b>	<b>Hersteller</b>	<b>Tierart und Wartezeit</b>	
Bayofly® pour on	Cyfluthrin	Bayer Vital GmbH	Rind:	
			Fleisch	0 Tage
			Milch	0 Tage
Bayticol® pour on	Flumethrin	Bayer Vital GmbH	Rind:	
			Fleisch	5 Tage
			Milch	8 Tage
Butox® pour on	Deltamethrin	Intervet Deutschland GmbH	Rind:	
			Fleisch	18 Tage
			Milch	0 Tage
			Schaf:	
			Fleisch	1 Tag
Latroxin Delta® pour on	Deltamethrin	Serumwerk Bernburg AG	Rind:	
			Fleisch	18 Tage
			Milch	0 Tage
			Schaf:	
			Fleisch	1 Tag
Auriplak® Ohrclip	Permethrin	Virbac Tierarzneimittel GmbH	Rind:	
			Fleisch	0 Tage
Flectron® Ohrclip	Permethrin und Cypermethrin	Fort Dodge Veterinär GmbH	Rind:	
			Fleisch	0 Tage

In den letzten beiden Jahren gab es diverse Untersuchungen zur Wirksamkeit solcher Präparate gegen Gnitzen. Die Prüfung der Präparate Bayofly® (Bayer Vital GmbH) (Liebisch et al., 2008b; Mehlhorn et al., 2008b), Butox® (Intervet Deutschland GmbH) (Mehlhorn et al., 2008a; Schmahl et al., 2009), Auriplak® (Virbac Tierarzneimittel GmbH) (Liebisch et al., 2008a) und Flectron® (Fort Dodge Veterinär GmbH) (Liebisch und Liebisch, 2008) ergab durchschnittlich eine gute Wirkung in Form von Repellentwirkung und knock down Effekt der pour on Formulierungen für 3-4 Wochen. Die Ohrmarken erreichten 3 Wochen (2 Ohrclips) bzw. 1 Woche lang (1 Ohrclip) zufriedenstellende Ergebnisse. Die Verteilung dieser lokal applizierten Stoffe erfolgt in der Lipoidschicht der Haut. Der Wirkstoff wird durch Haarreibung über den Tierkörper verteilt (sog. Dachschindeleffekt). Grundsätzlich zeigte sich, dass die Wirkung im Bauchbereich der Rinder schwächer war als auf dem Rücken. Im Rahmen der o.g. Studien wurden Bioassays mit in Klauennähe entnommenen Haaren durchgeführt. Auch hier zeigte sich eine gute Wirksamkeit. Es ist jedoch fraglich, ob von diesen Ergebnissen auf Insektizidkonzentrationen in der Umbilikalregion geschlossen werden kann. Dies ist jedoch ein bevorzugter Angriffsort für Gnitzen. Die auf einer brandenburgischen Besamungsstation befindlichen Bullen wurden während der Gnitzenflugsaison im 6wöchigen Rhythmus mit einem Deltamethrin-haltigen Präparat im pour on Verfahren behandelt. Zusätzlich erhielten sie Permethrin-haltige Ohrmarken. Trotz dieser intensiven Bemühungen zur Abwehr von Gnitzen und sonstigen Mücken, wurden gesogene Exemplare gefangen (Bauer et al., 2009). Mullens et al. (2001) versprühte Permethrin entlang der ventralen Mittellinie von Rindern. Diese Behandlung wurde im 2 Wochen Intervall wiederholt. Leider konnte auch diese Maßnahme die Übertragung der Blauzungenkrankheit nicht verhindern. Dies zeigt, dass die bisherigen Schutzmaßnahmen nicht ausreichend wirksam sind.

Schmahl et al. (2008) testeten OXYFLY® (Wirkstoff: mikroverkapseltes Lambda-Cyhalothrin, adulticides Spray zur Flächenbehandlung, Novartis, Basel, Schweiz). Das Insektizid wurde auf hölzerne Platten aufgebracht. Die zu testenden Insekten wurden der Oberfläche 10-15 Sekunden ausgesetzt. Nach dieser Expositionszeit kam es bei den Testgnitzen in den ersten 3 Wochen nach 9-20 Sekunden zum Tod. Das Präparat zeigte auch noch nach 9 Wochen Wirkung. Der Tod trat jedoch erst nach 5-6 Minuten ein.

### **2.4.4.2 Repellentien**

Repellentien sind Arthropoden abschreckende Stoffe. Sie sollen das Aufsitzen bzw. den Stich der Insekten verhindern. Pyrethrumextrakte und Pyrethroide haben in geringen Dosierungen eine abwehrende Wirkung durch die Reizung taktiler Elemente an den Insektenextremitäten. Andere Stoffe wirken durch ihren Geruch abstoßend. Zu ihnen zählen ätherische Öle wie Zitronenöl, Eukalyptusöl, Lorbeeröl, Lavendelöl, Menthol, Perubalsam, Pfefferminzöl oder Nelkenöl. Ihre Wirkung ist jedoch nicht nachgewiesen (Löscher et al.,

2006). Für den Nutztiersektor gibt es derzeit keine Tierarzneimittel mit rein repellierender Wirkung (Vetidata, 2009). Untersuchungen an Menschen zeigten eine abschreckende Wirkung von Bayrepel gegen *C. impunctatus* (Carpenter et al., 2005). Untersuchungen an Rindern zeigten, dass Repellentien wie Diethyltoluamid (DEET) über die Haut resorbiert werden und somit potentiell in Lebensmittel auftauchen könnten (Taylor et al., 1994).

#### 2.4.4.3 Makrozyklische Laktone

Avermectine sind natürliche Stoffwechselprodukte des Bodenorganismus *Streptomyces avermitilis*. Ihre Wirkung beruht auf der vermehrten Stimulation zelleinwärts gerichteter Cl-Kanäle, was zur Hyperpolarisation und schließlich zur funktionellen Paralyse führt (Frey und Löscher, 2002). Die Wirkstoffe Eprinomectin (Eprinex® pour on, Merial GmbH) und Ivermectin (Ivomec® pour on, Merial GmbH) sind zur Bekämpfung der kleinen Weidestechfliege (*H. irritans*) zugelassen.

Injizierbare Avermectine wurden in den USA und Australien gegen Gnitzen getestet. Während im australischen Versuch *C. brevitarsis* nach der Blutaufnahme aus Rindern, welche mit Ivermectin behandelt waren, starben (Standfast et al., 1984), konnten die Amerikaner diesen Effekt gegenüber *C. variipennis* nicht bestätigen (Holbrook, 1994). Sie stellten jedoch im Laborversuch einen negativen Einfluss von Ivermectin auf die Menge der produzierten Eier fest (Holbrook und Mullens, 1994). Allerdings wäre dafür eine Wirkstoffkonzentration nötig, welche im Tier nicht zu erreichen ist.

#### 2.4.4.4 Insektenwachstumshemmer

Insektenwachstumshemmer greifen in spezifische Vorgänge der Insektenentwicklung ein, welche bei Vertebraten nicht vorkommen (Löscher et al., 2006). Dies senkt die Wirtstiertoxizität. Es gibt 3 Wirkungsprinzipien: 1. Analoge des Juvenilhormons (Methopren, Pyriproxifen), 2. Hemmstoffe der Chitinsynthese (Lufenuron, Triflumuron, Diflubenzuron) und 3. Wirkstoffe, die den Häutungs- und Verpuppungsprozess unterbrechen (Dicyclanil, Cyromazin). Diese Stoffe sind ausschließlich gegen die Entwicklungsstadien, nicht jedoch gegen Imagos wirksam. Vielfach ist die Kombination mit alduzid wirksamen Stoffen sinnvoll. Während es für Hunde und Katzen Präparate zur Anwendung am Tier gegen Flöhe gibt (Bsp.: Program® für Katzen, Wirkstoff Lufenuron, Novartis Tiergesundheit GmbH und Frontline® Combo für Hunde oder Katzen; Wirkstoffe Fipronil und S-Methopren, Merial GmbH), sind diese Stoffe zur Anwendung am lebensmittelliefernden Tier nicht zugelassen. Sie finden sich jedoch in Präparaten zur Umgebungsbehandlung (Bsp.: Cyromazin in Neporex®, Triflumuron in Baycidal®, Methopren in Neo- Made X®). In Nordamerika wurden Larvizide großflächig gegen Ceratopogonidae eingesetzt, welche die Küstenbewohner stark belästigen (Clement und Rogers, 1968). Es waren Erfolge zu verzeichnen. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass solchen Einsätzen Grenzen

bezüglich der auszubringenden Stoffmenge gesetzt sind. In Labortests konnte mittels Diflubenzuron und Methopren eine Entwicklungshemmung bei Gnitzen erreicht werden (Apperson und Yows, 1976; Takahashi et al., 1985). Takahashi et al. stellten fest, dass Methopren in höheren Dosierungen Puppentod und in geringeren Konzentrationen deformierte Imagos verursacht. Diflubenzuron hemmt die Verpuppung. Die Bekämpfung von Gnitzenlarven stellt sich durch die große Kenntnislücke bezüglich ihrer Bruthabitate schwierig dar. Des Weiteren nutzen einige Arten wie der Hauptvektor der Blauzungenkrankheit *C. obsoletus* breit gefächerte Brutstätten (Carpenter et al., 2008b).

### 2.4.5 Kombination chemischer und physikalischer Bekämpfung

Die Aufstallung von Tieren zum Schutz vor Fluginsekten ist eine praktikable Lösung solange diese exophil sind (Bsp. Tabaniden). Im Hinblick auf die Sicherheit vor Überträgern der Blauzungenkrankheit erscheint diese Maßnahme nur in Gebieten sinnvoll, in denen Exemplare der exophilen Gattung *C. imicola* als Vektoren gelten. In Mitteleuropa fliegt *C. obsoletus* vor allem im Herbst vermehrt in Stallungen ein. Somit können Aufstallungen nur hilfreich sein, wenn die Gebäude vor dem Eintrag von Gnitzen gesichert sind (Carpenter et al., 2008b). In Australien wurden verschiedene Arten des Unterstandes getestet (Doherty et al., 2004). Aufbauten, welche nur ein Dach hatten, lockten endophile Gnitzen an, das alleinige Vorhandensein von Wänden senkte zwar die exophile Gnitzenpopulation, erhöhte aber das Auftreten endophiler Arten. Die Kombination von geschlossenen Wänden und Dächern erwies sich als am effektivsten, senkte jedoch den Luftaustausch extrem und ist deshalb im Zusammenhang mit dem Wohlbefinden der Tiere nicht praktikabel.

Möchte man insektizidbehandelte Netze zum Schutz vor Gnitzen einsetzen, sollte man ihre geringe Größe (1-3 mm) bedenken. Frühere Untersuchungen mit *C. furens* zeigten, dass bei einer Maschengröße von 1,6 mm<sup>2</sup> eine Reduktion um 56% und bei einer Maschengröße von 0,9 mm<sup>2</sup> eine Reduktion um 95% erreicht werden konnte (Porter, 1959). Das bedeutet, dass zur Abwehr von Gnitzen eine Maschenweite nötig wäre, die das Stallklima stark beeinträchtigen würde. In weiterführenden Versuchen wurden Netze, welche die Maschenweite handelsüblicher Fliegen- und Mückennetze hatten, mit Organophosphaten behandelt. Sowohl 6% Propoxur als auch 6% Malathion führten innerhalb von 20 Minuten zum Tod der Testgnitzen (Jamnback, 1961, 1963). In einem weiteren Versuch stellte sich heraus, dass Propoxur und Malathion effektiver waren als Dichlorvos, Stirofos und Dimethoat (Dukes und Axtell, 1976). In Spanien testeten Wissenschaftler die Wirkung eines mit Cypermethrin behandelten Leintuches auf Gnitzen, speziell *C. imicola* (Calvete et al., 2010). Dort wurden Paddocks umzäunt, in welchen sich von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang

Schafe befanden. Die Intervention führte zu einer Reduktion des Gnitzeneintrages, eine völlige Gnitzenfreiheit konnte jedoch nicht erreicht werden. Versuche in Ghana mit einem Deltamethrin-haltigen, 100 cm hohen Netz führten zu einer Reduktion von Fliegen und Mücken (Maia, 2009; Maia et al., 2010). Grundlage dieser Untersuchungen war eine vorhergehende Studie mit insektizidhaltigen Netzen zum Schutz von Rindern gegen Trypanosomose durch Abwehr von Tsetsefliegen in Kenia (Bauer et al., 2006). Auch in Brandenburg wurde bereits eine Feldstudie zur Insektenabwehr bei Pferden mittels eines 1 m hohen, mit Deltamethrin behandelten Netzes durchgeführt. Der Einsatz dieses Netzes führte zu einer deutlichen Reduktion des Muszidenbefalls bei Pferden (Blank, 2006). Die Vernetzung einer kompletten Milchviehstallung mit einem Deltamethrin- behandelten Netz bewirkte ebenfalls eine verminderte Fliegenlast der geschützten Rinder (Rohrmann, 2009).

#### **2.4.6 Resistenzen**

Gegen Insektizide können sich Resistenzen entwickeln. Es sind Mehrfach-, Gruppen- oder Kreuzresistenzen möglich. Die Entwicklung beruht auf einer Selektion resistenter Individuen. Begünstigende Faktoren sind ein langanhaltender und hoher Selektionsdruck, vor allem bei Arthropoden ohne Wirtswechsel, die Verwendung von Langzeitformulierungen, längerfristige Unterdosierungen, wirkungsmindernde Faktoren (Regen, Ablecken, Schwitzen, Schmutz, Hyperkeratosen), Verwendung von Kombinationen antagonistisch wirkender Wirkstoffe und der falsche Einsatz hinsichtlich der Entwicklungszyklen (Löscher et al., 2006). Bereits in den 1950er Jahren berichteten Davies et al. (1958) über Resistenzen von *Musca domestica* gegenüber Pyrethrinen. Kürzlich wurden Fliegen der Gattung *Musca domestica* von 60 Milchviehbetrieben in Brandenburg auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Deltamethrin, Spinosad, Thiamethoxan, Imidacloprid und Lambda-Cyhalothrin untersucht (Jandowsky et al., 2009; Jandowsky et al., 2010). Dabei zeigten 58 der 60 Feldpopulationen keine oder eine verringerte Reaktion auf den Wirkstoff Deltamethrin. Auch der Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin erreichte vielfach nicht mehr die erwünschte Wirkung.

### **3 Material und Methoden**

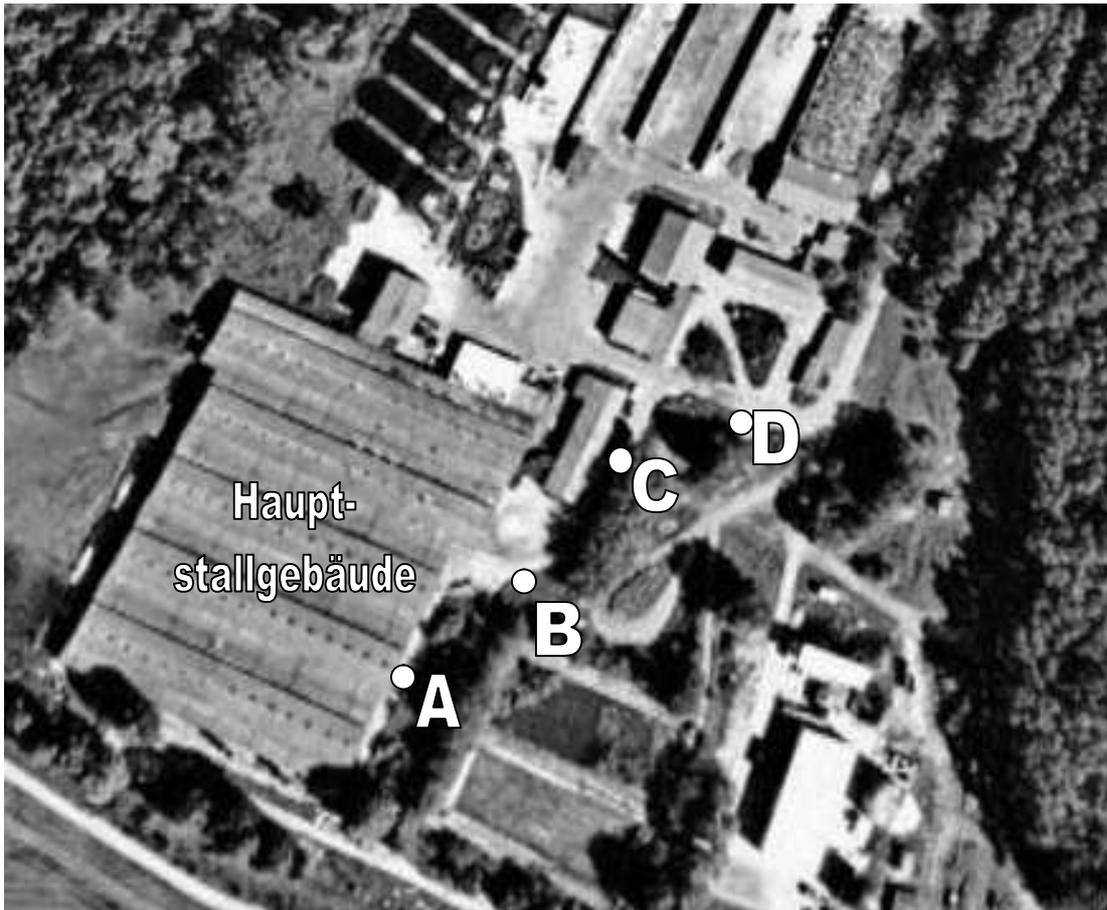
#### **3.1 Felduntersuchungen**

##### **3.1.1 Versuchsbetrieb und Versuchsumfeld**

Zur Beantwortung der in der Einleitung formulierten Zielsetzung der Arbeit wurde im Mai 2008 die Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG (Groß Ziethener Weg 3 in 16766 Kremmen) als Versuchsbetrieb ausgewählt. Ausschlaggebend für die Auswahl war das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl Kälber (mindestens 20 Geburten pro Woche) und die Lage in einem Biotop, welches eine hohe Gnitzenabundanz erwarten ließ.

Kremmen ist eine Brandenburger Kleinstadt im Südwesten des Oberhavellandes, nordwestlich von Berlin. Es liegt am Rande des Rhinluches. 1924 wurde erstmalig das Gebiet des Kremmener Sees unter Naturschutz gestellt. Heute umfasst das Naturschutzgebiet knapp 1.100 Hektar. Es ist der Rest einer naturnahen Niedermoorlandschaft. Kultivierung und landwirtschaftliche Nutzung führten zu umfassenden Veränderungen des Gebietes. Die vor 300 Jahren begonnene Trockenlegung großer Teile des Kremmener Luchs machte das Land zwar landwirtschaftlich nutzbar, führte jedoch vielerorts zum Verlust des Luchcharakters. Vor allem die letzte Entwässerung (1970 bis 1982) veränderte das Naturschutzgebiet Kremmener Luch. Die Absenkung des Grundwasserspiegels bewirkte eine zunehmende Austrocknung und Verbuschung der Niedermoorbereiche. Die Landschaft rund um das Rhinluch ist heute geprägt von weiten Wiesen, Sumpf- und Wasserflächen, Gebüschern und Bruchwäldern. Das Naturschutzgebiet Kremmener Luch gilt als Rückzugsgebiet für eine bedrohte Tier- und Pflanzenwelt.

Die Milchviehanlage selbst wurde 1975 nach dem Modell 1930 (d.h., dass sie für 1.930 Milchkühe konzipiert war) erbaut. Sie wird im Osten und Westen durch Wald, im Norden und Süden durch agrarwirtschaftlich genutzte Flächen begrenzt (Abb. 3). Im Sommer 2008 standen im Betrieb ca. 1.600 melkende Kühe inklusive weiblicher Nachzucht. Die männlichen Kälber wurden im Alter von 2 Wochen verkauft. Alle Kälber wurden direkt nach der Geburt in Einzeliglus untergebracht. Die Iglus (ca. 100 Stück) standen entlang des Hauptstalles und der Nebengebäude.



**Abbildung 3:** Satellitenaufnahme der Milchviehanlage Kremmen, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, Lage der Versuchseinheiten A-D im Bezug zur Stallanlage (©Google Earth, 2008)

### 3.1.2 Versuchsplan

Es sollte untersucht werden, ob es möglich ist, Kälber in Igluhaltung mit einem insektizidbehandelten Netz vor Gnitzen und Fliegen zu schützen und inwieweit die Netzzaunhöhe sich auf den Schutz auswirkt. Als Prüfkriterium für die Wirkung der Intervention sollte die Abundanz der Gnitzen in den Versuchseinheiten, das Fliegenaufkommen auf den einzelnen Kälbern, die Abwehrbewegungen und die Entwicklung des Körpergewichtes der Kälber gemessen werden.

Zu diesem Zweck wurden 4 Versuchseinheiten gewählt. Sie sollten wie folgt vernetzt werden:

- Netzhöhe 1,5 m
- Netzhöhe 2,0 m
- Netzhöhe 2,0 m inklusive Netzdach (d.h. komplette Vernetzung)
- Kontrolle ohne Netz

Um die Umwelteinflüsse der Standorte auf die Versuchsergebnisse zu minimieren sollte ein „crossing over“ (Rotation der Vernetzungsart zwischen den Versuchseinheiten) durchgeführt werden.

### 3.1.3 Aufbau der Versuchseinheiten

Es wurden 4 Versuchseinheiten mit je 5 Kälbern in Einzeliglus gebildet. Im Juni 2008 wurden mit Hilfe der Fa. ASH- Stalltechnik, Neuruppin, um diese Kälberiglueneinheiten 4 Versuchsaufbauten errichtet. Sie bestanden aus einem Holzgerüst (6 m lang, 3,70 m breit, 2 m hoch), welches der Anbringung der Netze diente (Abb. 4).



**Abbildung 4:** Unbelegte Iglus im Aufbau A - vor dem Hauptstallgebäude – Kontrolle (unvernetzt), Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, 2008

Die Eckpfeiler bestanden aus Kanthölzern der Stärke 200 x 200 mm, welche durch verzinkte Eisensteckhülsen im Boden verankert wurden. Als obere Umrandung und zur Querversteifung dienten Dachlatten. Um ein Durchhängen des Netzdaches zu verhindern wurde zwischen den oberen Latten Koppelzaunbreitband gespannt und mittels Heftklammern am Holzrahmen befestigt. Das Netz selbst wurde auf eine Latte mittels Heftklammern aufgebracht und durch eine Konterlatte gesichert. Diese Holz-Netz-Holz-Konstruktion wurde nachfolgend an die senkrecht stehenden Pfeiler geschraubt. Das 3 m

bzw. 2,50 m breit liegende Netz wurde mit der Gerüstoberkante bündig angebracht. Der Überstand lag auf dem Boden auf. Die Türen bestanden ebenfalls aus Dachlatten, die einerseits mit dem Netz verbunden waren und andererseits mittels Haken und Ösen an einem Eckpfeiler befestigt werden konnten. In der Mitte des Gerüsts verliefen 2 Dachlatten zwischen den langen Seiten an welchen sich jeweils eine Metallschiene befand. Daran wurde ein aus Sperrholz und Dachlatten gefertigter Fallenkorb befestigt, der es ermöglichte die Fallen zur Reinigung des Kälberbereiches außerhalb des Aktionsradius zu positionieren ohne die Fallen abbauen zu müssen.

Um zu verhindern, dass im Erdreich schlüpfende Insekten in den Aufbau gelangen, wurde der Boden wie folgt vorbereitet: Eine Kiesaufschüttung diente der Erzeugung eines Gefälles für den ungehinderten Wasserablauf. Darauf wurde eine Silofolie verlegt. Zur Desinfektion wurde darauf Kalk ausgebracht. Zum Schutz der Folie vor den Klauen der Kälber folgte eine abschließende Schicht aus Gummimatten.

Die Verteilung der Kälber auf die Iglus erfolgte unabhängig vom Versuch nach betriebseigenem Schema. Einschränkungen gab es bezüglich des unsererseits vorgegebenen Belegungszeitraumes (innerhalb der Reinigungswoche) und des Geschlechts. So wurden die Iglus zur besseren Vergleichbarkeit der Gewichtsentwicklung nur mit weiblichen Tieren belegt.



**Abbildung 5:** Aufbau B - vor dem Güllebecken – Netzhöhe 2,0 m, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg 2008



**Abbildung 6:** Aufbau C – vor dem Bürogebäude – vollständig vernetzt, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, 2008



**Abbildung 7:** Aufbau D –am Eingang des Betriebsgeländes – Netzhöhe 1,5 m, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, Landkreis Oberhavel, Brandenburg, 2008

### 3.1.4 Versuchstiere

Die Versuchstiere waren weiblich und gehörten der Rasse Schwarzbuntes Rind an bzw. waren Kreuzungstiere dieser Rasse mit Fleckvieh. Die Kälber wurden unverzüglich nach der Geburt in Kunststoffiglus mit Metallgittervorbau verbracht, welche mit Stroh eingestreut waren. Sie wurden 3-mal täglich getränkt. Morgens (ca. 5.00 Uhr) und abends (ca. 17.00 Uhr) erhielten sie Milch (Sammelkolostralmilch), mittags (ca. 11.00 Uhr) Wasser. Die genaue Menge wurde individuell durch die Betreuerin der Tiere festgelegt.

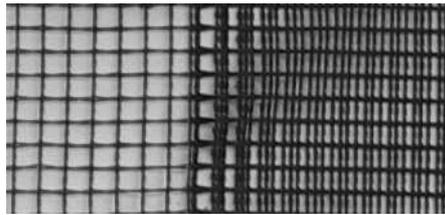
### 3.1.5 Versuchsdurchführung

Im Sommer und Herbst 2008 konnten 2 Versuche durchgeführt werden. Sie unterschieden sich hinsichtlich der Anzahl der Versuchseinheiten und bezüglich des verwendeten Netzes:

**a. Deltamethrin- behandeltes Netz mit einer Maschenweite von 2,0 x 2,0 mm (Versuch 1)**

Es wurden 4 Versuchseinheiten gebildet. Die Einheit am Eingang des Betriebsgeländes (Abb. 7, Standort D) wurde 1,5 m hoch, die Einheit vor dem Bürogebäude (Abb. 6, Standort C) wurde vollständig vernetzt. Während der Aufbau vor den Gülleauffangbecken (Abb. 5, Standort B) 2 m hoch vernetzt wurde diente die Versuchseinheit vor dem Stall (Abb. 4, Standort A) als Kontrolle (kein Netz).

Das in diesem Versuch verwendete Netz (Netztyp 1, Abb. 8) der Fa. Texinov, Textiles Techniques, Lyon, Frankreich, bestand aus Polyester und hatte eine Maschenweite von 2,0 x 2,0 mm. Im Abstand von 50 cm waren Verstärkungstreifen eingearbeitet. In diesem Bereich war das Netz dichter gewebt. Der von der Fa. Cognis Deutschland GmbH & Co. KG, Monheim, bereitgestellte Wirkstoff Deltamethrin wurde durch die Fa. EMC – Tuller Ennoblement Textile, Fam. Mouzon, Lyon, Frankreich, auf das Netz aufgebracht. Die Netzausrüstung erfolgte im Foulardverfahren. Demnach wurde das Netz durch einen mit der Behandlungsflotte (Deltamethrinemulsion plus UV-Schutz plus Bindemittel plus Wasser) befüllten Trog gezogen. Danach durchlief das Netz Walzen und wurde in einem Heißluftofen getrocknet. Gemäß Analyse der Fa. Cognis Deutschland GmbH & Co. KG betrug die Wirkstoffkonzentration 133 mg/m<sup>2</sup>.



**Abbildung 8:** Netztyp 1, Polyesternetz der Firma Texinov, Textiles Techniques, Lyon, Frankreich, Maschenweite 2,0 x 2,0 mm mit Verstärkungsstreifen

Die Versuchseinheiten an den Standorten B, C und D wurden am 06.06.2008 vernetzt und bis zum 15.06.2008 mit Kälbern belegt. Der Versuch lief vom 16.06. – 25.06.2008. Die Gnitzenfänge erfolgten jeweils Montag 17 Uhr - Dienstag 9 Uhr und Dienstag 17 Uhr - Mittwoch 9 Uhr. Es wurde keine Standortrotation durchgeführt.

**b. Lambda-Cyhalothrin- behandeltes Netz mit einer Maschenweite von 1,6 x 1,7 mm (Versuch 2)**

Am 16.08.2008 wurde ein weiterer Versuch begonnen. Es wurden nur 3 Versuchseinheiten (Kontrolleinheit, 2 m hoch vernetzt, vollständig vernetzt) an den Standorten A, B und C gebildet (Abb. 3). Die Aufbauten hatten einen Abstand von 34 m (Standort A zu Standort B) bzw. 42 m (Standort B zu Standort C) voneinander. Die Fangzeiten wurden auf 4 Nächte pro Woche verdoppelt (von Samstag bis Mittwoch, jeweils von 17 Uhr bis 9 Uhr am Folgetag). Der jeweilige Vernetzungstyp verblieb 3 Wochen an einem Standort (entspricht einem Durchgang). Dann folgte ein Reinigungsintervall von 1 Woche. In dieser Woche wurden die Flächen gereinigt, die Iglus neu belegt und die Netze umgebaut. Innerhalb von 11 Wochen konnte eine vollständige Standortrotation durchgeführt werden (Tab. 2).

**Tabelle 2:** Vernetzungsform der Versuchseinheiten während der 3 Versuchsdurchgänge, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG

Durchgang	Datum	Kontrolle	Netzhöhe 2 m	Vollständige Vernetzung
1	16.08.- 03.09.08	Standort A	Standort B	Standort C
2	13.09. – 01.10.08	Standort C	Standort A	Standort B
3	11.10. – 29.10.08	Standort B	Standort C	Standort A

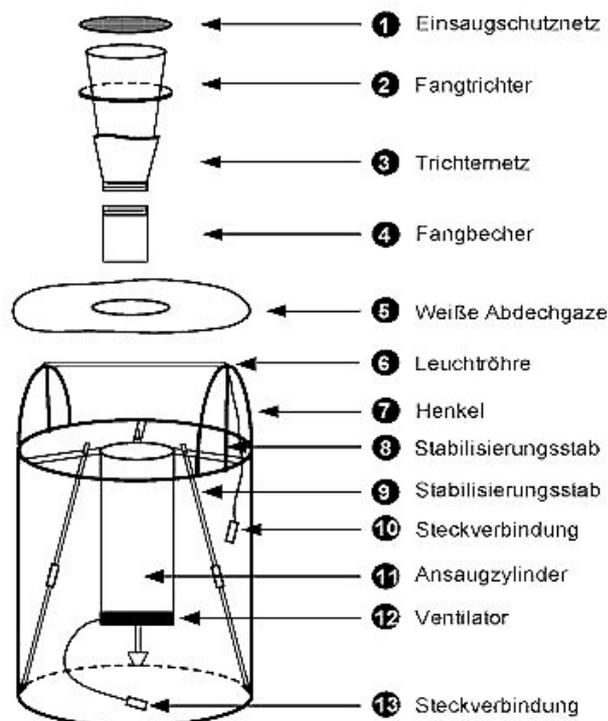
Das im zweiten Versuch verwendete Netz (Netztyp 2) der Fa. Texinov, Textiles Techniques, Lyon, Frankreich, bestand ebenso wie der Netztyp 1 aus Polyester und enthielt Verstärkungsstreifen im Abstand von 50 cm. Die Maschenweite betrug jedoch nur 1,6 x 1,7 mm, was die offene Fläche von 85 % auf 80 % reduzierte. Es wurde im Institut für

Parasitologie und Tropenveterinärmedizin der Freien Universität Berlin mit Oxyfly® (Wirkstoff: mikroverkapseltes Lambda-Cyhalothrin, Novartis, Basel, Schweiz) in einer Konzentration von 200 mg/m<sup>2</sup> ausgerüstet. Dazu wurde das Netz durch einen Trog gezogen in dem sich eine Lösung aus Oxyfly® und Wasser befand. Die Wasseraufnahme von 1 m<sup>2</sup> Netz betrug ca. 50 ml, der Wirkstoffgehalt der Ausgangssuspension 100 g/l (d.h., dass 1 ml OXYFLY® 100 mg Lambda-Cyhalothrin beinhaltet). Um eine Konzentration von 200 mg/m<sup>2</sup> auf dem Netz zu erhalten wurden je m<sup>2</sup> Netz 48 ml Wasser mit 2 ml Ausgangssuspension gemischt. Somit wurden für die Gesamtfläche von 50,6 m<sup>2</sup> Netz 101,2 ml OXYFLY® benötigt (50,6 x 2 ml = 101,2 ml). Zusammen mit 2.428,8 ml Wasser (50,6 x 48 ml = 2.428,8 ml) ergaben sich 2.530 ml gebrauchsfertige Lösung. Um eine ausreichende Imprägnierung zu erhalten, wurde die Menge mit dem Faktor 1,2 multipliziert. Schließlich wurden 50,6 m<sup>2</sup> mit 3.036 ml gebrauchsfertiger Lösung behandelt und anschließend an der Luft getrocknet.

### 3.1.6 Entomologisches Monitoring

#### Gnizendichtebestimmung innerhalb der Versuchseinheiten mittels Fallen

In jeder Versuchseinheit befand sich eine zeitschaltuhrgesteuerte Biogents- Sentinel UV-Lichtfalle® (Abb. 9, 10 und 11), welche Insekten mittels UV- Licht anlockt und in einen mit 70 %igem Äthanol gefüllten Behälter saugt.



**Abbildung 9:** Schematischer Aufbau der Biogents- Sentinel UV- Lichtfalle®, Biogents, Regensburg

Der 300 ml fassende Fangbehälter befand sich in einem Netz, welches über einem Ventilator hing. Das Netz endete nach oben in einem Fangtrichter. Dieser war mit einem groben Netz überspannt, um einen Eintrag großer Insekten zu vermeiden.

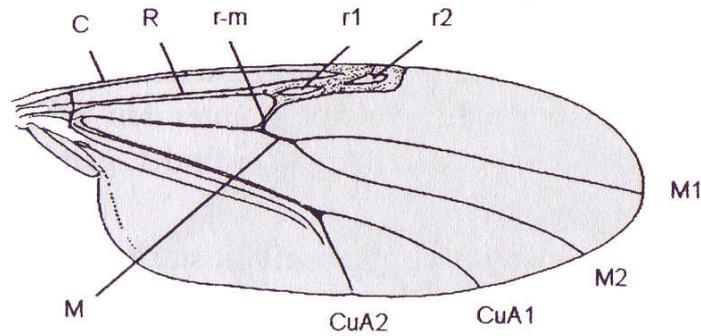


**Abbildung 10:** Inaktivierte BG- Sentinel UV-Lichtfalle<sup>®</sup>, Biogents, Regensburg



**Abbildung 11:** Aktivierte BG- Sentinel UV-Lichtfalle<sup>®</sup>, Biogents, Regensburg

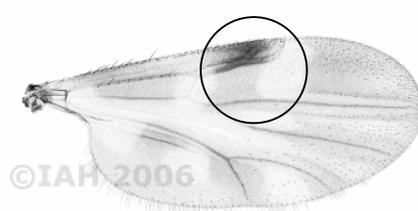
Einmal pro Woche wurden die Fangbehälter entnommen, verschlossen und in das Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin der FU Berlin transportiert. Dort erfolgte die Auszählung innerhalb einer Woche. Hierbei galt das Interesse den *Culicoides* spp.. Diese wurden unter dem Stereomikroskop nach ihrer Flügelzeichnung unterschieden in *Culicoides obsoletus*- ähnliche (Abb. 13 und 14) und *Culicoides pulicaris*- ähnliche (Abb. 15 und 16) und restliche *Culicoides* spp.. Hierbei waren vor allem die Radialaderung (Abb. 12, R) und die durch sie gebildeten Flügelzellen (Abb. 12, r1 und r2) von Bedeutung. Durch eine dichtere Behaarung verursachte Flecken (Mehlhorn et al., 2008c) ermöglichten die genauere Differenzierung und Gruppierung. Die entsprechenden Bereiche sind in den Abb. 14 und 16 gekennzeichnet. Innerhalb der Gruppierungen wurde weiter in männliche, weibliche gesogene und weibliche ungesogene Tiere aufgeteilt. Die restlichen im Fang befindlichen Insekten wurden ohne weitere Identifizierung aussortiert. In den folgenden Ausführungen steht der Begriff Obsoletus- Gruppe für die Spezies *C. obsoletus* s.s., *C. scoticus*, *C. dewulfi* und *C. chiopterus* und der Begriff Pulicaris- Gruppe für die Spezies *C. pulicaris* s.s. und *C. punctatus*.



**Abbildung 12:** Flügeladerung der Ceratopogonidae (©Werner & Kampen, 2007)



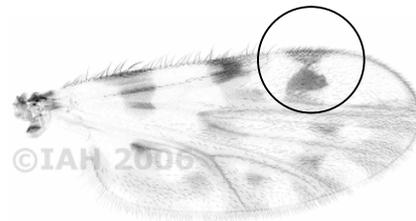
**Abbildung 13:** Weibliches ungesogenes Exemplar der Obsoletus-Gruppe



**Abbildung 14:** Flügel einer *C. obsoletus*, ©Institute for Animal Health, Pirbright, England



**Abbildung 15:** Weibliches ungesogenes Exemplar der Pulicaris-Gruppe



**Abbildung 16:** Flügel einer *C. pulicaris*, markante Zeichnung in Form einer Sanduhr, ©Institute for Animal Health, Pirbright, England

### 3.1.7 Befallsintensität der Kälber mit Musciden

Die auf den Kälbern befindlichen Fliegen wurden einmal wöchentlich, 3-mal am Tag (mittags, nachmittags, zur Abenddämmerung) auf je 4 Tieren innerhalb einer Versuchseinheit visuell erfasst. Das heißt., dass die Anzahl der auf einem Kalb sitzenden Fliegen gezählt wurde.

### 3.1.8 Abwehr- und Aktivitätsverhalten der Kälber

Ebenfalls einmal wöchentlich wurden die Kälber beobachtet. Die Tierbeobachtungen erfolgten mittags, nachmittags und zur Dämmerung. Dabei wurden von je 4 Kälbern pro Aufbau gleichzeitig 10 Minuten lang Abwehrbewegungen manuell aufgezeichnet. Als Abwehrbewegungen wurden Kopfschütteln, Schwanzschlagen, Beinschlagen und auffälliges Hautzucken gewertet. Das zusätzlich angefertigte Aktivitätsprotokoll sah die Aufzeichnung des Aufenthaltsortes (im oder vor dem Iglu) des Kalbes vor. Weiterhin wurde notiert, ob das Tier stand oder lag.

### 3.1.9 Kälbergewicht

Das Kälbergewicht wurde mit einer Schweinewaage der J.W. Baumann Waagenfabrik, Thiersheim/ Bayern, welche einen Wägebereich von 2,5- 250 kg hat, wöchentlich ermittelt (Abb. 17).



**Abbildung 17:** Waage mit einem 3 Wochen alten Kalb vor dem Hauptstallgebäude der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 2008

### 3.1.10 Wetterdaten

Zur Dokumentation der Wetterdaten wurde eine Wetterstation vom Typ WS 444 und ein Kombi- Außensensor vom Typ KS 555 (Fa. Conrad Electronic SE, Hirschau) (Abb. 18) auf dem Betriebsgelände aufgestellt und mit Hilfe der zugehörigen Software Weather-Professional ausgewertet. Die Wetterstation arbeitete mit einer Frequenz von 868,35 MHz. Obwohl diese Frequenz als wenig stör anfällig gilt, kam es zu Unterbrechungen in der

Übertragung zwischen Sender und Empfänger. Die fehlenden Daten wurden durch Angaben des Deutschen Wetterdienstes, Station Neuruppin, ergänzt.



**Abbildung 18:** Wind- und Regen- Kombisensor KS 555 der Fa. Conrad

### **3.1.11 Probenentnahme für Laboruntersuchungen zur Wirksamkeitsprüfung**

Ein Teil des verwendeten Netzmaterials wurde gesondert auf der Versuchsanlage, in unmittelbarer Nähe der Versuchseinheiten, aufgespannt. Für die Untersuchung der anhaltenden Wirkung des ausgebrachten Netzes wurden im vierwöchigen Rhythmus Netzproben (50 x 50 cm) entnommen und in Aluminiumfolie verpackt in das Labor verbracht.

### **3.1.12 Probenentnahme für Laboruntersuchungen zur Resistenzprüfung**

Die im Versuch verwendeten Wirkstoffe Deltamethrin und Lambda- Cyhalothrin gehören der Gruppe der Pyrethroide an. Pyrethroide werden seit vielen Jahren in verschiedenen Formulierungen zur Fliegen- und seit 2006 zur Gnizenbekämpfung sowohl am Tier als auch in dessen Umgebung auf landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt. Somit ergab sich der Verdacht einer eventuellen Resistenz gegenüber diesen Wirkstoffen. Im August 2008 wurden im Rahmen einer Dissertation am Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin der Freien Universität Berlin Untersuchungen zur Insektizidempfindlichkeit von Fliegen aus der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG durchgeführt (Jandowsky, 2009). Die vor Ort gefangenen Tiere wurden auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Deltamethrin und Lambda- Cyhalothrin getestet. Auf die Ergebnisse dieser Arbeit wird im Abschnitt Diskussion näher eingegangen.

## **3.2 Laboruntersuchungen**

### **3.2.1 Biologische Testverfahren (Bioassays)**

Vor der Ausbringung der Netze war der Bioassay ein Kriterium zur Netzauswahl und nach der Ausbringung sollte er den potentiellen Wirkungsverlust durch Umwelteinflüsse anzeigen. Des Weiteren wurden unterschiedlich ausgerüstete Netzproben mit diesem Verfahren untersucht.

#### **FlyBox<sup>®</sup> mit *Musca domestica***

In diesem Bioassay wurden insektizidempfindliche Fliegen (*Musca domestica* des Lei-Stammes, bereitgestellt durch das Umweltbundesamt, Berlin) als Testinsekten verwendet. Dieser Stamm wird seit September 1961 am Umweltbundesamt Berlin gezüchtet. Er stammt ursprünglich aus der zoologischen Universität Leiden. Es sind keine Resistenzen bekannt. Die Fliegen waren zum Zeitpunkt des Tests 3-6 Tage alt. Mittels eines Reagenzglases wurden 50-60 Insekten aus dem Zuchtkäfig entnommen. Es erfolgte eine Exposition von 10 Sekunden in der mit dem entsprechenden Netz (30 x 30 cm Netzmaterial) ausgekleideten FlyBox<sup>®</sup> (Jandowsky, 2009). Dies ist ein Pappkarton mit Einflugöffnung, welcher komplett geöffnet werden kann. Nach der Exposition wurden die Fliegen in einen Beobachtungskäfig (ein mit Gaze überzogenes pyramidenstumpfförmiges Drahtgestell) umgesetzt und mit Wasser und Zucker versorgt. Die Beobachtung erfolgte nach 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20, 30, 60 min, 6 h und 24 h. Die paralysierten Fliegen wurden gezählt und dokumentiert. Anschließend wurde der T 50 (Zeitpunkt, zu dem 50 % der Fliegen paralysiert sind) errechnet.

#### **Reagenzglasmethode mit *Culicoides nubeculosus***

Zusätzlich zum bereits etablierten Fliegen- Bioassay wurde ein entsprechender Test mit Gnitzen etabliert. In der Reagenzglasmethode wurden Gnitzen (*C. nubeculosus*, bereitgestellt durch das Institute for Animal Health, Pirbright, England) 10 Sekunden exponiert. Zu diesem Zweck wurden ca. 10 Tiere in ein Reagenzglas verbracht und die oben befindliche Öffnung mit einem mit Netz bespannten Gegenstand bedeckt. Nun wurde das Reagenzglas vorsichtig gedreht, so dass alle Gnitzen auf dem Netz zum Sitzen kamen. Nach 10 Sekunden wurde das Glas wieder in die Ausgangsposition gedreht, das Netz entfernt und das Röhrchen mit Watte verschlossen. Es hat sich folgendes Beobachtungsintervall als vorteilhaft erwiesen: 2, 4, 6, 8, 10, evtl. 12 Minuten. Auch hier wurde der T 50 errechnet.

### **3.2.2 Verlaufsuntersuchungen zur Wirksamkeitsprüfung ausgebrachter Netze**

Ende März 2008 lieferte die Fa. Cognis GmbH 12 Rollen á 150 m eines Polyesternetzes mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm, welches mit dem emulgierten Wirkstoff Deltamethrin in

einer angenommenen Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> ausgerüstet wurde (Netztyp 1). Die Fa. Cognis ermittelte nachträglich die Wirkstoffkonzentration der einzelnen Netze. Die in Kremmen ausgebrachte Rolle des Netztyps 1 enthielt 133 mg Deltamethrin pro m<sup>2</sup>. Die biologische Wirksamkeit der gelieferten Netzrollen wurde vor Ausbringung mit Hilfe von Bioassays überprüft.

Netztyp 2 wurde nur in der erforderlichen Menge gefertigt. Somit diente der Bioassay hier lediglich der Verlaufskontrolle.

Die Überprüfung des Wirkungsverlustes wurde alle 4 Wochen anhand von auf dem Betrieb ausgebrachtem Testnetz vorgenommen. Der Bioassay wurde jeweils mit dem gleichen Netzstück 3 x wiederholt.

### 3.2.3 Untersuchungen zu Auswirkungen von Wirkstoff, Wirkstoffkonzentration und Ausrüstungsart auf *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus*

Neben den Verlaufsuntersuchungen dienten die Bioassays auch zur Untersuchung verschiedener im Labor ausgerüsteter Netzstücke. Hierbei handelte es sich um Neuentwicklungen, die sich hinsichtlich Wirkstoff, Wirkstoffkonzentration und Ausrüstungsart (Emulsion oder Mikroverkapselung) unterschieden (Tab. 3). Das Netz wurde wiederum von der Firma Texinov, Textiles Techniques, Lyon, Frankreich, hergestellt und bestand aus Polyester. Die Maschenweite betrug 1,6 x 1,7 mm. Die Ausrüstung der Deltamethrin-haltigen Netzproben erfolgte durch die Fa. Cognis Deutschland GmbH & Co. KG, Monheim. Den Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin (Oxyfly<sup>®</sup>, Novartis, Basel, Schweiz) brachten Mitarbeiter des Instituts für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin der FU Berlin auf das Netz auf.

**Tabelle 3:** Übersicht der im Bioassay mit *M. domestica* und *C. nubeculosus* getesteten Netzproben (Polyesternetz, Maschenweite 1,6 x 1,7 mm)

Wirkstoff	Ausrüstung	Konzentration in mg/m <sup>2</sup>
Deltamethrin	Emulsion	100
Deltamethrin	Emulsion	200
Deltamethrin	Emulsion	300
Deltamethrin	Verkapselung	100
Deltamethrin	Verkapselung	200
Deltamethrin	Verkapselung	300
Lambda- Cyhalothrin	Verkapselung	100
Lambda- Cyhalothrin	Verkapselung	200
Lambda- Cyhalothrin	Verkapselung	300

Mikroverkapselung bedeutet, dass mindestens ein fester oder flüssiger Kern von mindestens einer kontinuierlichen Hülle umgeben ist. Diese Aggregate haben vorzugsweise einen

Durchmesser von 0,005 bis 0,5 mm. Konkret handelt es sich um mit filmbildenden Polymeren umhüllte, feindisperse flüssige oder feste Phasen, bei deren Herstellung sich die Polymere auf dem einzuhüllenden Material niederschlagen. Im Folgenden soll beispielhaft ein Verfahren genauer dargestellt werden: Ein Gelbildner (z.B. Agar-Agar) wird erhitzt. In der Siedehitze werden ein Kationpolymer und der Wirkstoff hinzugegeben. Dieser Matrix können zusätzlich Emulgatoren zugesetzt werden. Die Ausbildung der Hüllmembran erfolgt durch Inkontaktbringen der Matrix mit anionischen Polymeren. Abschließend werden die Mikrokapseln durch Filtration gewonnen. Eine weitere Methode nutzt die Koagulationsneigung einiger Kationpolymere ab einem bestimmten pH-Wert aus. In einem dritten Verfahren wird ein kristalliner Kern durch entgegengesetzt geladene Polyelektrolyte eingehüllt. (Patent DE 10 2004 037 752 A1, 2006.03.16)

Es wurden zwei Testwiederholungen durchgeführt. Diese Untersuchungen dienten der Optimierung des Netzprototypen.

### **3.3 Statistische Methoden**

Die statistische Datenauswertung erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS 16.0 German. Zur Ermittlung signifikanter Zusammenhänge wurden der Friedman-Test (3 Variablen) und der Wilcoxon-Test (2 Variablen) angewandt.

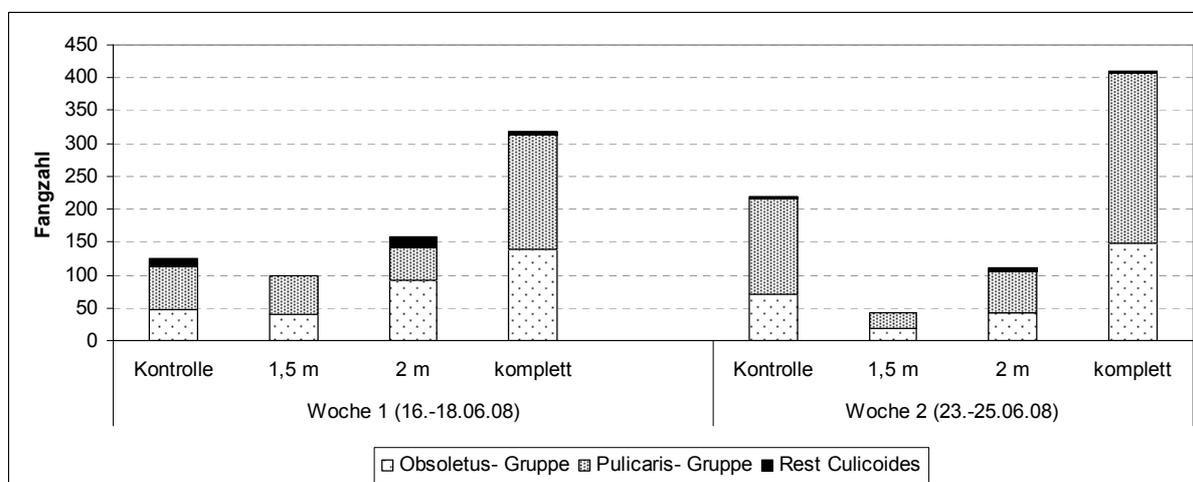
## 4 Ergebnisse

### 4.1 Felduntersuchungen

#### 4.1.1 Gnitzenfänge

##### a) Deltamethrin- behandeltes Netz mit einer Maschenweite von 2,0 x 2,0 mm (Versuch 1)

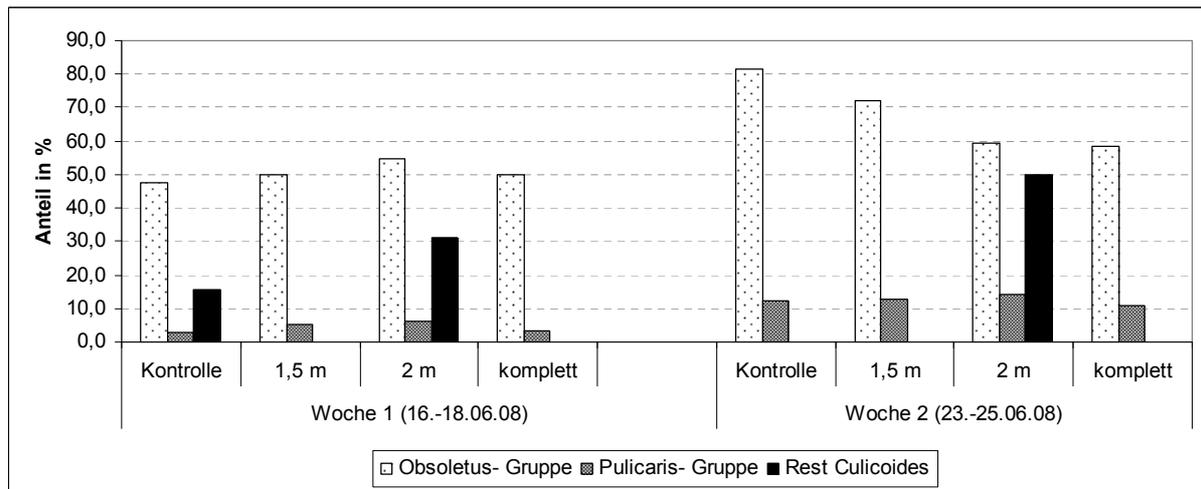
In der ersten Versuchswoche (vom 16.06. bis 18.06.08) wurden insgesamt, d.h. in allen Fällen, 699 Gnitzen gefangen, in der 2. Woche (vom 23.06. bis 25.06.08) insgesamt 780 (Grafik 1).



**Grafik 1:** Gnitzenfangzahlen in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 1,5 m hoch vernetzt, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Deltamethrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG

Wider Erwarten wurden in beiden Wochen im komplett vernetzten Bereich die meisten Gnitzen gefangen (317 bzw. 409). Somit entfielen jeweils 45,4% bzw. 52,4% des Gesamtfanges auf den komplett vernetzten Bereich. Im Gegensatz dazu ließen sich in der Kontrolleinheit nur 125 (entspricht 17,8% des Gesamtfanges) bzw. 218 Gnitzen (entspricht 27,9% des Gesamtfanges) fangen. In der 1,5 m hoch vernetzten Einheit wurden die wenigsten Gnitzen gefangen (100 bzw. 43).

Mit Ausnahme des 2 m – Fanges in der ersten Woche (30,6% Pulicaris- Gruppe und 59,2% Obsoletus- Gruppe) enthielten alle Fänge relativ mehr Exemplare der Pulicaris- Gruppe (zwischen 52,8% und 67,0%) als Gnitzen der Obsoletus- Gruppe (zwischen 32,6% und 44,2%). Die restlichen *Culicoides* spp. hatten in der ersten Woche sowohl im 2 m – Aufbau als auch in der Kontrolle einen Anteil von 10,2% bzw. 10,4%. Ansonsten lag ihr Anteil zwischen 0 und 3,6%.



**Grafik 2:** Anteil gesogener weiblicher Gnitzen in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 1,5 m hoch vernetzt, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Deltamethrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG

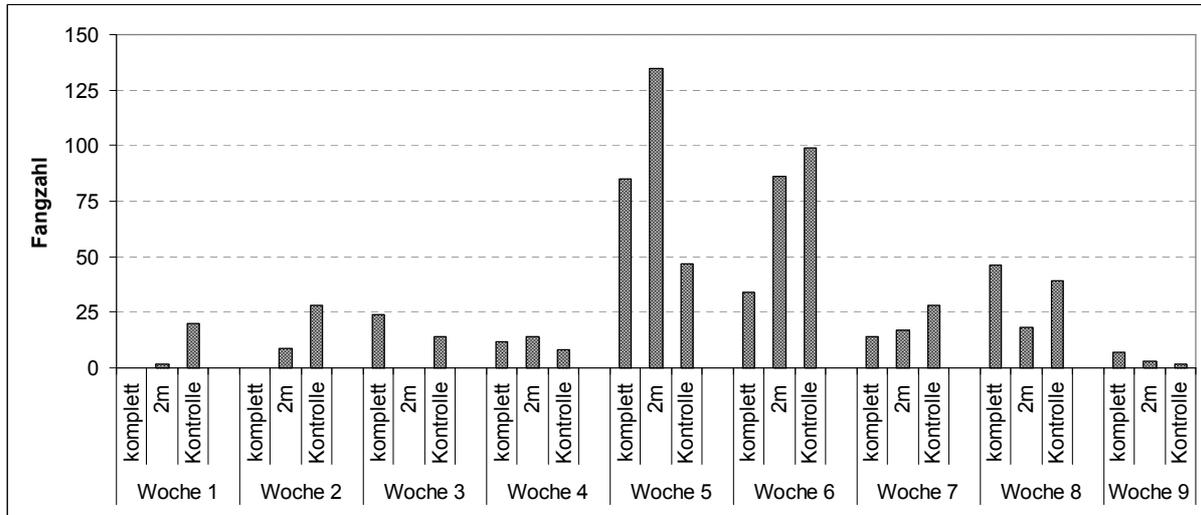
Betrachtet man das Verhältnis von gesogenen zu ungesogenen Gnitzen, so ist festzustellen, dass vor allem innerhalb der Obsoletus- Gruppe ein hoher Anteil gesogener Gnitzen (zwischen 47,8% und 81,7%) vorhanden war (Grafik 2). Innerhalb der Pulicaris- Gruppe stellte sich das Verhältnis anders dar. Hier schwankte der Anteil gesogener Tiere zwischen 3,0% in der 1. Woche und 14,1% in der 2. Woche. Die Unterschiede zwischen den Aufbauten waren relativ gering. Die restlichen gefangenen Gnitzen hatten selten gesogen (Ausnahmen: 1. Woche, Kontrolle – 15,4%, 2 m – 31,3% und 2. Woche, 2 m – 50,0%).

Da im komplett vernetzten Versuchsaufbau wider Erwarten die meisten Gnitzen gefangen wurden und ein Großteil dieser Insekten auch Blut aufgenommen hatte, war anzunehmen, dass die Gnitzen ungehindert das Netz mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm passieren können. Der Versuch mit diesem Netz wurde deshalb abgebrochen und es wurde keine Standortrotation durchgeführt.

**b) Lambda-Cyhalothrin- behandeltes Netz mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm (Versuch 2)**

Der zweite Versuch erstreckte sich vom 16.08. bis 29.10.2008. Dies entspricht 11 Wochen. Es erfolgten zwei Standortwechsel, d.h. drei Versuchsdurchgänge. Die zwischen den Durchgängen notwendigen Reinigungswochen wurden in den Grafiken nicht berücksichtigt. Die Wochen 1-3 entsprechen dem Durchgang 1 (16.08.- 03.09.2008), die Wochen 4-6 dem Durchgang 2 (13.09.- 01.10.2008) und die Wochen 7-9 dem Durchgang 3 (11.10.-

29.10.2008). Während der 3. Woche fiel die Batterie des 2m- Aufbaus aus. Folglich fehlt dieser Wert.

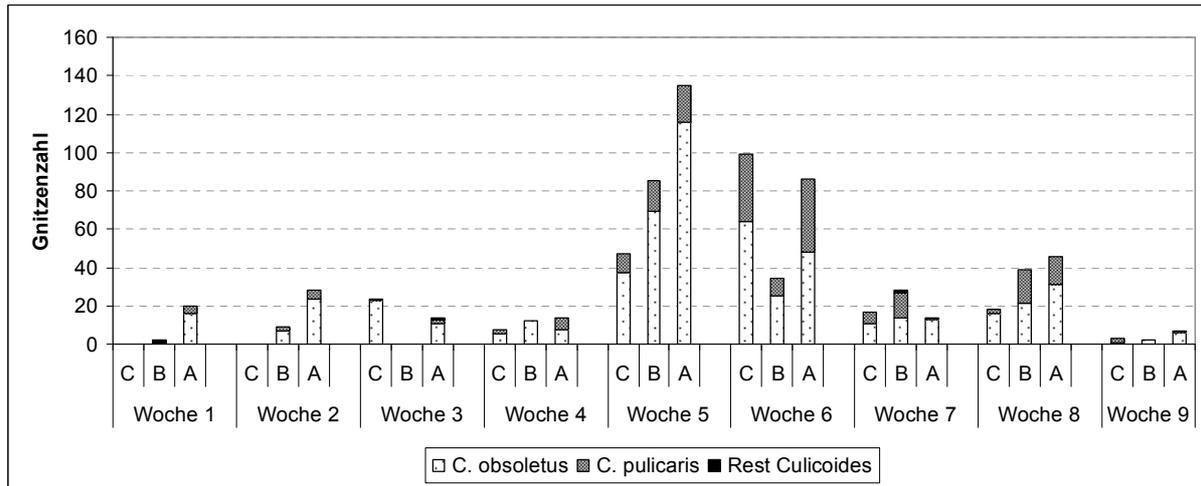


**Grafik 3:** Gnitzen gesamtzahl in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin-behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Insgesamt wurden 791 Gnitzen gefangen. In der Zeit vom 16.08. bis 17.09.08 (Woche 1-4) enthielten die Fänge wöchentlich zwischen 22 und 38 Gnitzen. Dann kam es zu einem Anstieg auf 267 in der 5. Woche bzw. 219 Gnitzen in der 6. Woche. Danach fiel die Gesamtfangzahl wieder ab (59 in Woche 7, 103 in Woche 8). In der letzten Woche wurden 12 Gnitzen gefangen (Grafik 3).

In den ersten beiden Wochen wurden im komplett vernetzten Aufbau keine Gnitzen gefangen. In der 6. und 7. Woche befanden sich nochmals weniger Gnitzen im komplett vernetzten Bereich als in der Kontrolle (Verringerung um 65,7% bzw. 50,0%). In den übrigen Wochen konnte keine Reduktion in den komplett vernetzten Einheiten gegenüber den Kontrollen verzeichnet werden. Vergleicht man die Fangzahlen aus dem 2 m- Bereich mit der Kontrolle, so zeigte sich bezüglich der Gesamtfangzahlen in der 1. Woche eine Reduktion um mehr als 70% (90,0%), in der 2., 6., 7. und 8. Woche eine Reduzierung um 67,9%, 13,1%, 39,3% bzw. 53,8%. Die restlichen Fänge ergaben keine Verringerung. Der Friedman-Test ergab einen Wert von  $p=0,678$ . Somit kann statistisch kein Zusammenhang zwischen Vernetzungsart und Gesamtfangzahl pro Versuchseinheit bestätigt werden.

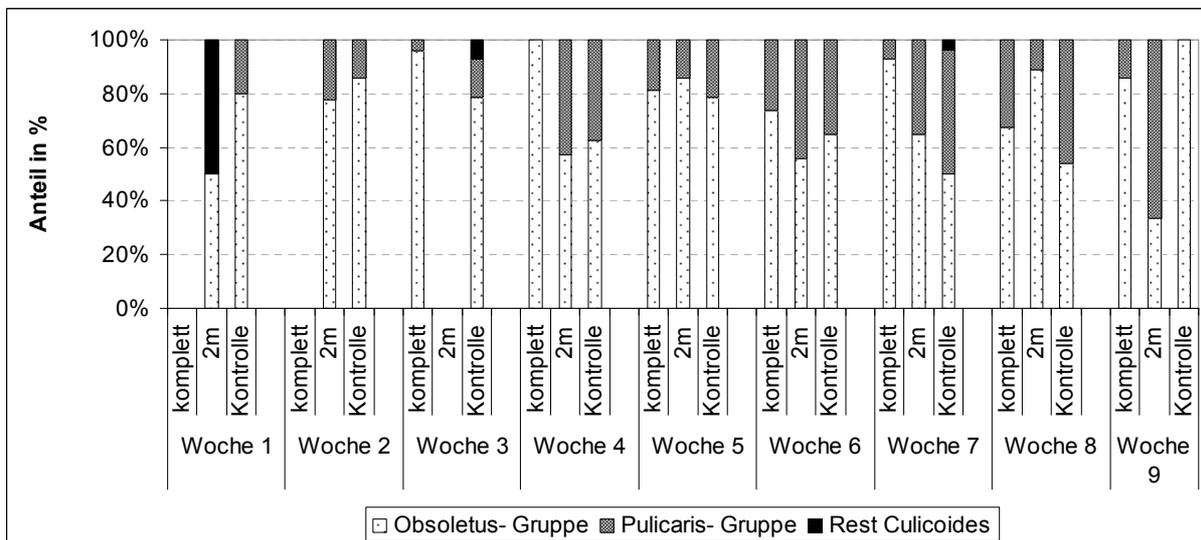
Die einzelnen Standorte unterschieden sich bezüglich ihrer unmittelbaren Umgebung (Nähe zum Stall oder zu einem Baum). Da am Standort A anscheinend die meisten Gnitzen gefangen wurden, wurde ein eventueller Zusammenhang zwischen Standort und Gesamtfangzahl überprüft (Grafik 4).



**Grafik 4:** Gnitzen gesamt fangzahl in Abhängigkeit vom Standort, Einsatz eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

In diesem Fall war  $p=0,072$ . Das heißt, dass statistisch kein Zusammenhang zwischen Standort und Gesamtfangzahl besteht.

Im Folgenden wird die Reduktion hinsichtlich der Gnitzen gruppen betrachtet (Grafik 5), da die Vertreter der Pulicaris- Gruppe (ca. 2-3 mm) größer sind als die Gnitzen der Obsoletus- Gruppe (ca. 1-2 mm).

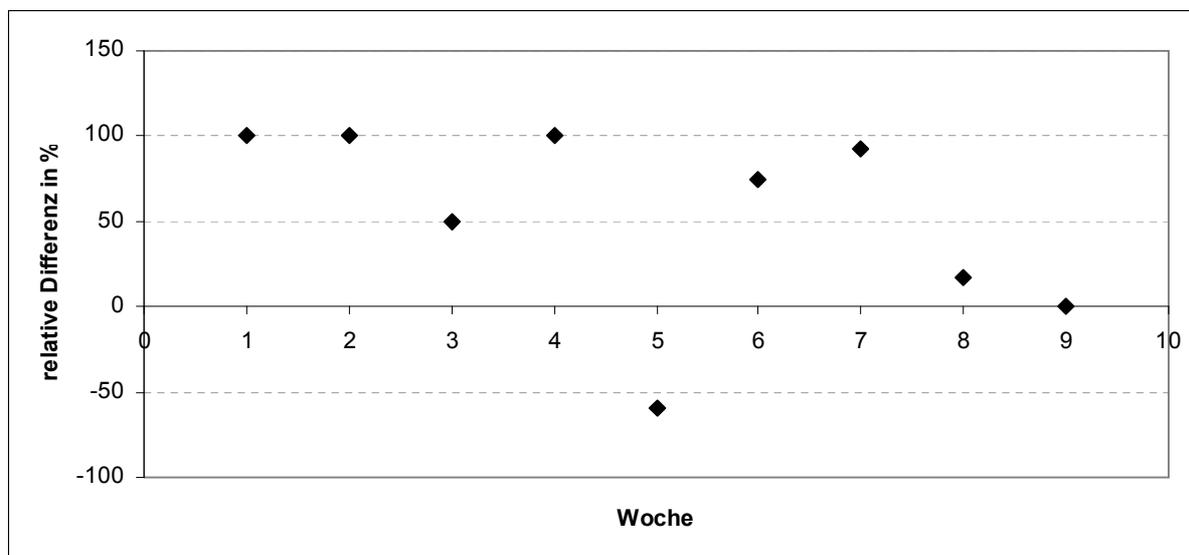


**Grafik 5:** Anteil einzelner Gnitzen gruppen am Gesamtfang in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (Kontrolle ohne Netz, 2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

In den Fängen dominierte die Obsoletus- Gruppe mit durchschnittlich 73,5% (min. 33,3%, max. 100,0%). Mit Ausnahme der 9. Woche (Pulicaris- Gruppe 66,7%) schwankte der Anteil

der Pulicaris- Gruppe zwischen 0 (2 m in Woche 1; komplett in Woche 4) und 46,4% (Kontrolle in Woche 7).

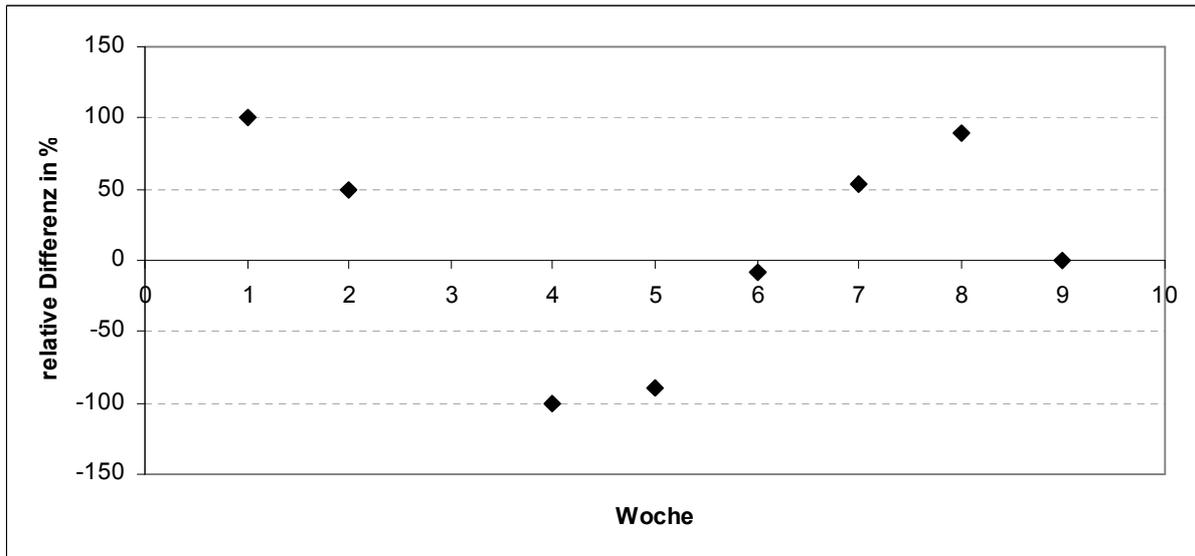
Die folgenden Grafiken zeigen den Grad der Reduktion der Gnitzenanzahl im komplett vernetzten Bereich (bzw. im 2 m hoch vernetzten Bereich) im Vergleich zur Kontrolleinheit. Dies erfolgt zuerst für die Pulicaris- Gruppe und im Anschluss für die Obsoletus- Gruppe. Vergleicht man die komplett vernetzte Einheit mit der Kontrolle (Grafik 6), so ist festzustellen, dass zuzüglich zu den ersten beiden Wochen, in denen generell keine Gnitzen im komplett vernetzten Aufbau gefangen wurden, der Fang der 4. Woche ebenfalls keine Gnitzen der Pulicaris- Gruppe enthielt.



**Grafik 6:** Reduktion der Pulicarisgesamtzahl im komplett mit Lambda-Cyhalothrin-behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Weitere Reduktionen waren in den Wochen 3 (50,0 %), 6 (74,3%), 7 (92,3%) und 8 (16,7%) zu verzeichnen. Lediglich in der 5. Woche enthielten die Kontrollfänge weniger Tiere der Pulicaris- Gruppe als die Interventionsfänge.

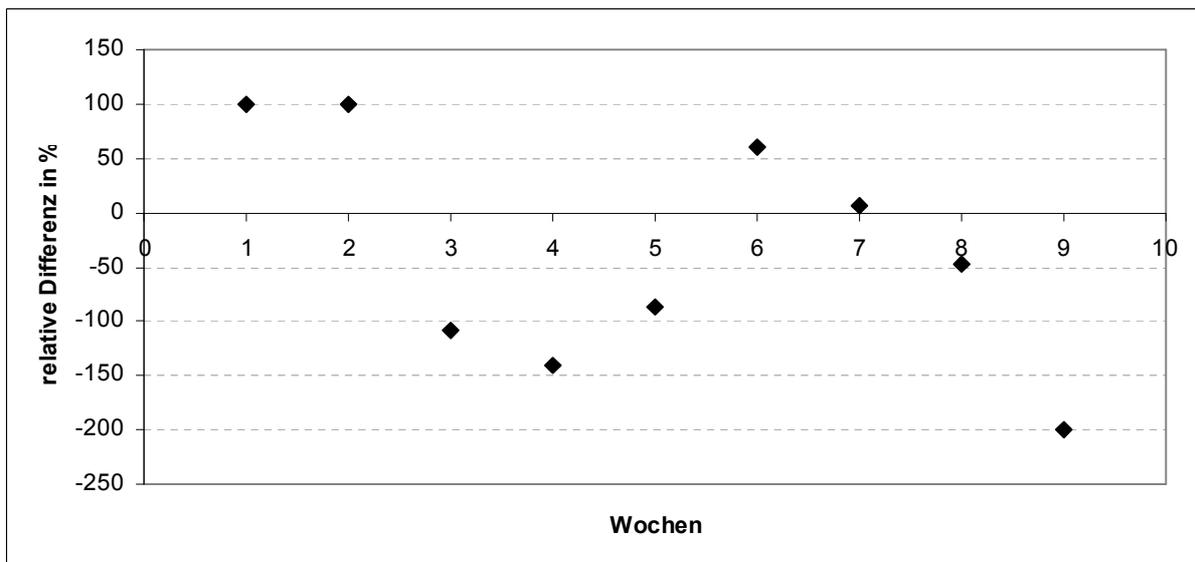
Vergleicht man die Fänge zwischen 2 m- Aufbau und Kontrolle hinsichtlich der Pulicaris- Gruppe (Grafik 7), so ist auch hier festzustellen, dass in der 1. Woche keine Gnitzen in den 2 m- Bereich eindrangen.



**Grafik 7:** Reduktion der Pulicarisgesamtzahl im 2 m hoch mit Lambda-Cyhalothrin-behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Auch in der 8. Woche lag eine Reduktion von mehr als 70% vor (88,9%). In den Wochen 2 und 7 kam es zu einer Reduzierung um 50,0% bzw. 53,8%. Ansonsten ist keine Dezimierung erkennbar.

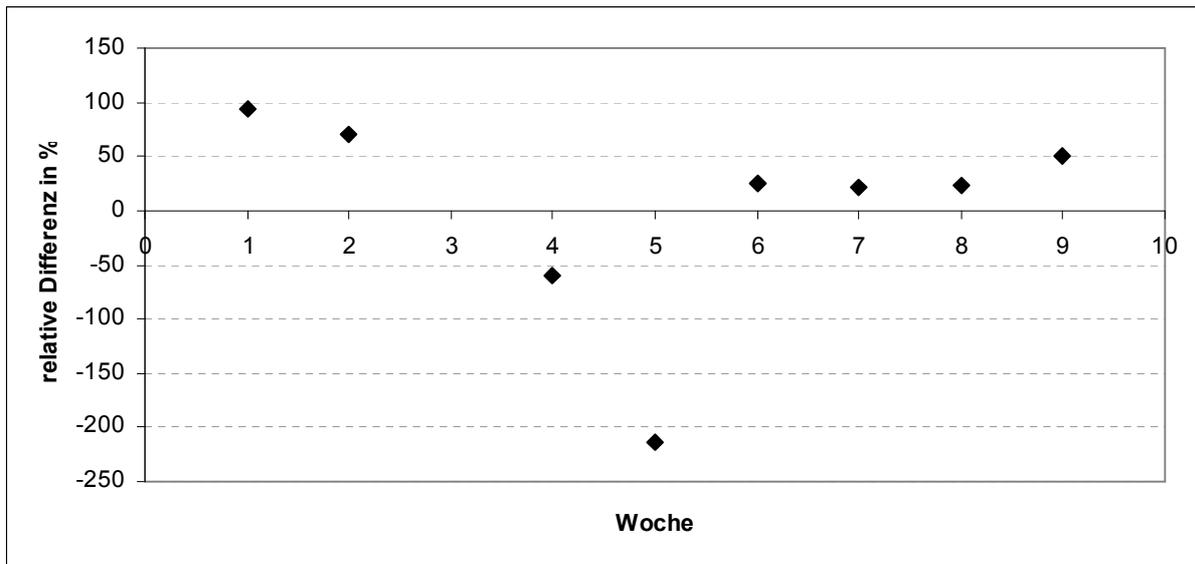
Bzgl. der Obsoletus- Gruppe stellt sich die Situation ungünstiger dar. In den ersten beiden Wochen wurden, wie bereits erwähnt, keine Gnitzen im komplett vernetzten Bereich gefangen (Grafik 8).



**Grafik 8:** Reduktion der Obsoletusgesamtzahl im komplett mit Lambda-Cyhalothrin-behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

In der 6. und 7. Woche kam es zwar zu einer Reduzierung des Eintrages von Gnitzen der Obsoletus- Gruppe in den komplett vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle, die Werte blieben jedoch unter 70% (60,9% und 7,1%). Während des restlichen Versuchszeitraumes überstiegen die Obsoletusfangzahlen des komplett vernetzten Aufbaus die Kontrollwerte.

Der Vergleich des 2 m hoch vernetzten Bereichs mit der Kontrolle hinsichtlich der Obsoletusgesamtfangzahl (Grafik 9) zeigt, dass während der ersten beiden Wochen im 2m-Bereich eine Reduktion der Gnitzen der Obsoletus- Gruppe um mehr als 70% erreicht werden (93,8% und 70,8%) konnte.

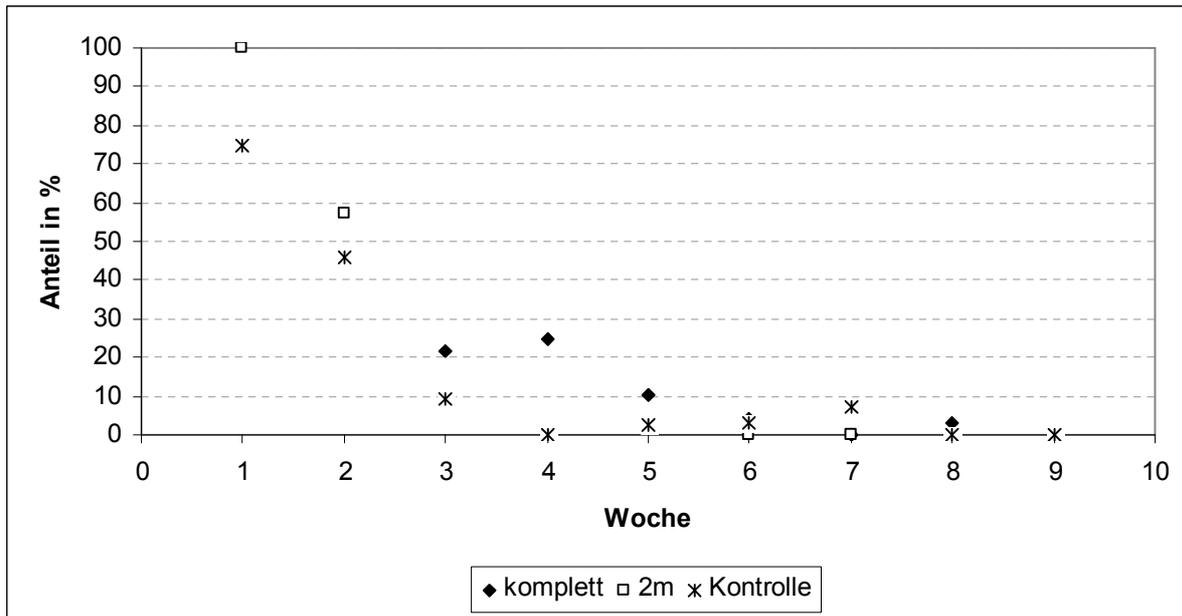


**Grafik 9:** Reduktion der Obsoletusgesamtzahl im 2 m hoch mit Lambda-Cyhalothrin-behandeltem Netz (Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) vernetzten Bereich im Vergleich zur Kontrolle ohne Netz, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

In den Wochen 6-9 kam es zu einer Verringerung des Eintrages um 25,0%, 21,4%, 23,8% bzw. 50,0%. Ansonsten war keine Reduktion ersichtlich.

Es konnte statistisch kein Zusammenhang zwischen Vernetzungsgrad und Pulicaris- bzw. Obsoletusgesamtzahl festgestellt werden.

Im Folgenden wurde ein eventueller Zusammenhang zwischen dem Anteil weiblicher gesogener Gnitzen und der Vernetzungsart untersucht (Grafik 10).



**Grafik 10:** Anteil gesogener Weibchen an der Gesamtheit weiblicher Tiere der Obsoletus-Gruppe in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

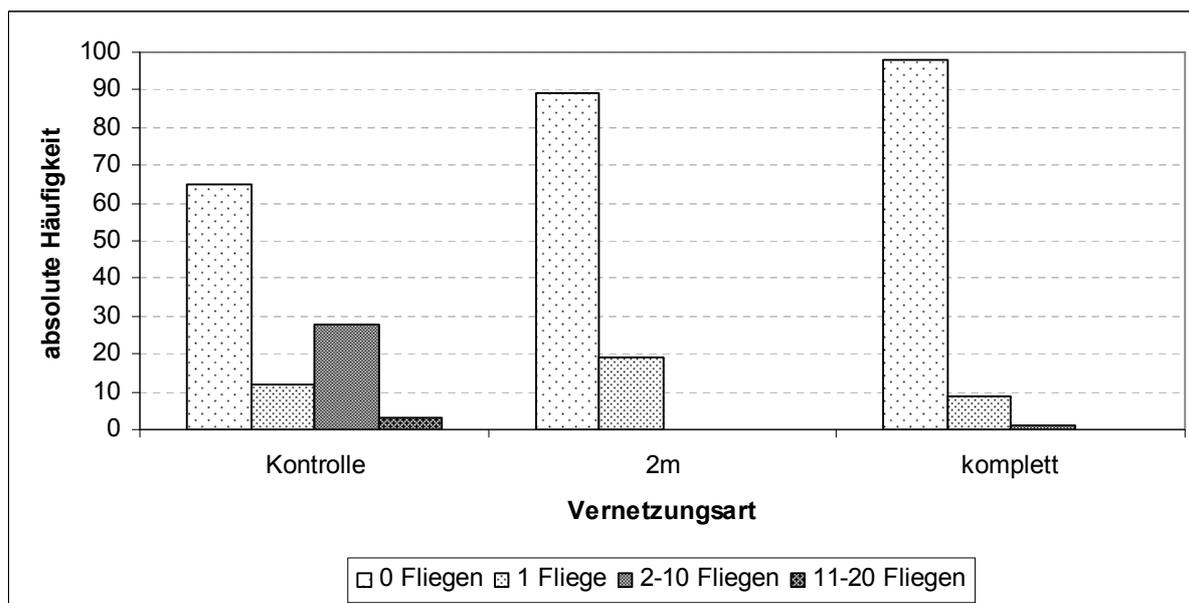
Anfänglich war der Anteil gesogener Gnitzen der Obsoletus- Gruppe hoch. Der Wert von 100% in der 1. Woche (2 m) ist insofern zu relativieren, als es sich lediglich um eine Gnitze handelt. In der 2. Woche befanden sich in den Fängen der Kontrolle 45,8% und im 2 m- Bereich 57,1% gesogene weibliche Tiere. Während die Gesamtfangzahlen stiegen, fiel der Anteil gesogener Weibchen ab (Woche 3 – komplett- 21,7% und Kontrolle- 9,1%; Woche 4 – komplett – 25,0%) bis er sich schließlich zwischen 0 und 10,1% einpendelte.

Der Grad der Vernetzung hatte keinen Einfluss auf die Zahl der gesogenen Weibchen der Obsoletus- Gruppe ( $p= 0,311$ ; Friedman-Test).

Von den insgesamt 195 gefangenen weiblichen Gnitzen der Pulicaris-Gruppe hatten nur 2 Exemplare (Woche 5- Kontrolle; Woche 7- 2m-Aufbau) Blut gesogen.

#### 4.1.2 Befallsintensität der Kälber mit Musciden

Die Befallsintensität der Kälber mit Musciden wurde nur im zweiten Versuch (Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Netzes, Maschenweite 1,6 x 1,7 mm) untersucht. Es wurden einmal wöchentlich, 3-mal am Tag 4 Kälber pro Aufbau beobachtet. Dies ergibt für den Gesamtzeitraum 108 Beobachtungen pro Vernetzungsgrad. Die Anzahl der auf den Kälbern sitzenden Musciden wurde in Gruppen unterteilt: 0 Fliegen, 1 Fliege, 2-10 Fliegen und 11-20 Fliegen.



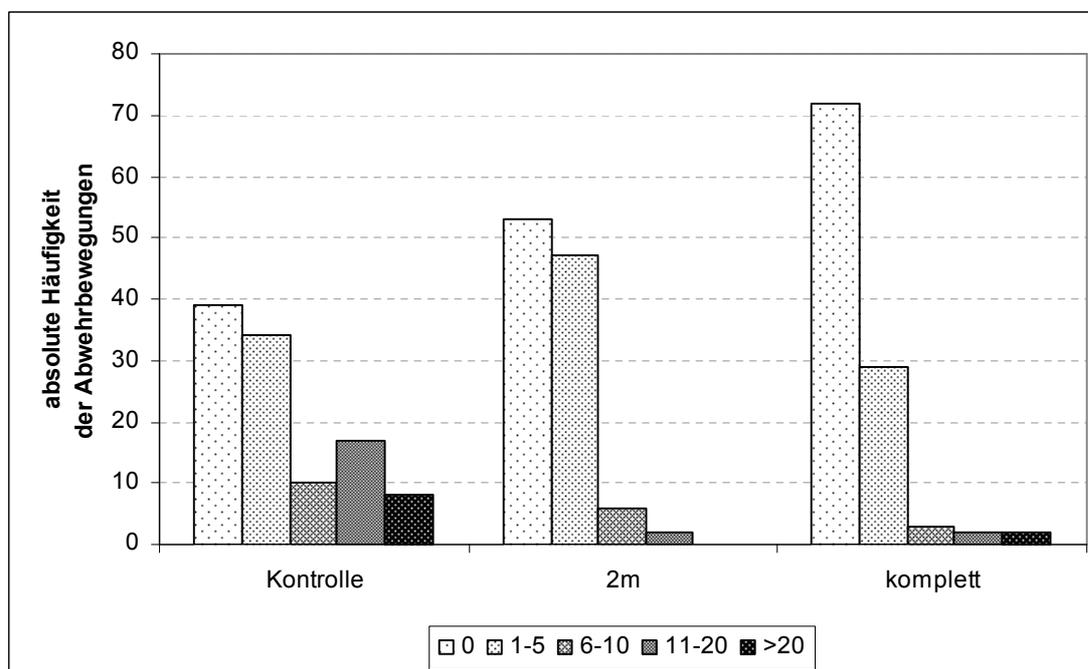
**Grafik 11:** Fliegenbefall je Kalb in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin-behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum (108 Beobachtungen pro Vernetzungsgrad), Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Das Gesamtfliengenaufkommen verringerte sich über den Versuchszeitraum bis in den letzten drei Wochen fast keine Fliegen mehr registriert wurden. In den Wochen zuvor war der komplett vernetzte Bereich fast fliegenfrei. Die meisten Fliegen wurden in der Kontrolle beobachtet (Grafik 11). In den ersten beiden Wochen gab es im Kontrollbereich keine Kälber, auf denen nicht mindestens 2 Fliegen saßen. Die Werte des 2 m- Aufbaus lagen stets zwischen denen des komplett vernetzten Bereichs und der Kontrolle.

Mit dem Wilcoxon- Test konnte ein Zusammenhang zwischen Fliegenanzahl und Vernetzungsgrad festgestellt werden. So besteht ein signifikanter Unterschied zwischen 2m-Aufbau und Kontrolle ( $p=0,000$ ) und zwischen kompletter Vernetzung und Kontrolle ( $p=0,000$ ). Der Unterschied zwischen 2m- Aufbau und kompletter Vernetzung ist nicht signifikant ( $p=0,134$ ).

### 4.1.3 Abwehrverhalten

Ebenso wie die Befallsintensität der Kälber mit Fliegen wurde auch das Abwehrverhalten nur im zweiten Versuch dokumentiert. Das Abwehrverhalten wurde zeitgleich mit der Fliegenlast ermittelt. Somit ergeben sich auch hier pro Vernetzungsgrad 108 Beobachtungen. Bei Betrachtung der kumulierten Werte ist eine Rangfolge ersichtlich. So wurden im komplett vernetzten Aufbau die wenigsten Abwehrbewegungen registriert, während die Kontrolltiere am häufigsten Abwehrverhalten zeigten (Grafik 12). Im komplett vernetzten Bereich konnte 72-mal keinerlei Abwehr beobachtet werden, während dies in der Kontrolle nur 39-mal der Fall war. Die mit einem 2 m hohen Netz ausgerüstete Versuchseinheit liegt mit 53-mal dazwischen.



**Grafik 12:** Abwehrbewegungen je Kalb in 10 Minuten in Abhängigkeit vom Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum (108 Beobachtungen pro Vernetzungsgrad), Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

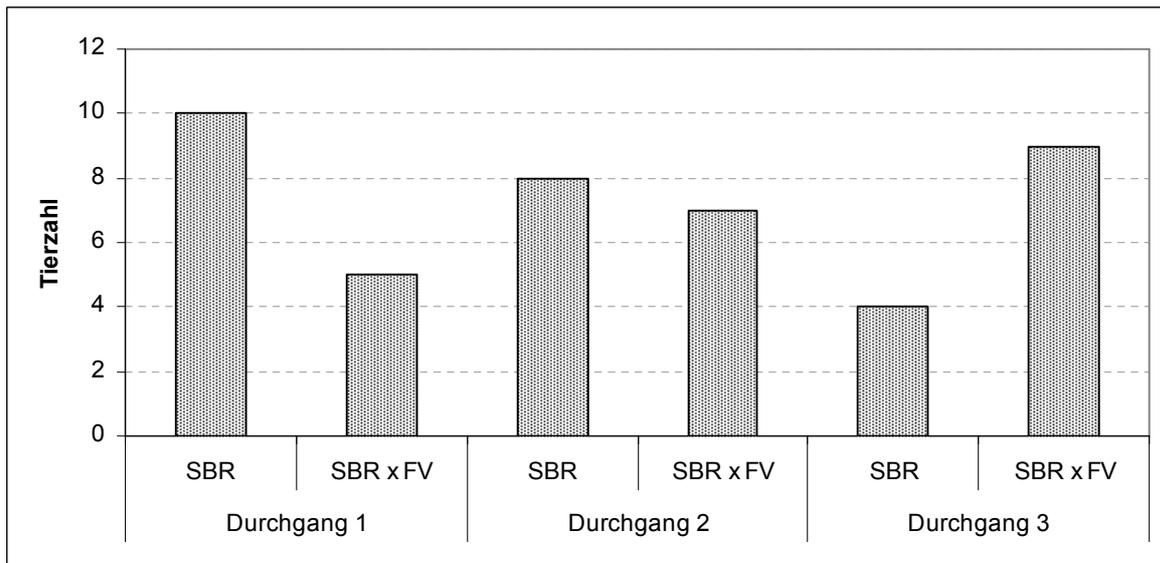
Betrachtet man die einzelnen Wochen hinsichtlich Fliegenaufkommen und Abwehr, so ist festzustellen, dass in den letzten 4 Untersuchungswochen vereinzelt Abwehrbewegungen aufgezeichnet wurden, obwohl keine oder nur sehr vereinzelt Fliegen auf den Tieren saßen. Grundsätzlich war jedoch auch hier ein abnehmender Trend sichtbar.

Der Wilcoxon- Test zeigt einen Zusammenhang zwischen Vernetzungsgrad und Abwehrverhalten. Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen 2 m hoch vernetztem Bereich und Kontrolle ( $p=0,000$ ) und zwischen kompletter Vernetzung und Kontrolle

( $p=0,000$ ). Zwischen 2m- Aufbau und komplett vernetzter Einheit besteht kein signifikanter Unterschied ( $p=0,084$ ).

#### 4.1.4 Gewichtsentwicklung

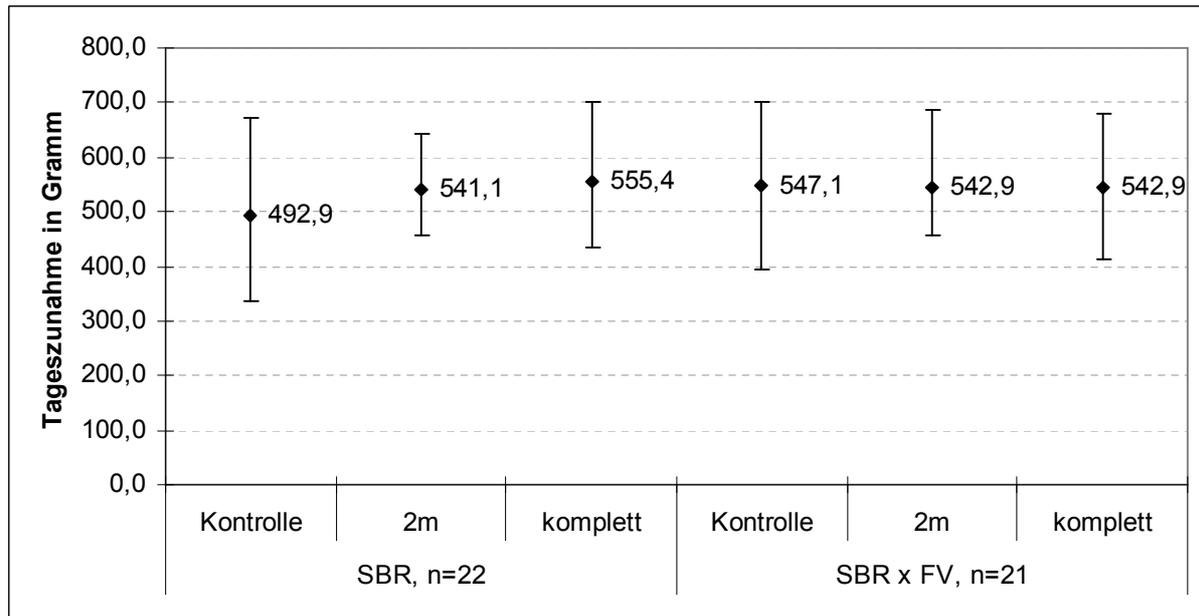
Die Versuchstiere waren weiblich und gehörten der Rasse Schwarzbuntes Milchrind (SBR) an oder waren Kreuzungstiere dieser Rasse mit Fleckvieh (SBR x FV) (Grafik 13).



**Grafik 13:** Rasseverteilung (SBR: Schwarzbuntes Rind; FV: Fleckvieh) der Versuchskälber in Abhängigkeit von den Durchgängen 1-3, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Insgesamt wurde das Gewicht von 43 Kälbern (22 Schwarzbunte und 21 Kreuzungstiere Schwarzbunte x Fleckvieh) erhoben. 2 Kälber (3. Durchgang, 2 m) wurden nicht in die Wertung einbezogen. Es handelte sich um Bullenkälber, die aus Platzmangel zeitweilig in einer Versuchseinheit untergebracht werden mussten.

Die Gewichtsentwicklung der Kälber zeigt über den gesamten Versuchszeitraum keine deutlichen rassebedingten Unterschiede (Grafik 14).



**Grafik 14:** Mittlere Tageszunahmen in Gramm in Abhängigkeit von Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) und Rasse (SBR: Schwarzbuntes Rind; FV: Fleckvieh) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin-behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

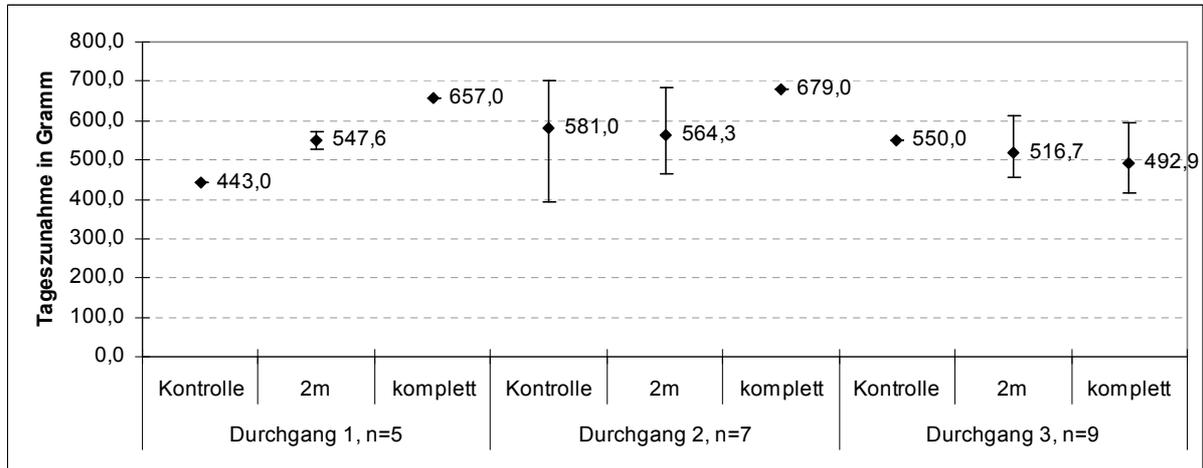
Trotzdem werden im Folgenden die Gewichte der Kälber für eine höhere Genauigkeit nach Rassen getrennt dargestellt. Die geringste Gewichtszunahme (336 g) war bei einem Schwarzbunten Rind zu verzeichnen, welches während des ersten Durchganges im Kontrollbereich (Aufbau A) stand. Der Maximalwert von 700 g wurde im zweiten Durchgang von zwei Kälbern erreicht. Das Schwarzbunte Kalb stand im komplett vernetzten Bereich (Aufbau B) und das Kreuzungstier in der Kontrolle (Aufbau C) (Tab. 4).

**Tabelle 4:** Mittlere Tageszunahme der Kälber in Gramm und Schwankungsbreite in Abhängigkeit von Durchgang und Rasse (SBR: Schwarzbuntes Rind; FV: Fleckvieh) über den gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Durchgang und Datum	Rasse	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Durchgang 1 16.08.-03.09.08	SBR	336	579	459,3	76,2
	SBR x FV	443	657	548,6	77,3
Durchgang 2 13.09.-01.10.08	SBR	493	700	601,8	60,6
	SBR x FV	393	700	587,8	122,2
Durchgang 3 11.10.-29.10.08	SBR	393	671	532,1	119,9
	SBR x FV	414	614	507,1	67,9

Sowohl die Schwarzbunten Kälber (mittlere Tageszunahme 601,8 g) als auch die Kreuzungstiere (mittlere Tageszunahme 587,8 g) nahmen während des 2. Durchganges am besten zu.

Im Folgenden wird die Gewichtszunahme der Kreuzungstiere in Abhängigkeit von Durchgang und Vernetzungsgrad dargestellt (Grafik 15).



**Grafik 15:** Mittlere Tageszunahme der Kreuzungstiere in Gramm in Abhängigkeit von Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) und Durchgang unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.-29.10.2008

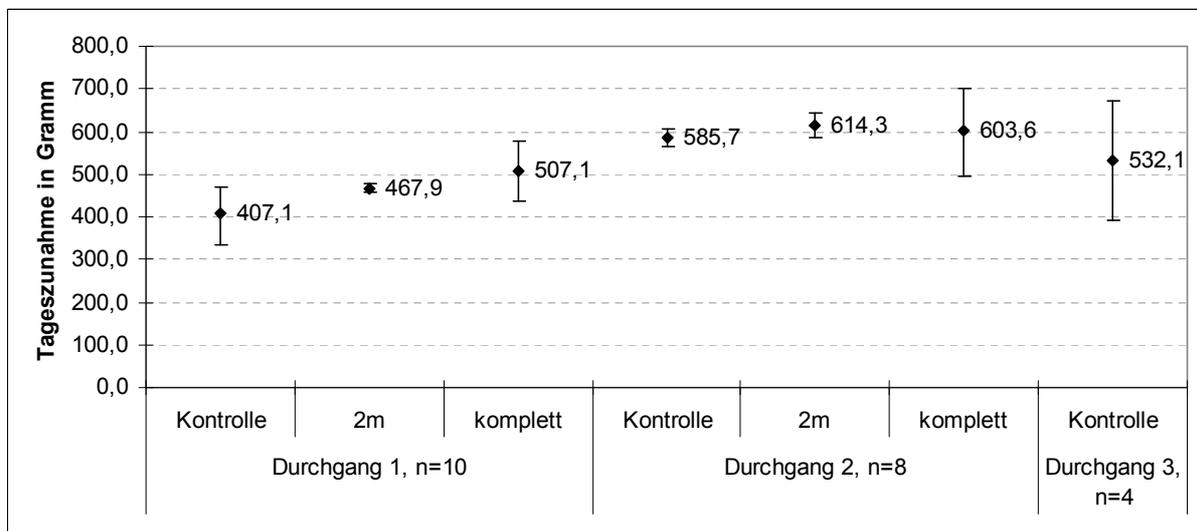
Die mittlere Zunahme der Kreuzungstiere lag zwischen 393 g (Durchgang 2- Kontrolle) und 700 g (Durchgang 2 – Kontrolle). Teilweise war die Schwankungsbreite der Werte sehr groß (Standardabweichung: Durchgang 2 – Kontrolle 164,8g, 2m – 112,3 g). Im 1. Durchgang war eine Rangfolge ersichtlich. Die Kontrolltiere nahmen am wenigsten zu. Dann folgte der 2 m-Aufbau. Die höchste Tageszunahme hatten die komplett vernetzten Tiere (Tab. 5).

**Tabelle 5:** Mittlere Tageszunahmen der Kreuzungstiere in Gramm und Schwankungsbreite in Abhängigkeit von Durchgang und Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Durchgang und Datum	Vernetzungsgrad	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Durchgang 1 16.08.-03.09.08	Kontrolle	443,0	443,0	443,0	
	2m hoch	529,0	571,0	547,6	21,8
	Komplett vernetzt	657,0	657,0	657,0	
Durchgang 2 13.09-01.10.08	Kontrolle	393,0	700,0	581,0	164,8
	2m hoch	464,0	686,0	564,3	112,3
	Komplett vernetzt	679,0	679,0	679,0	
Durchgang 3 11.10.-29.10.08	Kontrolle	550,0	550,0	550,0	
	2m hoch	457,0	614,0	516,7	85,2
	Komplett vernetzt	414,0	593,0	492,9	69,3

Nachfolgend wird die Gewichtsentwicklung der Schwarzbunten Kälber beschrieben (Grafik 16).

Die Kälber wurden nach betriebseigenem Schema auf die Iglus verteilt. Deshalb ergab es sich, dass im 3. Durchgang keine Schwarzbunten im 2 m- und komplett vernetzten Bereich standen.



**Grafik 16:** Mittlere Tageszunahme der Schwarzbunten Rinder in Gramm in Abhängigkeit von Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) und Durchgang unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.- 29.10.2008

Die mittlere Tageszunahme der Schwarzbunten Rinder schwankte zwischen 336 g (Durchgang 1 – Kontrolle) und 700 g (Durchgang 2 – komplett). Es ist ersichtlich, dass die Kontrolltiere sowohl im 1. als auch im 2. Durchgang im Mittel am schlechtesten zunahmen

(407,1 g bzw. 585,7 g). Betrachtet man jedoch die Minimal- und Maximalwerte, so sieht man, dass es zu Überschneidungen kam (Bsp.: Durchgang 1 – Kontrolle – Maximum 471 g; komplett – Minimum 436 g) (Tab. 6).

**Tabelle 6:** Mittlere Tageszunahme der Schwarzbunten Rinder in Gramm und Schwankungsbreite in Abhängigkeit von Durchgang und Vernetzungsgrad (2 m hoch vernetzt, komplett vernetzt, Kontrolle ohne Netz) unter Verwendung eines Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm über den gesamten Versuchszeitraum, Milchviehanlage Kremmen GmbH & CO. KG, 16.08.-29.10.2008

Durchgang und Datum	Vernetzungsgrad	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Durchgang 1 16.08.-03.09.08	Kontrolle	336,0	471,0	407,1	74,5
	2m hoch	457,0	479,0	467,9	15,2
	Komplett vernetzt	436,0	579,0	507,1	71,2
Durchgang 2 13.09.-01.10.08	Kontrolle	564,0	607,0	585,7	30,3
	2m hoch	586,0	643,0	614,3	40,4
	Komplett vernetzt	493,0	700,0	603,6	86,2
Durchgang 3 11.10.-29.10.08	Kontrolle	393,0	671,0	532,1	119,9

Es konnte statistisch sowohl bei den Schwarzbunten Rindern als auch bei den Kreuzungstieren kein Zusammenhang zwischen Vernetzungsart und Gewichtszunahme nachgewiesen werden.

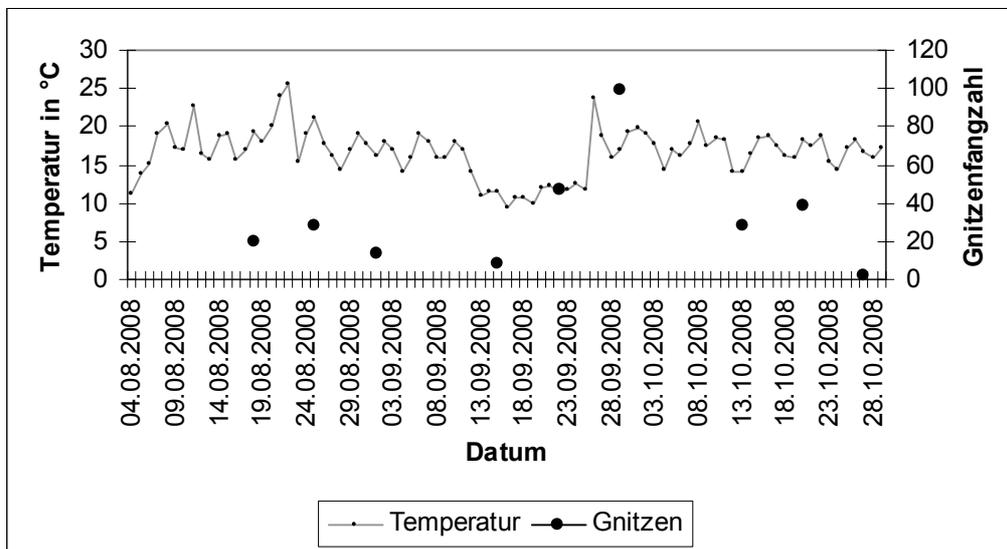
Die Kälber waren bei der ersten Messung 1-10 Tage alt. Ein eventueller Einfluss des Alters auf die Tageszunahme wurde statistisch überprüft. Es konnte kein Zusammenhang ermittelt werden.

#### 4.1.5 Wetterdatenanalyse

Wetterdaten wurden vom 04.08.- 29.10.2008 aufgezeichnet. Das entspricht 87 Tagen. Aufgrund technischer Probleme war eine Wetteraufzeichnung während des ersten Versuchszeitraumes (16.06.-25.06.08) nicht möglich. In den folgenden Darstellungen werden die Tagesmittelwerte wiedergegeben. Die Gnitzenfangzahlen entsprechen den Kontrollfängen.

#### Temperatur

Während des Beobachtungszeitraumes betrug die mittlere Temperatur 16,6°C (Grafik 17).

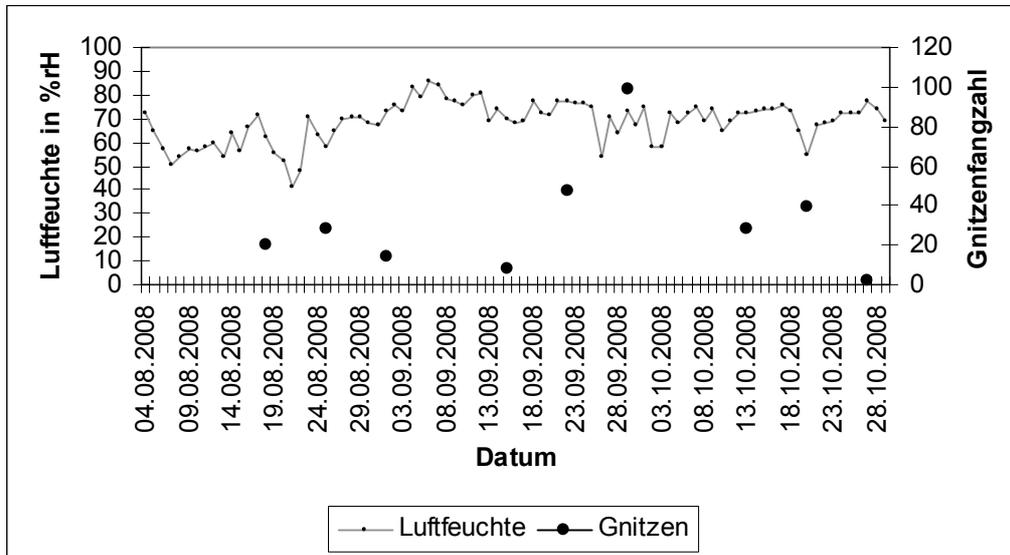


**Grafik 17:** Verlauf der Temperatur in °C und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08

Am 16.09.08 war es mit durchschnittlich 9,4°C am kältesten. Der Maximalwert von 25,6°C wurde am 22.08.08 erreicht.

## Luffeuchte

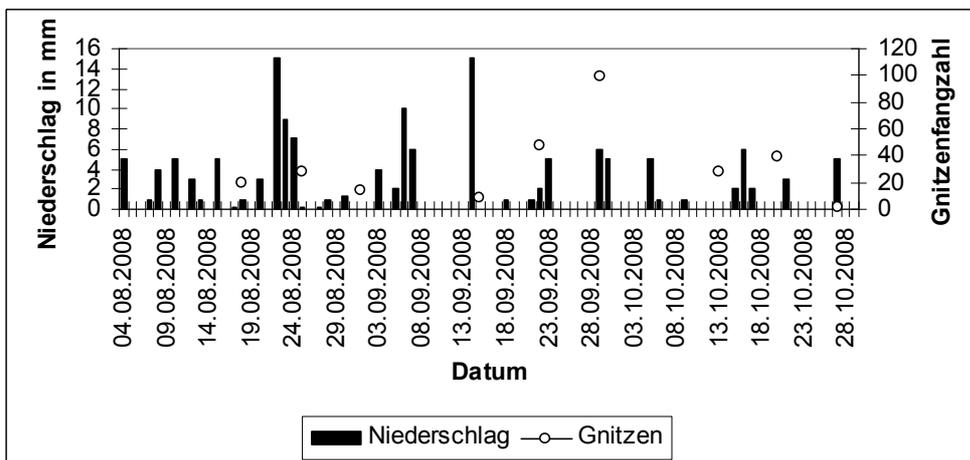
Die mittlere Luffeuchte betrug 68,5 %rH (Grafik 18).



**Grafik 18:** Verlauf der Luffeuchte in %rH und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08

Die Luffeuchte schwankte zwischen 41,2 %rH am 21.08.08 und 86,0 %rH am 06.09.2008.

## Niederschlag

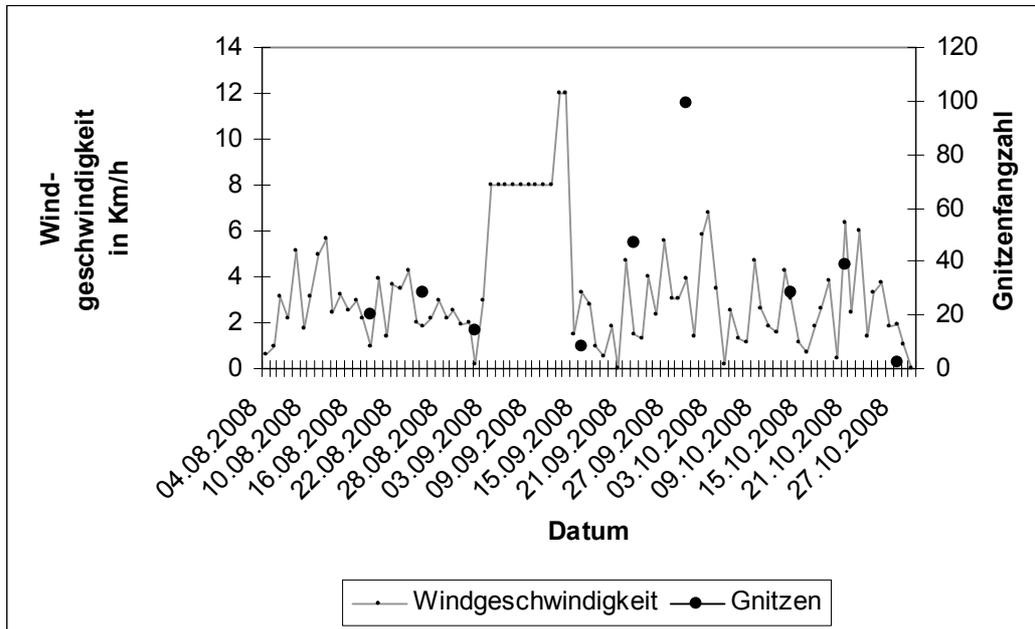


**Grafik 19:** Verlauf des Niederschlages in mm und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08

Während an 54 Tagen (62,1% des Beobachtungszeitraumes) kein Niederschlag fiel, wurden am 22.08.08 und 14.09.08 Maximalwerte von 15 mm erreicht (Grafik 19).

## Windgeschwindigkeit

Die mittlere Windgeschwindigkeit lag bei 3,4 km/h (Grafik 20).

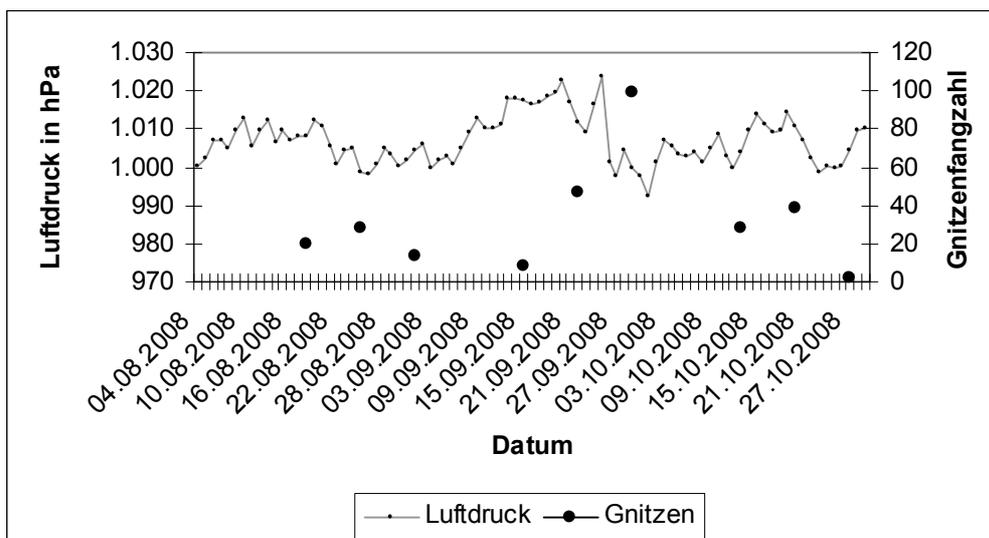


**Grafik 20:** Verlauf der Windgeschwindigkeit in km/h und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08

An 5 Tagen war es windstill. Am 12.09. und 13.09. 08 erreichte die Windgeschwindigkeit einen Höchstwert von 12 km/h.

## Luftdruck

Der Luftdruck lag im Mittel bei 1.007 hPa (Grafik 21).



**Grafik 21:** Verlauf des Luftdruckes in hPa und Gnitzenfangzahlen auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, 04.08- 29.10.08

Der geringste Wert wurde am 01.10.08 (992,5 hPa) gemessen. Das Maximum von 1.023,8 hPa wurde am 25.09.08 aufgezeichnet.

Ein direkter Zusammenhang zwischen Wetterdaten und Gnitzenaufkommen konnte nicht dargestellt werden. Eventuell hat sich der feuchte August positiv auf die Gnitzenzahlen ausgewirkt. Die Tatsache, dass es sich bei jedem Fang um eine Sammelprobe von 4 aufeinander folgenden Nächten handelt, erschwert die Auswertung.

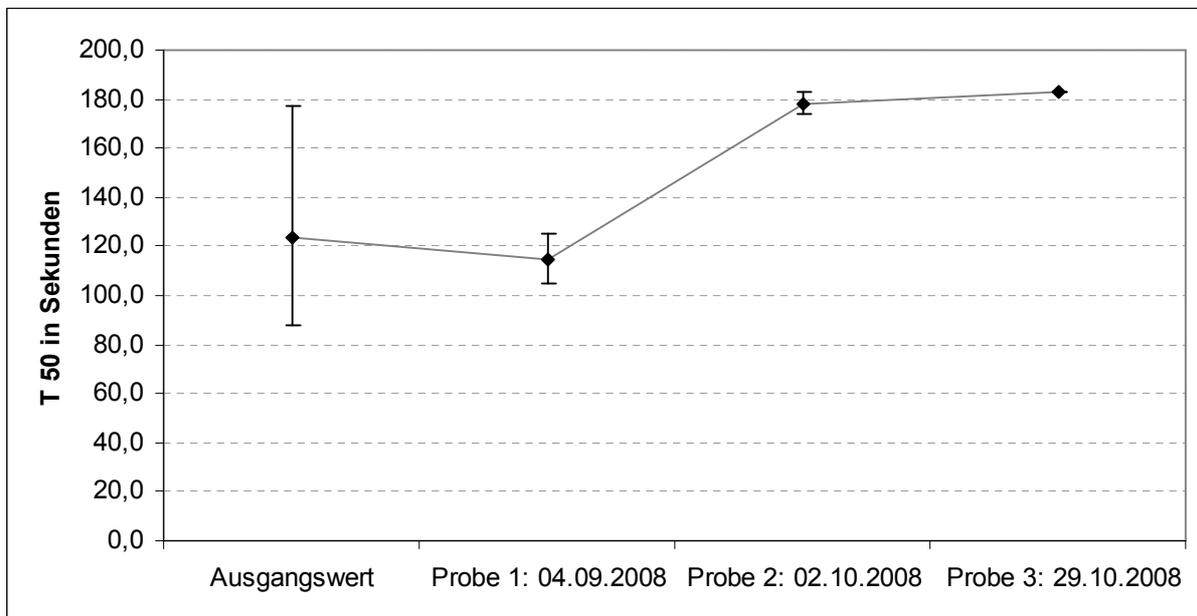
## 4.2 Laboruntersuchungen

### 4.2.1 Verlaufsuntersuchungen zur Wirksamkeitsprüfung

Während des 2. Versuchs wurden alle 4 Wochen Stücke des auf dem Versuchsbetrieb angebrachten Netzes entnommen und sowohl im Gnitzen- als auch im Fliegenbioassay getestet. Als Kriterium für die Wirksamkeit diente der T 50. Das ist der Zeitpunkt, zu dem 50% der Testinsekten paralysiert sind.

#### Gnitzenbioassay

Grafik 22 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen der Ausgangsprobe (15.08.08) und der jeweils im Abstand von 4 Wochen entnommenen Proben. Mit Ausnahme der letzten Probe wurden alle Netzstücke 3-mal getestet.



**Grafik 22:** Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung der insektiziden Wirkung des Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm im Gnitzenbioassay mit *C. nubeculosus* unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte

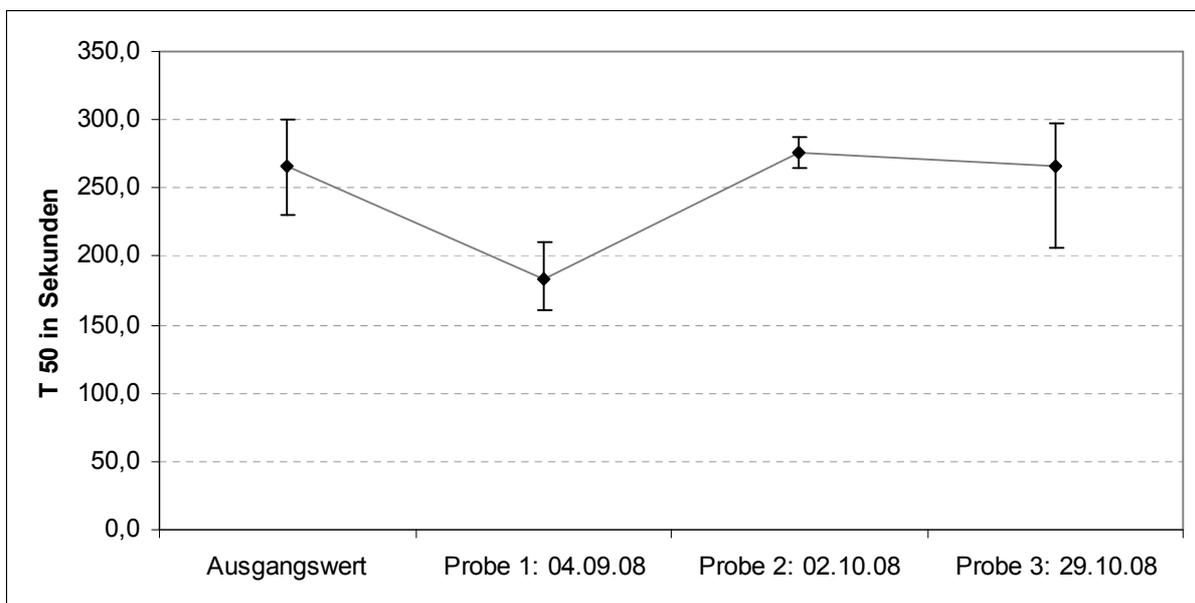
Die Untersuchung des Netzmaterials vor Ausbringung ergab einen mittleren T 50 von 123 Sekunden. Die Werte schwankten zwischen 88 s und 177 s. Die Standardabweichung war relativ hoch (47,2 s). Der Mittelwert, der am 04.09.08 entnommenen Probe ähnelte dem Ausgangswert (115 s). Die Werte wichen nicht so stark vom Mittelwert ab (Standardabweichung 10,0s). Die am 02.10.08 und 29.10.08 entnommenen Proben führten langsamer zur Paralyse der Testinsekten als das Ursprungsnetz und die Probe 1. So entsprach der Mittelwert der Probe 2 dem Maximalwert des Netzes zu Versuchsbeginn

(177 s). Die Ergebnisse der Untersuchung der Probe 2 wichen nur gering vom Mittelwert ab (Standardabweichung 4,7s). Die Testung der 3. Probe ergab mit 183 s den spätesten ermittelten Paralysezeitpunkt. Über den gesamten Zeitraum stieg der T 50 tendenziell geringgradig an. Das Netz führte bis zum Versuchsende zur vollständigen Paralyse und anschließendem Tod aller Testgnitzen.

### Fliegenbioassay

Im Fliegenbioassay wurden alle Versuche ausnahmslos 2-mal wiederholt.

Das „frische“ Netz führte im Mittel nach 267 Sekunden zur Paralyse von 50 % der Testfliegen. Die Werte bewegten sich zwischen 231 s und 300 s. Die 1. Probe führte schneller zur Paralyse. Der Mittelwert betrug 184 s. Die Schwankungsbreite reichte von 161 s bis 211 s. Die nachfolgende Probe war weniger effektiv. Bis zum T 50 vergingen durchschnittlich 276 s. Die einzelnen Werte streuten kaum (Minimum 264 s, Maximum 287s.). Die letzte Probe ergab einen ähnlichen Mittelwert (266 s) wie die Ausgangsprobe und die Probe 2. Die Standardabweichung (52,3s) der 3. Probe war vergleichsweise hoch. Insgesamt war keine Veränderung der insektiziden Wirkung über den Untersuchungszeitraum nachweisbar (Grafik 23).



**Grafik 23:** Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung der insektiziden Wirkung des Lambda-Cyhalothrin- behandelten Polyesternetzes der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm im Fliegenbioassay mit *M. domestica* unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte

## Sonstige Netzeigenschaften

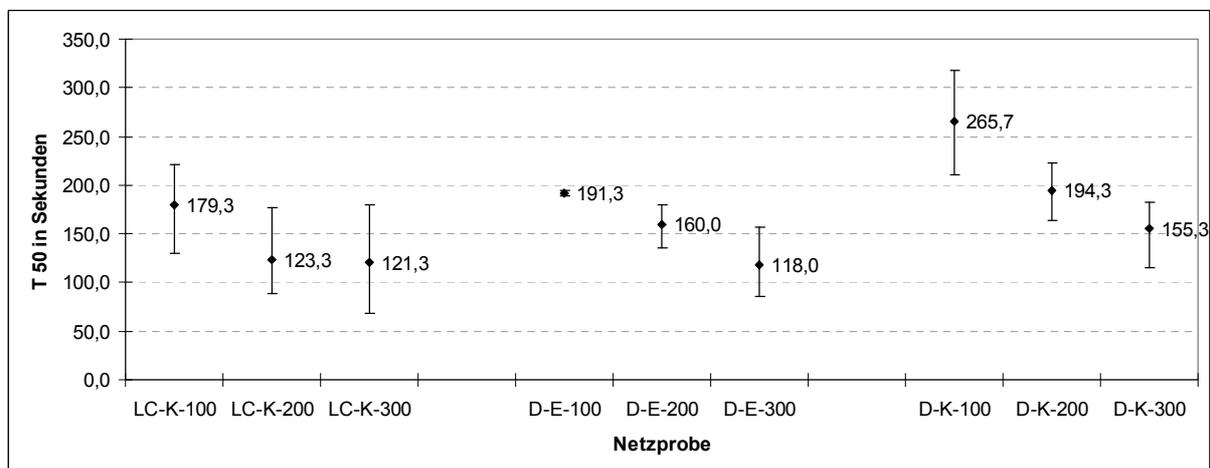
Das Netz blieb über den gesamten Versuchszeitraum formstabil und reißfest. Zeitweise vorhandener Schmutz wurde durch den Regen abgewaschen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch Wirkstoff abgewaschen wurde.

### 4.2.2 Untersuchungen zu Auswirkungen von Wirkstoff, Wirkstoffkonzentration und Ausrüstungsart auf *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus*

Insgesamt wurden 9 Netzproben im Rahmen der Netzoptimierung (siehe Abschnitt 3.2.3, Tab. 3) je 3-mal getestet. Das von der Fa. Texinov, Textiles Techniques, Lyon, Frankreich, hergestellte Polyesternetz hatte die Maschenweite 1,6 x 1,7 mm. Die Netzproben waren mit den Wirkstoffen Lambda- Cyhalothrin und Deltamethrin behandelt. Während die Lambda-Cyhalothrin- behandelten Netze nur mit verkapseltem Wirkstoff vorlagen, wurde das Deltamethrin sowohl verkapselt als auch als Emulsion aufgebracht. Alle Wirkstoff-Ausrüstungskombinationen lagen in den Konzentrationen 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup> vor.

#### 4.2.2.1 Einfluss der Wirkstoffkonzentration

Die im biologischen Test mit *C. nubeculosus* ermittelten Werte für den T 50 befanden sich in einem Bereich zwischen 69 s (LC-K-300) und 318 s (D-K-100) (Grafik 24).

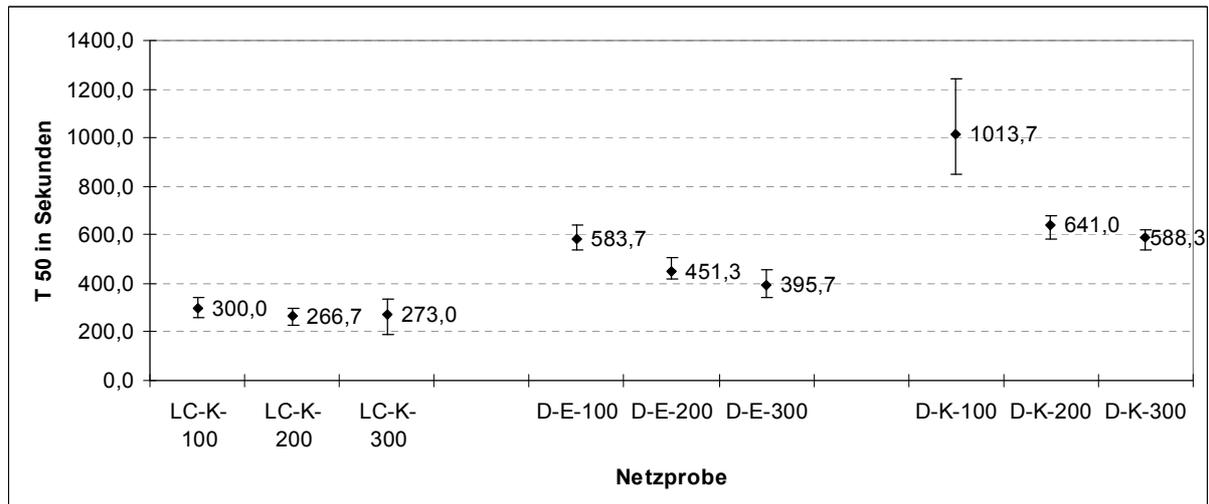


**Grafik 24:** Einfluss der im Gnitzenbioassay mit *C. nubeculosus* getesteten Wirkstoffkonzentration (100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup>) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda- Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion

In allen drei Gruppen (LC-Kapsel, D-Emulsion, D-Kapsel) reagierten die Gnitzen auf eine höhere Konzentration mit einer schnelleren Paralyse. Besonders deutlich wurde dies bei den mit verkapseltem Deltamethrin behandelten Netzen (Mittelwerte: 100 mg/m<sup>2</sup> - 266 s,

200 mg/m<sup>2</sup> - 194 s, 300 mg/m<sup>2</sup> - 155 s). Eine Ausnahme bildete das mit Lambda-Cyhalothrin in höherer Konzentration behandelte Netz (Mittelwerte: 200 mg/m<sup>2</sup> – 123 s, 300 mg/m<sup>2</sup> – 121 s).

Auch im Fliegenbioassay waren die Unterschiede hinsichtlich der Wirkstoffkonzentration zum Teil sehr deutlich (Grafik 25).



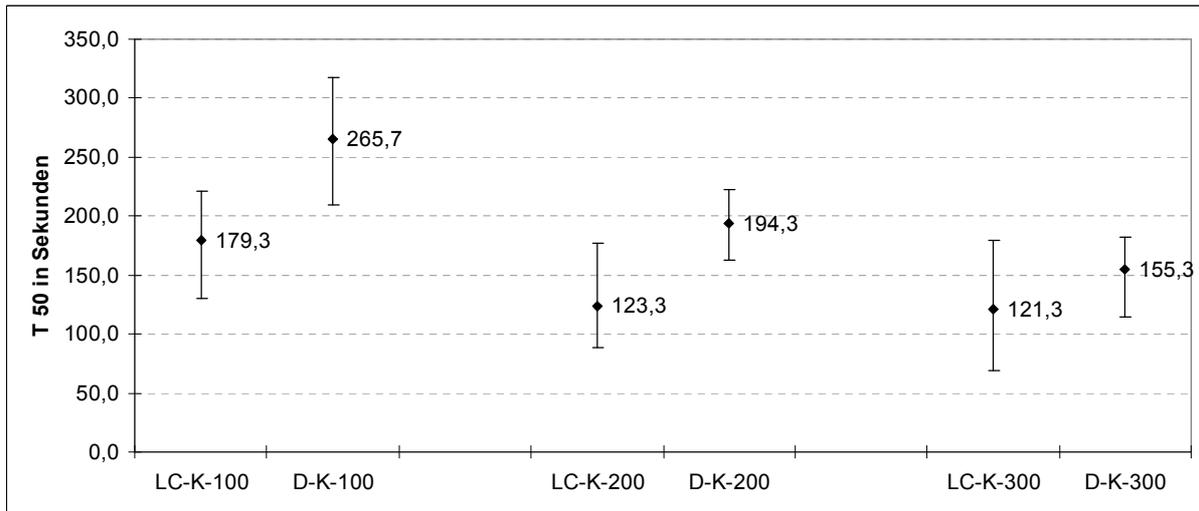
**Grafik 25:** Einfluss der im Fliegenbioassay mit *M. domestica* getesteten Wirkstoffkonzentration (100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup>) unter Angabe des mittleren T<sub>50</sub> in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda- Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion

Die schnellste Paralysezeit verursachte das mit Lambda- Cyhalothrin in einer Konzentration von 300 mg/m<sup>2</sup> imprägnierte Netz (192 s). Am langsamsten reagierten die Fliegen auf das mit verkapseltem Deltamethrin in einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> behandelte Netz (1241 s). Während innerhalb der Lambda- Cyhalothrin- Gruppe keine Unterschiede zwischen den Wirkstoffkonzentrationen ersichtlich waren, zeichnete sich innerhalb der Deltamethrin- Gruppen eine deutliche Verringerung des T<sub>50</sub> mit steigender Konzentration ab. Zwischen verkapseltem Deltamethrin in einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> und 200 mg/m<sup>2</sup> war die Differenz besonders stark ausgeprägt (Mittelwerte: 100 mg/m<sup>2</sup> – 1014 s, 200 mg/m<sup>2</sup> – 641 s).

#### 4.2.2.2 Einfluss des Wirkstoffes

Es lagen Netze mit verkapseltem Lambda- Cyhalothrin und Deltamethrin vor. In emulgierter Form lag nur Deltamethrin vor. Deshalb war der Wirkstoffvergleich nur mit verkapseltem Wirkstoff möglich.

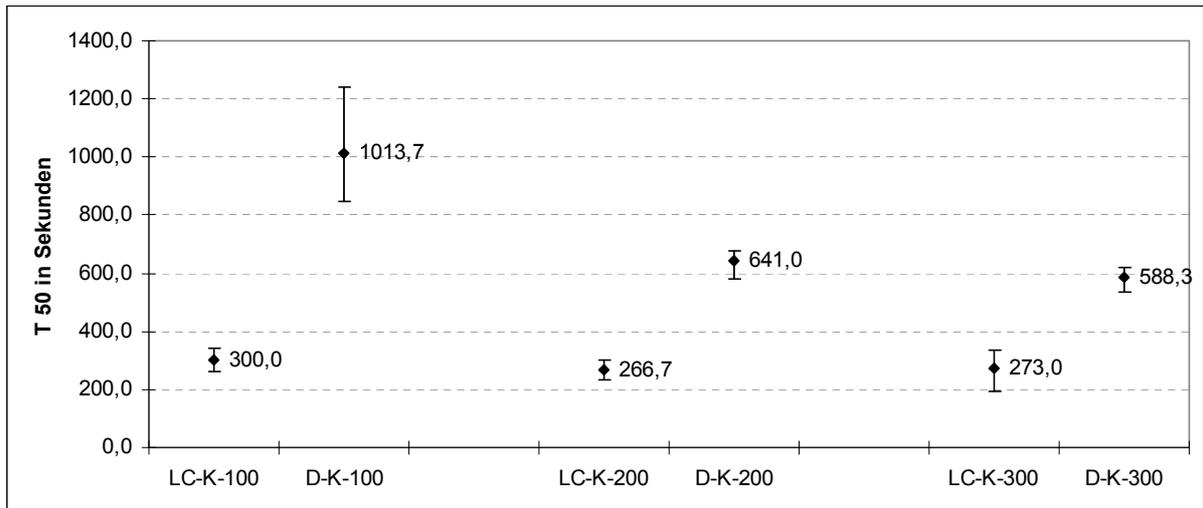
Vergleicht man den Einfluss der Wirkstoffe auf den T<sub>50</sub>, so ist festzustellen, dass Lambda- Cyhalothrin schneller zur Paralyse der Testgnitzen führte als Deltamethrin (Grafik 26).



**Grafik 26:** Einfluss der im Gnitzenbioassay mit *C. nubeculosus* getesteten Wirkstoffe unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup>

Während der Unterschied bei einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> (Mittelwerte: Lambda-Cyhalothrin – 179 s, Deltamethrin – 266 s) noch sehr deutlich war, verringerte er sich mit steigender Konzentration (Mittelwerte: Lambda-Cyhalothrin – 300 mg/m<sup>2</sup> – 121 s, Deltamethrin – 300mg/m<sup>2</sup> – 155 s). Bei maximaler Konzentration von 300 mg/m<sup>2</sup> war der Unterschied unbedeutend.

Im Bioassay mit *M. domestica* war die Überlegenheit des Wirkstoffes Lambda- Cyhalothrin über alle drei Konzentrationen sehr deutlich sichtbar (Grafik 27). Auch wenn sich die Mittelwerte der Paare mit steigenden Konzentrationen annähernten, kam es nie zu Überschneidungen.

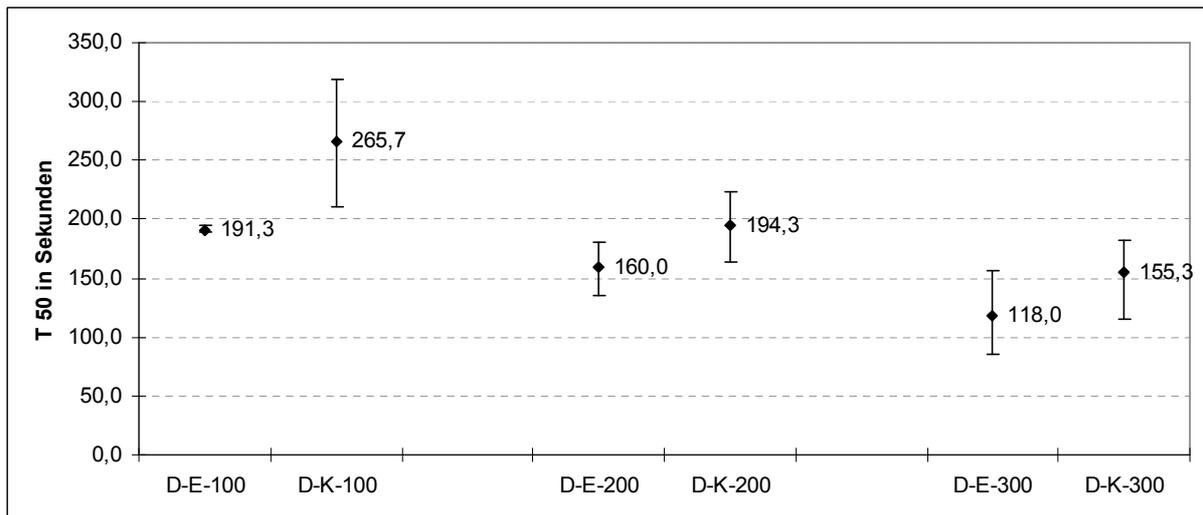


**Grafik 27:** Einfluss der im Fliegenbioassay mit *M. domestica* getesteten Wirkstoffe unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup>

#### 4.2.2.3 Einfluss der Ausrüstungsart

Es lag nur der Wirkstoff Deltamethrin in emulgierter und mikroverkapselter Form vor. Somit war nur für diesen Wirkstoff ein Vergleich der Ausrüstungsart möglich.

Betrachtet man ausschließlich die im Gnitzenbioassay erhobenen Mittelwerte, so war der verkapselte Wirkstoff dem emulgierten stets unterlegen (Grafik 28).

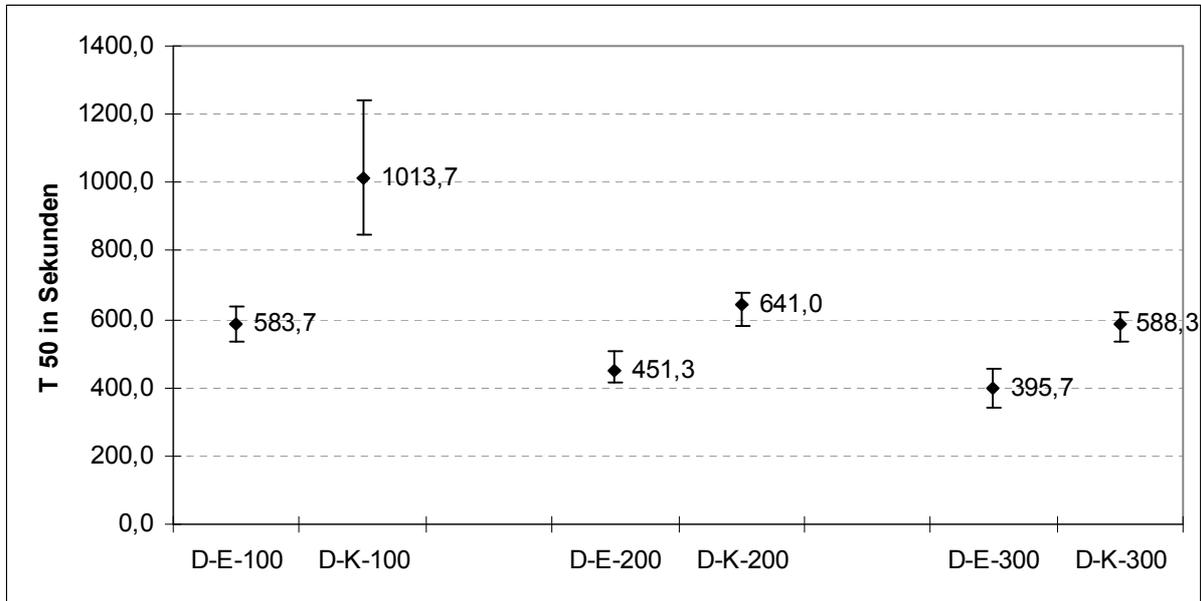


**Grafik 28:** Einfluss der im Gnitzenbioassay mit *C. nubeculosus* getesteten Ausrüstungsart (Emulsion oder Mikroverkapselung) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup>

Die Schwankungsbreite der Werte verdeutlichte, dass nur bei einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> von einem deutlichen Unterschied gesprochen werden konnte. Bei dieser

Konzentration überschritten sich die Daten nicht, während es mit steigender Konzentration zu vermehrter Deckung der Werte kam.

Im Fliegenbioassay waren die Unterschiede deutlicher. Die Werte der entsprechenden Paare überlappten nicht (Grafik 29).



**Grafik 29:** Einfluss der im Fliegenbioassay mit *M. domestica* getesteten Ausrüstungsart (Emulsion oder Mikroverkapselung) unter Angabe des mittleren T 50 in Sekunden inklusive Minimal- und Maximalwerte, LC= Lambda-Cyhalothrin, D= Deltamethrin, K= verkapselt, E= Emulsion, Wirkstoffgehalt: 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup>

Auch wenn der Unterschied mit steigender Konzentration weniger ausgeprägt war, blieb der emulgierte Wirkstoff dem verkapseltem überlegen (Bsp.: Mittelwerte 100 mg/m<sup>2</sup>, Emulsion – 584 s, Kapsel – 1014 s; Mittelwerte 300 mg/m<sup>2</sup>, Emulsion – 396 s, Kapsel – 588 s).

## 5 Diskussion

Seit 2006 kommt die Blauzungenkrankheit auch in Deutschland vor. Die ab Mai 2008 durchgeführte Pflichtimpfung konnte das Krankheitsgeschehen zwar eindämmen (Conraths et al., 2009), führte jedoch nicht zu einer Elimination. Seit dem 01.01.2010 obliegt die Inanspruchnahme und Finanzierung der Impfung dem Tierhalter. In den letzten Jahren gab es bereits viele Impfgegner. Vor allem für Mutterkuhhalter stellt die regelmäßige Impfung der Jungtiere eine Herausforderung dar. Da die finanzielle Situation auf dem Milchmarkt noch immer ungünstig ist, werden unter Umständen viele Milchkuhhalter aus finanziellen Gründen auf die Impfung verzichten. Somit ist in Zukunft wieder mit einem erhöhten Krankheitsaufkommen zu rechnen. Derzeit stehen keine Repellentien zur Verfügung, welche die Übertragung der Blauzungenkrankheit durch Gnitzen sicher verhindern können. Trotz konsequenter Behandlung im pour on Verfahren bzw. Einsatz von Insektizidohrclips nehmen Gnitzen von behandelten Tieren Blut auf und können somit potentiell Krankheiten übertragen (Bauer et al., 2009). Auch die einfache Aufstallung über Nacht bringt keinen ausreichenden Schutz, da einzelne Gnitzenarten endophag sind (Baldet et al., 2008).

Mit den vorliegenden Untersuchungen sollte überprüft werden, ob es möglich ist, Kälber in Igluhaltung mittels eines insektizidbehandelten Netzes vor stechenden und leckenden Insekten, speziell Gnitzen und Fliegen zu schützen. Des Weiteren sollte die minimal notwendige Netzhöhe ermittelt und die Auswirkungen des Netzeinsatzes auf das Tierverhalten und die Gewichtszunahme der Kälber bestimmt werden. In Ergänzung zum Feldversuch wurden Laboruntersuchungen zur Feststellung der Wirkstoffpersistenz der ausgebrachten Netze im Bioassay gegenüber *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus* durchgeführt. Ein weiterer Bestandteil der Arbeit war die Testung zusätzlicher Netzprototypen im Bioassay mit o.g. Testinsekten. Diese Netzproben unterschieden sich hinsichtlich der verwendeten Insektizide, der Wirkstoffkonzentration und der Ausrüstungsart.

### 5.1 Felduntersuchungen

Für die Untersuchungen wurden auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH und Co. KG vier Einheiten á fünf Kälberiglus errichtet. Ausschlaggebend für die Auswahl des Betriebes war das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl Kälber (mindestens 20 Geburten pro Woche) und die Lage in einem Biotop, welches eine hohe Gnitzenabundanz erwarten ließ. Adulte Gnitzen halten sich vornehmlich in der Nähe ihrer Brutstätten auf, wo sie Schwärme bilden (Eckert et al., 2008). Der Flugradius einer Gnitze beträgt nur wenige hundert Meter. Je nach Art werden bestimmte Habitate bevorzugt. *C. dewulfi* und *C. chiopterus* entwickeln sich vornehmlich in Dung (Zimmer et al., 2008). *C. obsoletus* scheint eine Vielzahl von Habitaten zu akzeptieren. So wurden Sümpfe, Laubhaufen, Kompost, Misthaufen, Dung und

überdüngter Boden als Brutstätten identifiziert (Kettle und Lawson, 1952). *C. obsoletus* und *C. scoticus* Larven wurden auch in Maissilageresten gefunden (Zimmer et al., 2008). Die im Kremmener Luch gelegene Anlage bot gute Voraussetzungen für ein hohes Gnitzenaufkommen. Sie ist von Wald und agrarwirtschaftlichen Flächen umgeben und in Stallnähe befinden sich große offene Güllefangbecken. Hoffmann et al. (2009) stellten im Rahmen eines deutschlandweiten Monitorings fest, dass die Anzahl der gefangenen Gnitzen der *Obsoletus*- und *Pulicaris*- Gruppe ab April 2007 stark anstieg und im Oktober 2007 ihren Höhepunkt erreichte. Der erste Versuch fand vom 16.06. bis 25.06.2008 statt, der zweite Versuch vom 16.08. bis 29.10.2008. Somit fielen beide Experimente in die „gnitzenreiche“ Jahreszeit. Der Sommer 2008 war jedoch sehr trocken. Dies ist wahrscheinlich der Grund für die sehr geringe Gnitzenabundanz, da für die Entwicklung der Larven Feuchtigkeit benötigt wird.

Mit ca. 1.600 Kühen war stets die Grundlage für eine ausreichende Anzahl von Kälbern gegeben. Aus diesem Grund war es auch möglich, nur weibliche Tiere in den Versuch einzubeziehen. Insgesamt stellte sich der Versuchsaufbau als praktikabel heraus. Auf relativ kleiner Fläche konnten mehrere Versuchsansätze überprüft werden. Sowohl der Grundaufbau als auch der Umbau zum Zweck der Rotation der Vernetzungshöhe waren ohne größeren Aufwand möglich. Das strapazierfähige Netz war dank der eingearbeiteten Verstärkungstreifen einfach mittels Schraube und Unterlegscheibe am Holzgerüst zu befestigen. Die täglichen Arbeitsabläufe an den Kälbern wurden nur geringfügig eingeschränkt. Dadurch war sichergestellt, dass die Versuchseinheiten stets geschlossen gehalten wurden. Dank der hohen Flexibilität konnte binnen kurzer Zeit das mit Deltamethrin behandelte Netz abgebaut und das mit Lambda-Cyhalothrin behandelte Netz angebracht werden. Die Vernetzung einer ganzen Stallanlage wäre zeit- und kostenintensiver gewesen.

### 5.1.1 Schutz vor Gnitzen

Im ersten Versuch enthielten die Fänge im vollständig vernetzten Bereich die meisten Gnitzen (sowohl Exemplare der *Pulicaris*- Gruppe als auch der *Obsoletus*- Gruppe). Dies zeigte, dass das Deltamethrin- behandelte Netz (Wirkstoffkonzentration  $133 \text{ mg/m}^2$ ) mit einer Maschenweite von  $2,0 \times 2,0 \text{ mm}$  die Kälber nicht vor Gnitzen schützen konnte. Deshalb wurde der Versuch nach 2 Wochen beendet und ein Netz mit geringerer Maschenweite ( $1,6 \times 1,7 \text{ mm}$ ) und mit dem Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin (Wirkstoffkonzentration  $200 \text{ mg/m}^2$ ) angebracht.

In den ersten beiden Wochen des zweiten Versuchs wurden im komplett vernetzten Bereich keine Gnitzen gefangen. In den folgenden Wochen drangen auch in diesen Bereich Gnitzen ein. Somit war auch mit diesem Netz kein konstanter Schutz der Kälber vor Gnitzen möglich. Das Netz war Sonne und Regen ausgesetzt. Des Weiteren wurde bei der Imprägnierung

kein Bindemittel verwandt und es fand keine thermische Fixierung statt. Somit kann ein Wirkungsverlust durch Witterungseinflüsse nicht ausgeschlossen werden. Betrachtet man den Anteil gesogener Weibchen, so ist festzustellen, dass dieser innerhalb der Pulicaris-Gruppe sehr gering war (2 von 195 gefangenen weiblichen Exemplaren). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass das mit Lambda- Cyhalothrin (Wirkstoffkonzentration 200 mg/m<sup>2</sup>) behandelte Netz mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm einen Einfluss auf die Gnitzen der Pulicaris- Gruppe (welche im Vergleich zur Obsoletus- Gruppe relativ groß sind) hatte.

Frühere Untersuchungen mit *C. furens* (mittlere Flügelänge ca. 1mm) zeigten, dass bei einer Maschengröße von 1,6 mm<sup>2</sup> eine Reduktion um 56% und bei einer Maschengröße von 0,9 mm<sup>2</sup> eine Reduktion um 95% erreicht werden konnte (Porter, 1959). Das bedeutet, dass zur Abwehr von Gnitzen mit unbehandelten Netzen eine Maschenweite nötig wäre, die das Stallklima wahrscheinlich stark beeinträchtigen würde. In Untersuchungen von Jamnback (Jamnback, 1961; 1963) wurden Netze, welche die Maschenweite handelsüblicher Fliegen- und Mückennetze hatten, mit Organophosphaten behandelt. Sowohl 6% Propoxur als auch 6% Malathion führten innerhalb von 20 Minuten zum Tod der Testgnitzen. In einem weiteren Versuch von Dukes und Axtell (1976) stellte sich heraus, dass Propoxur und Malathion effektiver waren als Dichlorvos, Stirofos und Dimethoat. In Spanien untersuchten Wissenschaftler die Wirkung eines 2,60 m hohen mit Cypermethrin (0,5 g/l) besprühten Leintuches auf Gnitzen, speziell *C. imicola* (Calvete et al., 2010). Dort wurden Paddocks umzäunt, in welchen sich von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang Schafe befanden. Die Intervention führte zu einer Reduktion des Gnitzeneintrages, eine völlige Gnitzenfreiheit konnte jedoch nicht erreicht werden.

### 5.1.2 Befallsintensität der Kälber mit Musziden

Im Rahmen dieser Arbeit konnte ein eindeutiger Einfluss des Lambda-Cyhalothrin-behandelten Netzes mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm auf die Befallsintensität der Kälber mit Fliegen beobachtet werden. Der komplett vernetzte Bereich war bis auf vereinzelte Exemplare, die wahrscheinlich während des Tränkvorganges in die Einheit eingedrungen waren, fliegenfrei. Ein ähnliches Bild bot der 2 m hoch vernetzte Bereich, in welchem sich nur wenige Musciden beobachten ließen. Somit wäre zum Schutz vor Fliegen eine 2 m hohe Vernetzung ausreichend. In den letzten Jahren wurden mehrfach erfolgreich Versuche zum Schutz von Tieren vor Fliegen mit insektizidbehandelten Netze durchgeführt. Versuche in Ghana mit einem Deltamethrin-haltigen, 1 m hohen Netz zeigten, dass es möglich ist, den Eintrag von Fliegen und Mücken zu reduzieren (Maia, 2009). Grundlage dieser Untersuchungen war eine Studie mit insektizidhaltigen Netzen zum Schutz von Rindern vor Trypanosomose durch Abwehr von Tsetsefliegen in Kenia (Bauer et al., 2006). Auch in Brandenburg wurde bereits eine Feldstudie zur Insektenabwehr mittels eines 1 m hohen, mit

Deltamethrin behandelten Netzes durchgeführt. Der Einsatz dieses Netzes führte zu einer deutlichen Reduktion des Muscidenbefalls bei Pferden (Blank, 2006). Die vollständige Vernetzung einer Milchviehstallung mit einem Deltamethrin-haltigen Netz resultierte ebenfalls in einer Reduktion der Fliegenlast (Rohrmann, 2009). Da auf der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG seit vielen Jahren Pyrethroide eingesetzt wurden, lag die Wahrscheinlichkeit einer Insektizidresistenz nahe. Im Jahr 2008 wurden Fliegen der Gattung *M. domestica* von 60 Milchviehbetrieben in Brandenburg auf ihre Empfindlichkeit gegenüber Deltamethrin, Spinosad, Thiamethoxan, Imidacloprid und Lambda-Cyhalothrin untersucht (Jandowsky, 2009). Dabei zeigten 58 der 60 Feldpopulationen keine oder eine verringerte Reaktion auf den Wirkstoff Deltamethrin. Lambda-Cyhalothrin gehört ebenfalls zur Gruppe der Pyrethroide und erwies sich bei Laboruntersuchungen nur in hohen Konzentrationen als wirksam. Die Fliegen der Milchviehanlage Kremmen zeigten sowohl gegenüber Deltamethrin als auch Lambda-Cyhalothrin eine verringerte Reaktion. Trotzdem ließ der Netzeinsatz eine eindeutige Wirksamkeit erkennen. Dies wird darauf zurückgeführt, dass die Fliegen im Bioassay nur 10 Sekunden lang dem Insektizid ausgesetzt wurden. Feldbeobachtungen zeigen jedoch, dass sich die Fliegen teilweise länger auf dem Netz aufhalten.

### 5.1.3 Abwehrverhalten

Es wurde ein signifikanter Einfluss der Vernetzung auf das Tierverhalten deutlich. Im komplett vernetzten Bereich waren die Kälber wesentlich ruhiger als in der Kontrolleinheit. Die in der 2 m hoch vernetzten Einheit befindlichen Tiere waren ruhiger als die ungeschützten Kälber, zeigten jedoch mehr Abwehrbewegungen als die Tiere in der komplett vernetzten Einheit. Es fiel auf, dass einige Tiere bereits wegen einer Fliege kaum zur Ruhe kamen, während andere gar nicht zuckten, obwohl sich auf ihnen viele Fliegen befanden. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die beobachteten Musciden nicht in leckende und stechende Arten unterschieden wurden. Des Weiteren erwähnten bereits Mullens et al. (2006), dass bei verschiedenen Kühen innerhalb einer Herde ein individuell intensives Abwehrverhalten gegenüber *Stomoxys calcitrans* zu beobachten war. Warnes und Finlayson (1987) stellten fest, dass Kälber, welche starke Abwehrbewegungen zeigten, weniger stark durch *S. calcitrans* attackiert wurden.

### 5.1.4 Gewichtsentwicklung

In unserem Versuch nahmen die Kälber innerhalb von 3 Wochen im Tagesdurchschnitt zwischen 336g und 700g zu. Die durchschnittliche Tageszunahme war unabhängig vom Alter zum Versuchsbeginn (zwischen 1 und 10 Tagen), der Rasse (Schwarzbuntes Milchrind bzw. Kreuzung mit Fleckvieh) und dem Vernetzungsgrad. Es gibt zahlreiche Studien zur Beeinflussung der Milch- und Mastleistung durch Fliegenbelästigung. Während Miller et al.

(1973) keine Beeinträchtigung der Milchleistung bei Belästigung von Kühen durch *S. calcitrans* feststellen konnten, beobachteten Freeborn et al. (1925) bereits 1925 einen Milchrückgang. Versuche mit Aufzuchtferßen verschiedener Fleischrassen, welche durch *S. calcitrans* und *H. irritans* belästigt wurden, zeigten eine geringere Tageszunahme (Cheng, 1958). In einem von Campbell et al. (1977) durchgeführten Versuch nahmen die mit Wachstumsration gefütterten Ferßen der Interventionsgruppe 0,09 kg/Tag weniger zu als die Kontrolltiere. Ihre Futtermittelverwertung war bis zu 12,9% schlechter. Ähnliche Ergebnisse ließen sich später in einem Versuch mit Bullen erreichen (Campbell et al., 2001). In einem von Mullens et al. (2006) durchgeführten Versuch kam es zu einem maximalen Besatz mit 3,5 *S. calcitrans* pro Bein. Diese Anzahl wurde als zu niedrig bewertet, um Auswirkungen auf die Leistung zu haben. Auch im vorliegenden Versuch war das Fliegenaufkommen relativ gering. So befanden sich selbst im Kontrollbereich max. 20 Fliegen auf einem Kalb. Des Weiteren wurde keine Unterscheidung zwischen leckenden und stechenden Fliegen vorgenommen. Auch die Gnitzenfangzahlen waren nicht sehr hoch.

#### 5.1.5 Wetterdatenanalyse

Ebenso wie 2006/2007 war auch 2007/2008 ein relativ milder Winter. 2008 begann mit einem feuchten Frühjahr. Daran schlossen sich im Raum Brandenburg ein sehr trockener Frühsommer und Sommer (v.a. Mai, Juni, Juli) an (Deutscher Wetterdienst, 2009). Im August regnete es wieder etwas mehr. Darauf folgte ein regenarmer September. Die langzeitige Wetterdynamik könnte einen Einfluss auf die Gnitzenpopulation gehabt haben. So konnten im ersten Versuch (Juni 2008) noch relativ viele Gnitzen gefangen werden, während der zweite Versuch mit sehr geringen Gnitzenfängen begann. Eventuell hat sich der feuchte August positiv auf die Gnitzenzahlen ausgewirkt. Schließlich stiegen die Fangzahlen Ende September 2008 deutlich an (von 34 auf 267 pro Fangwoche). Da es sich jeweils um Sammelproben aus vier aufeinanderfolgenden Nächten handelt, ist ein direkter Bezug zum Wetter schwer zu ermitteln. So lassen sich Auswirkungen wichtiger Parameter wie Wind oder Bedeckungsgrad (Kettle, 1972; Carpenter et al., 2008c), welche innerhalb weniger Stunden stark schwanken können, nicht bewerten. Zur Einschätzung dieser Effekte auf die Gnitzenflugrate sollten nur Fänge einzelner Nächte ausgewertet werden.

Die eingesetzte Wetterstation arbeitete mit einer Frequenz von 868,35 MHz. Diese gilt als relativ wenig stör anfällig. Trotzdem kam es zu Unterbrechungen in der Übertragung zwischen Sender und Empfänger. Zukünftig sollten Geräte eingesetzt werden, welche weniger empfindlich gegenüber der Technik auf Milchviehbetrieben reagieren.

## 5.2 Laboruntersuchungen

In Ergänzung zum Feldversuch wurden Laboruntersuchungen zur Feststellung der Wirkstoffpersistenz des ausgebrachten Netzes durchgeführt. Zusätzlich durchgeführte Tests dienten der Netzoptimierung. Während das FlyBox<sup>®</sup>-Verfahren für das Testinsekt *Musca domestica* bereits etabliert war (Bauer et al., 2009), musste für Gnitzen eine neue Methode gefunden werden. Die Reagenzglasmethode erwies sich als praktikabel. Als Wirksamkeitskriterium diente der T 50. Das ist der Zeitpunkt, an dem 50% der Fliegen bzw. Gnitzen paralysiert sind. Es gibt derzeit keine etablierten Zuchten von *C. obsoletus* oder *C. pulicaris*. Deswegen wurden Exemplare von *C. nubeculosus* verwendet. *C. nubeculosus* ist derzeit die einzige palaearktische, in Europa gezüchtete Gnitzenart. Diese wurde uns vom Institute for Animal Health (Pirbright, England) zur Verfügung gestellt. Die Insekten sind mit 4-5 mm etwa 2-4 mal so groß wie die eigentlichen Zielinsekten. Um eine genaue Aussage zur Wirksamkeit eines Netzes treffen zu können, sollten zukünftig Lebendfänge der einheimischen Gattungen angestrebt werden. Im Bioassay wurden die Testinsekten 10 Sekunden mit dem Netz in Berührung gebracht. Dies entspricht der angenommenen Verweildauer auf dem Netz. Auch Schmahl et al. (2008), welche das Insektizid OXYFLY<sup>®</sup> (Wirkstoff: mikroverkapseltes Lambda-Cyhalothrin, adulticides Spray zur Flächenbehandlung, Novartis) untersuchten, setzten die Testgnitzen 10- 15 Sekunden den mit Insektizid behandelten Holzplatten aus.

Genauere Erkenntnisse über das Durchflugverhalten könnten kameragestützte Versuche in einer mit Netzmaterial versehenen Durchflugbox liefern. Innerhalb eines solchen Versuchsaufbaus könnte auch die minimal nötige Maschenweite ermittelt werden. Diesbezüglich ist jedoch zu erwähnen, dass ein zu eng gewebtes Netz den Luftaustausch reduziert und somit unpraktikabel im Einsatz um Viehstallungen wird.

### 5.2.1 Verlaufsuntersuchungen zur Wirksamkeitsprüfung

Im Abstand von 4 Wochen wurden auf dem Versuchsbetrieb Proben des mit Lambda-Cyhalothrin behandelten Netzes entnommen und anschließend im Labor untersucht. Während sich im Fliegenbioassay keine deutliche Veränderung der Netzwirkung erkennen ließ, stieg der T 50 im Gnitzenbioassay tendenziell an. Dies zeigt ein kontinuierliches Nachlassen der Wirksamkeit. Das Netz führte jedoch bis zum Versuchsende zum Tod aller Testinsekten. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Fliegen durchschnittlich nach 4 min 30 s paralysiert waren, während der T 50 bei den scheinbar empfindlicheren Gnitzen bereits nach 2-3 min erreicht wurde. Das Netz stand frei auf dem Betriebsgelände. Das hatte den Vorteil, dass Schmutz durch Regen abgewaschen wurde. Andererseits konnten Regen und Sonneneinstrahlung den Wirkstoff, welcher ohne Bindemittel aufgebracht wurde, auswaschen bzw. zersetzen und somit die Wirksamkeit des Netzes herab setzen. Eventuell

verdunstete ein Teil des Insektizids. Ein Nachlassen der Wirksamkeit von OXYFLY® (Wirkstoff: mikroverkapseltes Lambda-Cyhalothrin, adulticides Spray zur Flächenbehandlung, Novartis, Basel, Schweiz) gegenüber Gnitzen im Bioassay wiesen auch Schmahl et al. (2008) nach. Das Insektizid wurde auf hölzerne Platten aufgebracht und die zu testenden Insekten der Oberfläche 10-15 Sekunden ausgesetzt. Nach dieser Expositionszeit kam es bei den Testgnitzen in den ersten 3 Wochen nach 9-20 Sekunden zum Tod. Das Präparat zeigte auch noch nach 9 Wochen Wirkung. Der Tod trat jedoch erst nach 5-6 Minuten ein.

### **5.2.2 Untersuchungen zu Auswirkungen von Wirkstoff, Wirkstoffkonzentration und Ausrüstungsart auf *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus***

Die zu untersuchenden Netzprototypen der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm waren mit Lambda-Cyhalothrin bzw. Deltamethrin behandelt. Während das Lambda-Cyhalothrin nur in verkapselter Form vorlag, stand das Deltamethrin sowohl in verkapselter Form als auch als Emulsion zur Verfügung. Alle Wirkstoff-Ausrüstungskombinationen waren in den Konzentrationen 100, 200 und 300 mg/m<sup>2</sup> vorhanden.

Als erstes wurde der Effekt der Wirkstoffkonzentration untersucht. Hierbei zeigten beide Testinsekten die gleiche Tendenz. Die schnellste Paralyse wurde mit dem Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin in maximaler Konzentration erreicht, während das niedrig dosierte Deltamethrin in verkapselter Form am schlechtesten wirkte. Während innerhalb des Wirkstoffes Deltamethrin eine deutliche Verbesserung der Wirkung mit steigender Konzentration ersichtlich war, schien der Wirkstoff Lambda-Cyhalothrin in einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> bereits annähernd so gut zu wirken wie 300 mg/m<sup>2</sup>.

Die Untersuchung des Wirkstoffeinflusses zeigte einen Vorsprung des verkapselten Lambda-Cyhalothrins gegenüber verkapseltem Deltamethrin. Dies wird im Fliegenbioassay deutlicher als im Gnitzenbioassay. Mit steigender Konzentration näherten sich die T 50 beider Insektizide an. Im Fliegenbioassay blieb Lambda-Cyhalothrin jedoch stets überlegen.

Bezüglich der Ausrüstungsart konnte nur der Wirkstoff Deltamethrin untersucht werden. Während die T 50 des emulgierten Wirkstoffes im Fliegenbioassay stets kleiner waren als die T 50 des verkapselten Deltamethrins, war dies im Gnitzenbioassay nur bei einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> deutlich ersichtlich.

Bei der Entwicklung eines neuen Netzes sollte eine Abwägung zwischen Wirkung, Wirkungsdauer und Umweltbelastung durchgeführt werden. Mikroverkapseltes Lambda-Cyhalothrin erscheint potenter als Deltamethrin. Es ist bereits in einer Konzentration von 100 mg/m<sup>2</sup> so wirkungsvoll wie Deltamethrin in dreifacher Konzentration. Steht nur Deltamethrin zur Verfügung, so erscheint die emulgierte Form auf den ersten Blick empfehlenswert. Während der Wirkstoff bei dieser Ausrüstungsart sofort komplett zur

Verfügung steht, wird verkapselter Wirkstoff langsam aber dafür über einen längeren Zeitraum abgegeben. Ein weiterer Aspekt ist die Einsetzbarkeit auf Milchviehbetrieben. Die Maschenweite kann nicht endlos reduziert werden, da im Tierbereich eine gute Ventilation gegeben sein muss. Somit sollte ein Mittelweg zwischen maximal möglicher Maschenweite und minimal notwendiger Wirkstoffkonzentration gefunden werden.

### **5.3 Schlussfolgerungen**

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen, dass es möglich ist, Kälber mit einem insektizidbehandelten Netzzaun vor Fliegen zu schützen und somit das Tierwohlbefinden zu steigern. Gegenüber Gnitzen erwies sich der eingesetzte Netztyp noch nicht als dauerhaft wirksam. Laborversuche mit sensiblen Insekten der Gattung *C. nubeculosus* zeigten eine gute Wirksamkeit sowohl des im Feld eingesetzten Netzes als auch weiterer Netzproben, die sich hinsichtlich Wirkstoff, Wirkstoffkonzentration und Ausrüstungsart unterschieden. Die Ergebnisse sind vielversprechend.

Weiterführende Untersuchungen sollten an Wildfängen erfolgen, welche die viel kleineren einheimischen Gattungen *C. obsoletus* und *C. pulicaris* enthalten. Bezüglich des Netzes sollten die Parameter Maschenweite und Wirkstoffkonzentration unter Berücksichtigung der Einsetzbarkeit um Viehstallungen und eventueller Umweltbelastung überdacht werden. Es sollte weiterhin an einem Schutz des Wirkstoffes gegenüber Umwelteinflüssen wie Regen und UV-Licht gearbeitet werden.

## 6 Zusammenfassung

Seit 2006 gilt auch Deutschland als Verbreitungsgebiet der durch Gnitzen übertragenen Blauzungenkrankheit. Es existieren Impfstoffe gegen die Serotypen 8 und 1. Da keine Kreuzimmunität gegeben ist, aber möglicherweise weitere Serotypen auftreten können, müssen die gefährdeten Wiederkäuer vor dem Stich durch Vektoren geschützt werden. Derzeit stehen keine Repellentien zur Verfügung, welche die Übertragung der Blauzungenkrankheit durch Gnitzen sicher verhindern können. Auch die einfache Aufstallung über Nacht bringt keinen ausreichenden Schutz, da einzelne Gnitzenarten endophag sind.

Ziel der Untersuchungen war es, die Wirksamkeit insektizidbehandelter Netze zum Schutz von Kälbern in Igluhaltung vor Gnitzen und anderen Lästlingsinsekten zu überprüfen. Zu diesem Zweck wurde ein Feldversuch auf einer Brandenburger Milchviehanlage, am Rande des Kremmener Luchs mit einem erwarteten hohen Gnitzenaufkommen, durchgeführt. In einem ersten Versuch wurden 3 Einheiten á 5 Kälberglus mit einem Deltamethrin-behandelten Polyesternetz (Wirkstoffgehalt 133 mg/m<sup>2</sup>) mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm vernetzt. Eine Einheit wurde komplett vernetzt, d.h. die Seitenwände und das Dach waren vollständig mit Netz verkleidet. Die beiden weiteren Einheiten waren nur teilweise vernetzt, d.h. nur die Seitenwände waren mit einem Netzzaun in der Höhe von 2 m bzw. 1,5 m versehen. Eine weitere Einheit ohne Netz diente als Kontrolle. Die Insektenfänge erfolgten mittels Biogents- Sentinel UV-Lichtfallen®, die innerhalb der Versuchseinheiten positioniert wurden. Die Gnitzenfänge erfolgten über zwei Wochen in den Nächten von Montag zu Dienstag und von Dienstag zu Mittwoch jeweils von 17 bis 9 Uhr. Wider Erwarten wurden in der komplett vernetzten Einheit die meisten Gnitzen gefangen. Das in diesem Versuch eingesetzte Netz mit der Maschenweite 2,0 x 2,0 mm erwies sich somit als nicht wirksam.

In einer weiterführenden Untersuchung wurde ein Lambda- Cyhalothrin- behandeltes Polyesternetz (Wirkstoffgehalt 200 mg/m<sup>2</sup>) mit einer Maschenweite von nur 1,6 x 1,7 mm eingesetzt. Eine Versuchseinheit wurde komplett vernetzt, eine zweite bis zu einer Höhe von 2 m. Die dritte Versuchseinheit wurde nicht vernetzt und diente als Kontrolle. Die Fangzeiten wurden auf vier Nächte pro Woche verdoppelt.

In den ersten beiden Wochen wurden im komplett vernetzten Bereich keine Gnitzen gefangen. In den folgenden Wochen drangen auch in diesen Bereich Gnitzen ein. Über den gesamten Versuchszeitraum ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen den Gnitzenfängen und dem Vernetzungsgrad. Die Gnitzen waren somit in der Lage auch diesen engmaschigen Netzprototypen zu durchdringen. Es lässt sich jedoch beim derzeitigen Kenntnisstand keine Aussage über eine Änderung ihres Verhaltens nach der Kontamination treffen.

Das mit Lambda- Cyhalothrin behandelte Netz mit der Maschenweite 1,6 x 1,7 mm führte allerdings zu einer signifikanten Reduktion der Befallsintensität der Kälber mit Fliegen, sowohl in der komplett als auch teilweise vernetzten Einheit. Die Vernetzung hatte einen deutlichen positiven Einfluss auf das Tierverhalten: Die Kälber in den komplett bzw. teilweise vernetzten Einheiten zeigten signifikant weniger Abwehrbewegungen. Über den gesamten Versuchszeitraum konnte sowohl bei den Schwarzbunten als auch bei den Kreuzungstieren kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Vernetzungsgrad und Gewichtszunahme nachgewiesen werden.

Die Testung der Wirkstoffpersistenz des Lambda-Cyhalothrin- behandelten Netzes erfolgte im Labor mit Hilfe der Testinsekten *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus*. Diese wurden den Netzproben, welche vor der Ausbringung und weiter im vierwöchigen Abstand auf dem Versuchsbetrieb entnommen wurden, für 10 Sekunden ausgesetzt. Der T 50 (Zeitpunkt, an dem 50% der Testinsekten paralysiert sind) diente als Kriterium für die Beurteilung der biologischen Wirksamkeit. Vor allem im Gnizenbioassay zeigte sich eine stetig steigende Paralysezeit. Demnach ließ die Wirkung des Wirkstoffes kontinuierlich nach. Zum Zweck der Netzoptimierung wurden weitere Bioassays mit Netzprototypen durchgeführt, welche sich bezüglich des Wirkstoffes (Deltamethrin, Lambda- Cyhalothrin), der Wirkstoffkonzentration (100, 200, 300 mg/m<sup>2</sup>) und der Ausrüstungsart (Emulsion, Mikroverkapselung) unterschieden. Dabei zeigte sich der Wirkstoff Lambda- Cyhalothrin in allen Konzentrationen überlegen. Der Wirkstoff Deltamethrin verursachte als Emulsion eine schnellere Paralyse der Testinsekten als in mikroverkapselter Form.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind vielversprechend. Es sollte versucht werden die Netzeigenschaften wie Maschenweite, Wirkstoff und Wirkstoffkonzentration sowie die Art der Netzausbringung in Hinsicht auf die Zielsetzung – Schutz vor Gnizen und Lästlingsinsekten bei erhöhtem Tierwohlbefinden – unter Einschluss der Betrachtung möglicher Umweltrisiken weiter zu optimieren.

## 7 Summary

### **Effectiveness of insecticide-treated mosquito fences protecting calves confined to igloos against biting midges and other nuisance insects**

Bluetongue disease (BTD) was for the first time detected in western Germany during 2006. The putative vectors of this disease are Palaearctic biting midges (*Culicoides* spp.). Since its first detection the disease has spread over the whole of Germany and also into neighbouring countries. A mandatory vaccination scheme was introduced during 2008 with the development of an inactivated vaccine against serotype 8. Worldwide there is an estimated number of 24 serotypes, hence the likelihood that other serotypes appear as is already the case in some Mediterranean countries. A first-line defence against the vectors is therefore required. Presently there are no authorized techniques or methods that could prevent the transmission of BTD by biting midges.

The aim of the present study was to investigate the efficacy of insecticide-treated nets (ITN) protecting calves in hutches against biting midges and nuisance insects. Therefore, a field trial was conducted on a dairy farm in Brandenburg. The farm is situated at the border of the Kremmener Luch, where a high density of biting midges was expected. For the first trial three units of five calves each were protected with a polyester net fence, mesh width 2.0 x 2.0 mm and pre-treated with deltamethrin (133 mg/m<sup>2</sup>) and a UV protection factor. One unit was completely protected; the other units were partially protected with 1.5 m or 2.0 m high net fences, respectively. A control unit remained unprotected. Midges were caught with one Biogents- Sentinel<sup>®</sup> UV Light trap per unit. All traps were activated for two subsequent nights per week from 5 pm till 9 am. Highest catches were recorded inside the completely protected unit. From the results it became evident that the used net did not prevent the midges from entering the protected units.

In a second trial a lambda-cyhalothrin treated net (200 mg/m<sup>2</sup>, mesh width 1.6 x 1.7 mm) was used. One unit was completely protected; the second was circumvented with a 2 m high fence and, as before, one unprotected unit serving as a control. Catches were performed during four consecutive nights.

No midges were caught in the completely protected unit during the first two weeks. The partial protection also resulted in lower catches when compared to the control unit. This difference did not persist during the subsequent weeks. Midges were again recorded in all units. The statistical evaluation over the whole period did not indicate a significant difference between the control and the completely or partially protected units.

The use of the lambda-cyhalothrin treated net led to a significant reduction of nuisance flies in both the completely and partially protected units. Calves in protected units showed

significantly fewer defensive movements. This did not, however, result in significant differences with regard to weight gains.

The insecticidal activity of the nets was monitored in the laboratory at monthly intervals with bioassays by using susceptible *Musca domestica* und *Culicoides nubeculosus*. Test insects were exposed to net samples for 10 seconds in glass vials or in the FlyBox<sup>®</sup>. The criterion for assessing the efficacy of the net sample was the T 50 value (the point in time at which 50% of all test insects were paralysed). The T 50 value increased, perhaps as a result of the exposure to sunlight and rain of the treated material. This was particularly the case for *C. nubeculosus*. As expected, weathering of the material resulted in a decrease of the active ingredient. Different netting prototypes with varying strengths of the active ingredients (deltamethrin and lambda-cyhalothrin, 100, 200 and 300 mg/m<sup>2</sup>) as well as formulations (emulsion and micro encapsulation) were also assessed. Lambda-cyhalothrin was found to result in a quicker paralysis in its varying concentrations than deltamethrin. Deltamethrin when applied as an emulsion formulation resulted in quicker paralysis than the micro-encapsulated formulation.

The results of the present work have shown some promising results, requiring further research and development. Emphasis needs to be put among others on fence height, mesh width, mechanical properties such as resistance to wind and visibility for the target insects. At the present state of knowledge it cannot be excluded that an evaluation of the efficacy of this technique is prejudiced by the size of space, ie, that midges because of their size are well able to cross the net. With a delay in paralysis they might then still be able to fly to the light trap although they are unable to display physiological behaviour.

## 8 Literaturverzeichnis

- Alexander, K.A., MacLachlan, N.J., Kat, P.W., House, C., O'Brien, S.J., Lerche, N.W., Sawyer, M., Frank, L.G., Holekamp, K., Smale, L., McNutt, J.W., Laurenson, M.K., Mills, M.G., Osburn, B.I., 1994, Evidence of natural bluetongue virus infection among African carnivores. *Am J Trop Med Hyg* 51, 568-576.
- Apperson, C.S., Yows, D.G., 1976, Laboratory evaluation of the activity of insect growth regulators against *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Mosq News* 36, 203-204.
- Baldet, T., Delecolle, J.C., Cetre-Sossah, C., Mathieu, B., Meiswinkel, R., Gerbier, G., 2008, Indoor activity of *Culicoides* associated with livestock in the bluetongue virus (BTV) affected region of northern France during autumn 2006. *Prev Vet Med* 87, 84-97.
- Barratt-Boyes, S.M., MacLachlan, N.J., 1994, Dynamics of viral spread in bluetongue virus infected calves. *Vet Microbiol* 40, 361-371.
- 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.
- Barzon, L., Squarzon, L., Cattai, M., Franchin, E., Pagni, S., Cusinato, R., Palu, G., 2009, West Nile virus infection in Veneto region, Italy, 2008-2009. *Euro Surveill* 14, 1-4.
- Bauer, B., Gitau, D., Oloo, F.P., Karanja, S.M., 2006, 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.
- Betke, P., Hiepe, T., Muller, P., Ribbeck, R., Schultka, H., Schumann, H., 1989, Biologische Bekämpfung von *Musca domestica* mittels *Ophyra aenescens* in Schweineproduktionsanlagen. *Monatsh Veterinarmed* 44, 842-844.
- Bishop, F., 1913, The Stable Fly (*Stomoxys calcitrans*) An important Livestock Pest. *J Econ Entomol* 6, 112-126.
- Blank, J., 2006, Die Wirkung eines Insektizid-behandelten Netzzaunes zum Schutz von Pferden gegen Weidefliegen. Dissertation. Freie Universität Berlin. Journal No. 3073.
- BlauzungenImpfStV, 2008, Verordnung über bestimmte Impfstoffe zum Schutz vor der Blauzungenkrankheit.  
[http://www.bmelv.de/cln\\_163/SharedDocs/Rechtsgrundlagen/B/Blauzungen-Impfstoffe.html;jsessionid=37FBB34010BC43AFC00486F088A04240](http://www.bmelv.de/cln_163/SharedDocs/Rechtsgrundlagen/B/Blauzungen-Impfstoffe.html;jsessionid=37FBB34010BC43AFC00486F088A04240).

- BMELV, 2009, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Allgemeines zur Blauzungenkrankheit und zur Impfung.  
[http://www.bmelv.de/cln\\_093/DE/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/Tierseuchen/Blauzungenkrankheit/blauzungenkrankheit\\_node.html](http://www.bmelv.de/cln_093/DE/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/Tierseuchen/Blauzungenkrankheit/blauzungenkrankheit_node.html).
- Bonneau, K.R., DeMaula, C.D., Mullens, B.A., MacLachlan, N.J., 2002, Duration of viraemia infectious to *Culicoides sonorensis* in bluetongue virus-infected cattle and sheep. *Vet Microbiol* 88, 115-125.
- Boorman, J., 1991, A review of *Culicoides* subgenus *Avaritia* species (Insecta, Diptera, Ceratopogonidae), vectors of viruses in sheep, cattle and horses, with particular reference to *Culicoides imicola* in Europe and the Mediterranean region. Report prepared for The Overseas Development Administration, 1-54.
- Boorman, J., 2009, A Guide to the British Culicoides.  
[www.iah.bbsrc.ac.uk/bluetongue/culicoides](http://www.iah.bbsrc.ac.uk/bluetongue/culicoides).
- Borkent, A., Wirth, W.W., 1997, World species of biting midges (Diptera: Ceratopogonidae). *Bull Am Mus Nat Hist* 233, 257 pp.
- Böse, R., Friedhoff, K.T., Olbrich, S., Buscher, G., Domeyer, I., 1987, Transmission of *Trypanosoma theileri* to cattle by Tabanidae. *Parasitol Res* 73, 421-424.
- 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.
- Braverman, Y., 1988, Preferred landing sites of *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) on a horse in Israel and its relevance to summer seasonal recurrent dermatitis (sweet itch). *Equine Vet J* 20, 426-429.
- 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 from the 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.
- Campbell, J.B., White, R.G., Wright, J.E., Crookshank, R., Clanton, D.C., 1977, Effects of stable flies on weight gains and feed efficiency of calves on growing or finishing rations. *J Econ Entomol* 70, 592-594.
- Carpenter, S., Eyres, K., McEndrick, I., Smith, L., Turner, J., Mordue, W., Mordue, A.J., 2005, Repellent efficiency of BayRepel against *Culicoides impunctatus* (Diptera: Ceratopogonidae). *Parasitol Res* 95, 427-429.
- 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., McArthur, C., Selby, R., Ward, R., Nolan, D.V., Luntz, A.J., Dallas, J.F., Tripet, F., Mellor, P.S., 2008a, Experimental infection studies of UK *Culicoides* species midges with bluetongue virus serotypes 8 and 9. *Vet Rec* 163, 589-592.

- Carpenter, S., Mellor, P.S., Torr, S.J., 2008b, Control techniques for *Culicoides* biting midges and their application in the U.K. and northwestern Palaeartic. *Med Vet Entomol* 22, 175-187.
- Carpenter, S., Szmaragd, C., Barber, J., Labuschagne, K., Gubbins, S., Mellor, P., 2008c, An assessment of *Culicoides* surveillance techniques in northern Europe: Have we underestimated a potential bluetongue virus vector? *J Appl Ecol* 45, 1237-1245.
- Chapman, H.C., Petersen, J.J., Woodard, D.B., Clark, T.B., 1968, New records of parasites of Ceratopogonidae. *Mosq News* 28, 122-123.
- Cheng, T.-H., 1958, The Effect of Biting Fly Control on Weight Gain in Beef Cattle. *J Econ Entomol* 51, 275-278.
- Clausen, P.H., Stephan, A., Bartsch, S., Jandowsky, A., Hoffmann-Kohler, P., Schein, E., Mehlitz, 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.
- Clement, J.B., W., Rogers, A.J., 1968, Tests of larvicides for control of salt-marsh sand flies *Culicoides*, 1967. *Mosq News* 28, 529-534.
- Conraths, F.J., Gethmann, J.M., Staubach, C., Mettenleiter, T.C., Beer, M., Hoffmann, B., 2009, Epidemiology of bluetongue virus serotype 8, Germany. *Emerg Infect Dis* 15, 433-435.
- Dahme, E., Weiss, E., Hafner, A., Hermanns, W., Käufer-Weiss, I., Pospischil, A., Reinacher, R., Schäffer, E., Schmahl, W., Schmidt, P., Teifke, J.P., 1999, Grundriß der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere, 5. Edition. Ferdinand Enke Verlag.
- Darpe, K., Oura, C., Mellor, P., 2008, Overwintering of BTV-8 in the UK and Northern Europe. Institute for Animal Health, Pirbright.
- Darpe, K.E., Batten, C.A., Veronesi, E., Shaw, A.E., Anthony, S., Bachanek-Bankowska, K., Kgosana, L., Bin-Tarif, A., Carpenter, S., Muller-Doblies, U.U., Takamatsu, H.H., Mellor, P.S., Mertens, P.P., Oura, C.A., 2007, Clinical signs and pathology shown by British sheep and cattle infected with bluetongue virus serotype 8 derived from the 2006 outbreak in northern Europe. *Vet Rec* 161, 253-261.
- Davies, M., Keiding, J., Hofsten, C.G., 1958, Resistance to pyrethrins and to pyrethrins - piperonyl butoxide in a wild strain of *Musca domestica* L. in Sweden. *Nature* 182, 1816-1817.
- De Clercq, K., Vandenbussche, F., Vandemeulebroucke, E., Vanbinst, T., De leeuw, I., Verheyden, B., Goris, N., Mintiens, K., Meroc, E., Herr, C., Hooybergs, J., Houdart, P., Sustronck, B., De Deken, R., Maquet, G., Bughin, J., Saulmont, M., Lebrun, M., Bertels, G., Steurbaut, N., Miry, C., 2008, Transplacental bluetongue infection in Belgium.  
[http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/controlmeasures/transplacental\\_inf.pdf](http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/controlmeasures/transplacental_inf.pdf).
- DeMaula, C.D., Leutenegger, C.M., Bonneau, K.R., MacLachlan, N.J., 2002, The role of endothelial cell-derived inflammatory and vasoactive mediators in the pathogenesis of bluetongue. *Virology* 296, 330-337.
- Deutscher Wetterdienst, 2009, Klimadaten Deutschland; Monatswerte.  
<http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop>.

- Dijk, A.A., Huismans, H., 1982, The effect of temperature on the in vitro transcriptase reaction of bluetongue virus, epizootic haemorrhagic disease virus and African horsesickness virus. *Onderstepoort J Vet Res* 49, 227-232.
- Dijkstra, E., Ven, I.J., Meiswinkel, R., Holzel, D.R., Rijn, P.A., 2008, *Culicoides chiopterus* as a potential vector of bluetongue virus in Europe. *Vet Rec* 162, 422-423.
- Dirksen, G., Gründer, H.-D., Stöber, M., 2002, Innere Medizin und Chirurgie des Rindes, 4. Edition. Parey Buchverlag, 366-368.
- Doherty, W.M., Bishop, A.L., Melville, L.F., Johnson, S.J., Bellis, G.A., Hunt, N.T., 2004, Protection of cattle from *Culicoides* spp. in Australia by shelter and chemical treatments. *Vet Ital* 40, 320-323.
- Dohnal, J., Blinn, J., Wahl, G., Schulz-Key, H., 1990, Distribution of microfilariae of *Onchocerca lienalis* and *Onchocerca gutturosa* in the skin of cattle in Germany and their development in *Simulium ornatum* and *Culicoides nubeculosus* following artificial infestation. *Vet Parasitol* 36, 325-332.
- 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.
- ECDC, 2007, European Centre for Disease Prevention and Control, Meeting report. in Environmental Change and Infectious Diseases workshop, Stockholm, 29.-30.März 2007.
- Eckert, J., Friedhoff, K.T., Zahner, H., Deplazes, P., 2008, Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin, 2. Edition. Enke Verlag.
- EFSA, 2007, European Food Safety Authority, Scientific opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the Commission (EFSA-Q-2006-311) and EFSA Selfmandate (EFSA-Q-2007-063) on Bluetongue. *The EFSA Journal* 479/480.
- EFSA, 2008, European Food and Safety Authority, Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission (DG SANCO) on Bluetongue. *The EFSA Journal* 735, 1-69.
- EG-Blauzungenbekämpfung- Durchführungs-VO, 2008, Verordnung zur Durchführung gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Maßnahmen zur Bekämpfung, Überwachung und Beobachtung der Blauzungenkrankheit  
<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Service/Rechtsgrundlagen/Blauzungenbekaempfung-DurchfuehrungsVO.pdf>.
- Elbers, A.R., Backx, A., Ekker, H.M., Spek, A.N., Rijn, P.A., 2008a, 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.
- Elbers, A.R., Backx, A., Mintiens, K., Gerbier, G., Staubach, C., Hendrickx, G., Spek, A.v.d., 2008b, Field observations during the Bluetongue serotype 8 epidemic in 2006. *Prev Vet Med* 87, 31-40.
- European Commission, Directorate General for 'Health and Consumers', 2009, Bluetongue.  
[http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/controlmeasures/bluetongue\\_en.htm](http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/controlmeasures/bluetongue_en.htm).
- FLI, 2008a, Blauzungenkrankheit in Deutschland.  
[http://www.fli.bund.de/253.html?&no\\_cache=1&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=297](http://www.fli.bund.de/253.html?&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=297).

- FLI, 2008b, Information zur Blauzungenerkrankung.  
[http://www.fli.bund.de/uploads/media/FLI\\_Blauzungenerkrankung\\_0807.pdf](http://www.fli.bund.de/uploads/media/FLI_Blauzungenerkrankung_0807.pdf).
- FLI, 2008c, Informationen zur bovinen Besnoitose.  
[http://www.fli.bund.de/uploads/media/InfoBes1008\\_gs\\_fjc\\_er\\_hc\\_ng.pdf](http://www.fli.bund.de/uploads/media/InfoBes1008_gs_fjc_er_hc_ng.pdf).
- Floore, T.G., 1985, Laboratory wind tunnel tests of nine insecticides against adult *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae). 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.
- Foster, N.M., Jones, R.H., Luedecke, A.J., 1968, Transmission of attenuated and virulent bluetongue virus with *Culicoides variipennis* infected orally via sheep. Am J Vet Res 19, 275-279.
- Freeborn, S.B., Regan, M., Folger, A.H., 1925, The relation of flies and fly sprays to milk production. J Econ Entomol 18, 779-790.
- Frey, H.-H., Löscher, W., 2002, Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie für die Veterinärmedizin, 2. Edition. Enke Verlag.
- Fu, H., Leake, C.J., Mertens, P.P., Mellor, P.S., 1999, The barriers to bluetongue virus infection, dissemination and transmission in the vector, *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). Arch Virology 144, 747-761.
- Geiser, F., 2002, Anaplasmosis und IBR in Graubünden 2002. BVET Magazin, Bundesamt für Veterinärwesen, Bern 5/2002.
- GESTIS-Stoffdatenbank, 2009, [www.biade.itrust.de](http://www.biade.itrust.de).
- Gibbs, E.P., Lawman, M.J., Herniman, K.A., 1979, Preliminary observations on transplacental infection of bluetongue virus in sheep—a possible overwintering mechanism. Res Vet Sci 27, 118-120.
- Goffredo, M., Romeo, G., Monaco, F., Gennaro, A.d., 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.
- Heimberg, P., 2008, Blauzungenerkrankung bei Rind, Schaf, Ziege - Klinik, Schäden, Verluste, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.  
<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/tiergesundheit/pdf/2008-11-10-blauzungenerkrankung.pdf>.
- Heitland, W., 2009, online Skript: "Insekten".  
[http://www.faunistik.net/DETINVERT/introduction\\_fr.html](http://www.faunistik.net/DETINVERT/introduction_fr.html).
- Henrich, M., Reinacher, M., Hamann, H.P., 2007, Lethal bluetongue virus infection in an alpaca. Vet Rec 161, 764.
- Hiepe, T., Ribbeck, R., 1982, Lehrbuch der Parasitologie, Band 4: Veterinärmedizinische Arachno-Entomologie, Gustav Fischer Verlag.
- Hiepe, T., Lucius, R., Gottstein, B., 2006, Allgemeine Parasitologie, 1. Edition. Parey Verlag.

- Hoffmann, A., Cußler, K., 2009, Impfkampagne zur Bekämpfung der Blauzungenkrankheit. Dtsch Tierarztlbl 57, 166-168.
- 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 in Germany. Emerg Infect Dis 15, 1481-1484.
- 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. Emerg Infect Dis 14, 1855-1861.
- Hogsette, J.A., Jacobs, R.D., 1999, Failure of *Hydrotaea aenescens*, a larval predator of the housefly, *Musca domestica*, to establish in wet poultry manure on a commercial farm in Florida, USA. Med Vet Entomol 13, 349-354.
- Holbrook, F.R., 1994, Survival, fecundity, and egg fertility of *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) fed on calves inoculated with ivermectin. J Am Mosq Control Assoc 10, 7-9.
- Holbrook, F.R., Mullens, B.A., 1994, Effects of ivermectin on survival, fecundity, and egg fertility in *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). J Am Mosq Control Assoc 10, 70-73.
- Höreth-Böntgen, D., 2009, Exotische Tierseuchen - Worauf sollten wir uns vorbereiten? in bpt-Kongress-Vortragsband, Nürnberg, 1.-4. Oktober 2009, 112-118.
- Hower, A.A.J., Cheng, T.H., 1972, A field-cage study of feeding behavior of the face fly on dairy cattle. J Econ Entomol 65, 602-604.
- Hribar, L.J., Murphree, C.S., 1987, *Heleidomermis* sp. (Nematoda: Mermithidae) infecting *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) in Alabama. J Am Mosq Control Assoc 3, 332.
- Institute for Animal Health, 2009, Bluetongue in Europe.  
<http://www.bluetonguevirus.org/about-bluetongue/bluetongue-in-europe>.
- 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., 2009, Vorkommen und Verbreitung von Insektizidresistenzen bei Fliegen (*Musca domestica*) in Milchviehbetrieben im Bundesland Brandenburg, Deutschland. Dissertation, Freie Universität Berlin, Journal No. 3340.
- Jandowsky, A., Schein, E., Clausen, P.-H., Bauer, B., 2009, Vorkommen und Verbreitung von Insektizidresistenzen bei Fliegen (*Musca domestica*) in Milchviehbetrieben Brandenburgs. in Tagung der DVG- Fachgruppe "Parasitologie und parasitäre Krankheiten", Leipziger Blaue Hefte, Leipzig.
- 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, 590-598.

- Jones, R.H., Foster, N.M., 1974, Oral infection of *Culicoides variipennis* with bluetongue virus: development of susceptible and resistant lines from a colony population. J Med Entomol 11, 316-323.
- Jones, R.H., Foster, N.M., 1978, Heterogeneity of *Culicoides variipennis* field populations to oral infection with bluetongue virus. Am J Trop Med Hyg 27, 178-183.
- Jost, M.F., Krieg, A., 1976, Biologische Schädlingsbekämpfung, 2. Edition. Parey Verlag.
- Kelson, R.V., Colwell, A.E., McClusky, D.K., 1980, Studies of *Culicoides occidentalis* at Borax Lake, California. in Proceedings and papers of the Forty-eighth Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association 1980, 130-135.
- Kettle, D.S., 1972, The biting habits of *Culicoides furens* (Poey) and *C. barbosai* Wirth & Blanton. Seasonal cycle, with a note on the relative importance of ten factors that might influence the biting rate. Bull Entomol Res 61, 565-576.
- Kettle, D.S., Lawson, J.W.H., 1952, The early Stages of British Biting Midges *Culicoides* Latreille (Diptera : Ceratopogonidae) and allied Genera. Bull Entomol Res 43, 421-467.
- Kline, D.L., Haile, D.G., Baldwin, K.F., 1981, Wind Tunnel Tests with 7 Insecticides against Adult *Culicoides mississippiensis*. Mosq News 41, 745-747.
- Lacey, L.A., Kline, D.L., 1983, Laboratory bioassay of *Bacillus thuringiensis* (H-14) against *Culicoides* spp. and *Leptoconops* spp. (Ceratopogonidae). Mosq News 43, 502-503.
- Liebisch, A., Liebisch, G., 2007, Biology and control of midges of the genus *Culicoides* as vectors of bluetongue in Germany. Prakt Tierarzt 88, 440-449.
- Liebisch, A., Liebisch, G., Heine, S., Thienel, S., Hinrichs, P., 2008a, Field study and in vitro essay of permethrin-impregnated ear tags (Auriplak®) in cattle for control of midges (*Culicoides*) and bluetongue virus. Prakt Tierarzt 89, 128-141.
- Liebisch, G., Krieger, K., Heine, S., Thienel, S., Hinrichs, P., Liebisch, A., 2008b, Bayofly® Pour-on (cyfluthrin) in dairy cows and heifers for control of biting midges (Diptera: *Culicoides*) vectors of bluetongue virus: field trials and bioassay. Prakt Tierarzt 89, 411-426.
- Liebisch, G., Liebisch, A., 2008, Efficacy of Flectron®-eartags (cypermethrin) for control of midges (*Culicoides*) the vectors of bluetongue virus in cattle: field studies and bioassays. Dtsch Tierarztl Wochenschr 115, 220-230.
- Linden, A., Mousset, B., Gregoire, F., Hanrez, D., Vandenbussche, F., Vandemeulebroucke, E., Vanbinst, T., Verheyden, B., de Clerck, K., 2008, Bluetongue virus antibodies in wild red deer in southern Belgium. Vet Rec 162, 459.
- Linley, J.R., Jordan, S., 1992, Effects of ultra-low volume and thermal fog malathion, Scourge and naled applied against caged adult *Culicoides furens* and *Culex quinquefasciatus* in open and vegetated terrain. J Am Mosq Control Assoc 8, 69-76.
- Löscher, W., Ungemach, F.R., Kroker, R., 2006, Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren, 7. Edition. Parey Buchverlag.

- 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.
- Luhring, K.A., Mullens, B.A., 1997, Improved rearing methods for *Heleidomermis magnapapula* (Nematoda: Mermithidae), a larval parasite of *Culicoides variipennis sonorensis* (Diptera: Ceratopogonidae). *J Med Entomol* 34, 704-709.
- MacLachlan, N.J., 1996, Bluetongue virus infection of postnatal cattle. in Bluetongue disease in Southeast Asia and the Pacific, Proceedings of the First Southeast Asia and Pacific Regional Bluetongue Symposium, Kunming, China, 22-24 August 1995, 239-243.
- MacLachlan, N.J., Nunamaker, R.A., Katz, J.B., Sawyer, M.M., Akita, G.Y., Osburn, B.I., Tabachnick, W.J., 1994, Detection of bluetongue virus in the blood of inoculated calves: comparison of virus isolation, PCR assay, and in vitro feeding of *Culicoides variipennis*. *Arch Virol* 136, 1-8.
- MacLachlan, N.J., Osburn, B.I., 1983, Bluetongue virus-induced hydranencephaly in cattle. *Vet Pathol* 20, 563-573.
- MacLachlan, N.J., Osburn, B.I., 2008, Induced brain lesions in calves infected with bluetongue virus. *Vet Rec* 162, 490-491.
- MacLachlan, N.J., Osburn, B.I., Ghalib, H.W., Stott, J.L., 1985a, Bluetongue virus-induced encephalopathy in fetal cattle. *Vet Pathol* 22, 415-417.
- MacLachlan, N.J., Osburn, B.I., Stott, J.L., Ghalib, H.W., 1985b, Orbivirus infection of the bovine fetus. *Prog Clin Biol Res* 178, 79-84.
- Maia, M., 2009, Impact of insecticide-treated nets protecting cattle in zero-grazing units on nuisance and biting insects in the forest region of Kumasi, Ghana. Dissertation, Freie Universität Berlin, Journal No. 3298.
- 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.
- Mands, V., Kline, D.L., Blackwell, A., 2004, *Culicoides* midge trap enhancement with animal odour baits in Scotland. *Med Vet Entomol* 18, 336-342.
- Mauroy, A., Guyot, H., De Clercq, K., Cassart, D., Thiry, E., Saegerman, C., 2008, Bluetongue in captive yaks. *Emerg Infect Dis* 14, 675-676.
- 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, 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, 79-86.
- Meier, N., 2009, Besnoitose bei Rindern in Deutschland beobachtet. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, <http://www.lgl.bayern.de/tiergesundheit/besnoitose.htm>.
- 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., Run, P.v., 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, in Bluetongue viruses. Springer-Verlag, 143-161.
- Mellor, P.S., 2000, Replication of arboviruses in insect vectors. *J Comp Pathol* 123, 231-247.
- Mellor, P.S., Boorman, J., 1980, Multiplication of bluetongue virus in *Culicoides nubeculosus* (Meigen) simultaneously infected with the virus and the microfilariae of *Onchocerca cervicalis* (Railliet & Henry). *Ann Trop Med Parasitol* 74, 463-469.
- Mellor, P.S., Boorman, J., Baylis, M., 2000, *Culicoides* biting midges: their role as arbovirus vectors. *Annu Rev Entomol* 45, 307-340.
- Menzies, F.D., McCullough, S.J., McKeown, I.M., Forster, J.L., Jess, S., Batten, C., Murchie, A.K., Gloster, J., Fallows, J.G., Pelgrim, W., Mellor, P.S., Oura, C.A., 2008, Evidence for transplacental and contact transmission of bluetongue virus in cattle. *Vet Rec* 163, 203-209.
- Miller, R.W., Pickens, L.G., Morgan, N.O., Thimijan, R.W., Wilson, R.L., 1973, Effect of stable flies on feed intake and milk production of dairy cows. *J Econ Entomol* 66, 711-713.
- Müller, W., Schlenker, G., 2004, Kompendium der Tierhygiene, 2. Edition. Lehmanns Media.
- 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., Lii, K.S., Mao, Y., Meyer, J.A., Peterson, N.G., Szijj, C.E., 2006, Behavioural responses of dairy cattle to the stable fly, *Stomoxys calcitrans*, in an open field environment. *Med Vet Entomol* 20, 122-137.
- Mullens, B.A., Tabachnick, W.J., Holbrook, F.R., Thompson, L.H., 1995, Effects of temperature on virogenesis of bluetongue virus serotype 11 in *Culicoides variipennis sonorensis*. *Med Vet Entomol* 9, 71-76.
- 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.

- Nason, E.L., Rothagel, R., Mukherjee, S.K., Kar, A.K., Forzan, M., Prasad, B.V., Roy, P., 2004, Interactions between the inner and outer capsids of bluetongue virus. *J Virol* 78, 8059-8067.
- Nevill, E.M., 1971, Cattle and *Culicoides* biting midges as possible overwintering hosts of bluetongue virus. *Onderstepoort J Vet Res* 38, 65-71.
- Nielsen, B.O., Christensen, O., 1975, A mass attack by the biting midge *Culicoides nubeculosus* (Mg.) (Diptera, Ceratopogonidae) on grazing cattle in Denmark. A new aspect of sewage discharge. *Nord Vet Med* 27, 365-372.
- O`Connell, L., 2002, Entomological aspects of the transmission of arboviral diseases by *Culicoides* biting midges. Dissertation. University of Bristol.
- OIE, 2008, Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals. [http://www.oie.int/eng/normes/mmanual/A\\_INDEX.HTM](http://www.oie.int/eng/normes/mmanual/A_INDEX.HTM).
- OIE, 2009, Bluetongue. [http://www.oie.int/eng/maladies/en\\_alpha.htm?e1d7](http://www.oie.int/eng/maladies/en_alpha.htm?e1d7).
- Olbrich, S., 1987, Untersuchungen zur Biologie von Gnitzen der Gattung *Culicoides* Latreille an Weiderindern in Norddeutschland. Dissertation. Universität Hannover.
- Paul Ehrlich Institut, 2009, Impfungen gegen die Blauzungenkrankheit. [http://www.pei.de/cln\\_115/nn\\_154420/DE/infos/tieraerzte/pharm-vet/spez-infos-vet-mittel-sik/impf-blauzungenkrankheit.html?nnn=true](http://www.pei.de/cln_115/nn_154420/DE/infos/tieraerzte/pharm-vet/spez-infos-vet-mittel-sik/impf-blauzungenkrankheit.html?nnn=true).
- Porter, J.E., 1959, Some effects of screens in retarding entry of the common salt marsh fly *Culicoides furens* (Poey). *Mosq News* 19, 159-163.
- 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.
- Rodeia, S.P., Deluyker, H., Pfeiffer, D.U., Salman, M.D., 2008, The bluetongue outbreak in North-West Europe: the outcome from the epidemiological investigation coordinated by the European Food Safety Authorities (EFSA). *Prev Vet Med* 87, 1-3.
- Rohrmann, K.M.A., 2009, Die Wirksamkeit insektizidbehandelter Netze zum Schutz von Rindern vor Gnitzen und Lästlingsinsekten in Milchviehstallungen. Dissertation. Freie Universität Berlin, Journal No. 3344.
- Roy, P., Bishop, D.H., LeBlois, H., Erasmus, B.J., 1994, Long-lasting protection of sheep against bluetongue challenge after vaccination with virus-like particles: evidence of homologous and partial heterologous protection. *Vaccine* 12, 805-811.
- Saegerman, C., Berkvens, D., Mellor, P.S., 2008, Bluetongue epidemiology in the European Union. *Emerg 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., 2009, Pilot study on deltamethrin treatment (Butox<sup>®</sup> 7.5, Versatrine<sup>®</sup>) of cattle and sheep against midges (*Culicoides* species, Ceratopogonidae). *Parasitol Res* 104, 809-813.

- 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.
- Schnieder, T., Bauer, C., Boecking, O., Conraths, F.J., Dauschies, A., Deplazes, P., Körting, W., Mutschmann, F., Pfister, K., Prosl, H., Rehbein, S., von Samson-Himmelstjerna, G., Tenter, A.M., Zahler-Rinder, M., 2006, *Veterinärmedizinische Parasitologie*, 6. Edition. Paray Verlag.
- 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, 39-46.
- Semenza, J.C., Menne, B., 2009, Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infect Dis* 9, 365-375.
- Standfast, H.A., Muller, M.J., Wilson, D.D., 1984, Mortality of *Culicoides brevitarsis* (Diptera, Ceratopogonidae) fed on Cattle treated with Ivermectin. *J Econ Entomol* 77, 419-421.
- Takahashi, K., Yagi, K., Hattori, K., 1985, The effects of two insect growth regulators on the biting midges, *Culicoides circumscriptus* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae). *Esei Dobutsu* 36, 353-355.
- Takamatsu, H., Mellor, P.S., Mertens, P.P., Kirkham, P.A., Burroughs, J.N., Parkhouse, R.M., 2003, A possible overwintering mechanism for bluetongue virus in the absence of the insect vector. *J Gen Virol* 84, 227-235.
- 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, 41-54.
- Taylor, M.A., Coop, R.L., Wall, R.L., 2007, *Veterinary Parasitology*, 3. Edition. Blackwell Publishing.
- Taylor, W.G., Danielson, T.J., Spooner, R.W., Golsteyn, L.R., 1994, Pharmacokinetic assessment of the dermal absorption of N,N-diethyl-m-toluamide (DEET) in cattle. *Drug Metab Dispos* 22, 106-112.
- TierSeuchAnzV, 2004, Verordnung über anzeigepflichtige Tierseuchen in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2004
- TierSG, 2007, Tierseuchengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Juni 2004.
- Tischer, M., 2006, Fliegen sind lästig und übertragen Krankheiten. *Tiergesundheit aktuell* 2, 4-6.
- Titchenor, R.N., Berlyn, A.D., Newbold, J.W., 1976, The prevalence and control of the sheep headfly, *Hydrotaea irritans*. in *Proceedings, Eighth British Insecticide and Fungicide Conference*, 533-538.
- Universität Zürich, 2009, Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, <http://www.vetpharm.uzh.ch/>.
- Valentine, W.M., 1990, Toxicology of selected pesticides, drugs, and chemicals. Pyrethrin and pyrethroid insecticides. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 20, 375-382.
- Vetidata, 2009, Universität Leipzig, [www.vetidata.de](http://www.vetidata.de).

- Waldvogel, A.S., Anderson, G.A., Phillips, D.L., Osburn, B.I., 1992a, Association of virulent and avirulent strains of bluetongue virus serotype 11 with premature births of late-term bovine fetuses. *J Comp Pathol* 106, 333-340.
- Waldvogel, A.S., Anderson, G.A., Phillips, D.L., Osburn, B.I., 1992b, Infection of bovine fetuses at 120 days' gestation with virulent and avirulent strains of bluetongue virus serotype 11. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 15, 53-63.
- Warnes, M.L., Finlayson, L.H., 1987, Effect of host behaviour on host preference in *Stomoxys calcitrans*. *Med Vet Entomol* 1, 53-57.
- Werner, D., Kampen, H., 2007, An information pamphlet on the morphology, life history and distribution of biting midges together with data on the damage and epidemiology caused by bluetongue disease in Germany. *Stud Dipterol* 14, 231-257.
- Wetzel, H., 1972, Die Bedeutung von *Musca autumnalis* als Krankheitsüberträger. *Parasitol Res* 39, 71-72.
- 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.
- WHO, 1991, *The House Fly, Training and Information Guide*.
- Wilson, A., Mellor, P., 2009, Bluetongue in Europe: vectors, epidemiology and climate change. *Parasitol Res* 104, 489.
- Wouda, W., Roumen, M.P.H., Peperkamp, N.H.M., Vos, J.H., Garderen, E.v., Muskens, J., 2008, Hydranencephaly in calves following the bluetongue serotype 8 epidemic in the Netherlands. *Vet Rec* 162, 422-423.
- Wright, P.J., Easton, C.S., 1996, Natural incidence of *Lagenidium giganteum* Couch (Oomycetes: Lagenidiales) infecting the biting midge *Culicoides molestus* (Skuse) (Diptera: Ceratopogonidae). *Aust J Entomol* 35, 131-134.
- Wulfsberg, S., 1989, Freilanduntersuchungen zum Befall von Pferden mit Gnitzen in Norddeutschland. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Zimmer, J.Y., Haubruge, E., Francis, F., Bortels, J., Simonon, G., Losson, B., Mignon, B., Paternostre, J., De Deken, R., De Deken, G., Deblauwe, I., Fassotte, C., Cors, R., Defrance, T., 2008, Breeding sites of bluetongue vectors in northern Europe. *Vet Rec* 162, 131.

## Veröffentlichungen

Teile der vorliegenden Dissertation wurden bereits veröffentlicht:

- Clausen, P.-H., Bauer, B., Mehlitz, D., Rohrmann, K.M.A., Geerike, N., Schein, E., Körber, M., Bodmeier, R., Mathis, R., Mauer, W., Frenzel, K., Rössler, B., Peters, K.-J., 2008, Insektizidbehandelte Netze zur Bekämpfung von tiermedizinisch bedeutenden Vektorensuchen. Tagung der DVG- Fachgruppe „Parasitologie und parasitäre Krankheiten“ Diagnostik, Epidemiologie und Bekämpfung von Parasitosen bei Nutz-, Haus- und Heimtieren, Supplement zum Vet-MedReport, Sonderausgabe V3, 9.-11. Juli 2008, Wiley-Blackwell, ISBN: 1862-4073, Abstract S. 20.
- Clausen, P.-H., Bauer, B., Mehlitz, D., Rohrmann, K.M.A., Geerike, N., Schein, E., Körber, M., Bodmeier, R., Mathis, R., Mauer, W., Frenzel, K., Rössler, B., Peters, K.J., 2008, Insektizidbehandelte Netze zum Schutz von Rindern vor der Blauzungkrankheit. Tagungsband 7. Berlin-Brandenburgischer Rindertag, 9.-11. Oktober 2008, Mensch & Buch Verlag, ISBN: 978-3-86664-469-4, S.17.
- Rohrmann, K. M. A., Geerike, N., Clausen, P.-H., Bauer, B., Mehlitz, D., Schein, E., Mathis, R., Mauer, W., Frenzel, K., Rößler, B., Peters, K. J., 2009, Insektizidbehandelte Netze zur Bekämpfung von tiermedizinisch bedeutenden Vektorensuchen. Leipziger Blaue Hefte: Proceedings der Tagung der DVG- Fachgruppe „Parasitologie und parasitäre Krankheiten“ Diagnostik, Epidemiologie und Bekämpfung von Parasitosen bei Nutz-, Haus-, und Heimtieren, 17.-19. Juni 2009, ISBN 978-3-86583-377-8, Abstract 5.

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. P.-H. Clausen für die Überlassung des Themas, die gewährte Unterstützung und seine unglaubliche Geduld bei der Korrektur dieser Arbeit.

Ich bedanke mich auch bei Herrn Prof. Dr. D. Mehlitz und Herrn Dr. B. Bauer für die fachliche Beratung und die gern genutzte Möglichkeit des Gedankenaustausches.

Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Dr. E. Schein und Herrn Prof. Dr. G. von Samson-Himmelstjerna und den Mitarbeitern des Instituts für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin für ihre Herzlichkeit und Hilfsbereitschaft.

Dieser Dissertation liegt ein Projekt zugrunde, welches vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gefördert wurde. Ich bedanke mich für die gewährte finanzielle Unterstützung.

Für die Durchführung des Projektes war die Zusammenarbeit mit Landwirten, welche ihre Betriebe und ihre Arbeitskraft zur Verfügung stellten, unabdingbar. Ich danke ganz besonders der Milchviehanlage Kremmen GmbH & Co. KG, insbesondere Ute Stephan.

Dem Umweltbundesamt in Berlin, und dem Institute for Animal Health, Pirbright, England, danke ich für das Überlassen der Zuchtinsekten.

Herrn Dr. K. Frenzel, Tiergesundheitsdienst Bayern, und Frau Dr. B. Rößler, Humboldt Universität zu Berlin, danke ich für die freundliche Zusammenarbeit.

Den Mitarbeiter des Instituts für Biometrie und Informationsverarbeitung danke ich für die geduldige Beratung und zeitnahe Hilfe.

Karen Rohrmann, Anja Stephan, Anabell Jandowsky und Jasmin-Isabell Michutta, welche ich stolz als Freunde bezeichnen darf, danke ich vor allem für die seelische und moralische Unterstützung.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie. Meinen lieben Eltern danke ich für ihr grenzenloses Vertrauen, ihren Rückhalt und die stets gewährte Unterstützung in jeder Hinsicht. Ich danke meinem Partner Jan, welcher, ebenso wie mein Sohn Nils, auf vieles verzichten musste und mir jederzeit Ansporn und Anlehnung bot.

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, Nicol Geerike, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur auf Grundlage der angegebenen Hilfsmittel und Literaturstellen verfasst zu haben.

Bernau, den 27.12.2010