

2 Literaturübersicht

2.1 Vorkommen und Bedeutung von Dipteren beim Pferd

Nach ROMMEL et al. (2000) sind die beim Pferd vorkommenden Dipteren systematisch wie folgt einzuordnen.

Klasse:	Insecta
Unterklasse:	Pterygota (Fluginsekten)
Sektion B:	Pterygota mit vollkommener Metamorphose
Ordnung:	Diptera (Zweiflügler)
Unterordnung:	Nematocera
	Familie: Culicidae Gattung: Aedes, Anopheles, Culex
	Familie: Simuliidae Gattung: Simulium, Prosimulium, Twinnia
	Familie: Ceratopogonidae Gattung: Culicoides
Unterordnung:	Brachicera
	Familie: Tabanidae Gattung: Tabanus, Chrysops, Haematopota, Hybomitra
	Familie: Muscidae Gattung: Musca, Haematobia, Stomoxys, Hydrotaea
	Familie: Hippoboscidae Gattung: Hippobosca
	Familie: Oestridae Gattung: Oestrus, Gastrophilus

2.1.1 Culicidae (Stechmücken)

Stechmücken sind 4 bis 10 mm lange, schlank und zierlich gebaute Insekten mit langen Beinen und stark geäderten Flügeln (FUHRMANN, 1986). Bei den meisten Arten sind die Flügeladern und die hinteren Flügelränder mit Schuppen und Haaren bedeckt. Charakteristisch ist der lange Stechrüssel, der jedoch bei den Männchen zurückgebildet ist und nur zur Aufnahme von Wasser und Pflanzensäften dient. Die Antennen der Männchen sind mit langen Haaren besetzt. Die Weibchen der Culicidae sind Blutsauger. Sie besitzen eine geringe Wirtsspezifität und befallen Säuger, Vögel, Amphibien und Reptilien (HEITLAND, 2004).

Die Entwicklung der Culicidae ist an das Vorhandensein von Wasser gebunden. Die Weibchen setzen bis zu 30 Gelege von jeweils 100-400 Eiern entweder direkt auf die Wasseroberfläche von stehenden oder schwach bewegten Gewässern ab (Culex-Arten in Form von Gelegeschiffchen, Anopheles-Arten legen ihre Eier einzeln ab) (KUTZER, 2000 b), oder heften sie an Gegenstände, z.B. Schilf, Hölzer oder Gräser knapp über der Wasseroberfläche (Aedes-Arten).

Die Embryonalentwicklung dauert 2 bis 8 Tage. Danach folgen vier Larvenstadien. Die Larven sind meist transparent. Diese Entwicklung kann bis zu vier Wochen dauern und endet mit der Umwandlung in eine Puppe. Die Puppenruhe ist mit durchschnittlich 3-4 Tagen relativ kurz (FUHRMANN, 1986). Die Gesamtentwicklung bei Sommertemperaturen benötigt bei Aedes-Arten 10-15 Tage (KUTZER, 2000 b), bei Anopheles-Arten 10-31 Tage und bei Culex-Arten 7-17 Tage (FUHRMANN, 1986).

Culex-Weibchen überwintern in Scheunen und Kellern, *Anopheles* spp. als Larve und *Aedes* spp. in der Regel im Eistadium in bewachsenen Teilen von Gewässern (KUTZER, 2000 b; FUHRMANN, 1986).

Je nach Mückenart und Umweltbedingungen können im Jahr bis zu vier Generationen heranwachsen.

Die veterinärmedizinisch wichtigsten in Deutschland vorkommenden Stechmückenarten sind *Aedes dorsalis*, *Aedes maculatus*, *Aedes vexans*, *Anopheles claviger*, *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens* (Hausmücke) und

Culex territans (KUTZER, 2000 b).

Aedes-Arten sind tag- bzw. dämmerungsaktive Wald- und Wiesenmücken und können zu massiven Belästigungen der Weidetiere führen, *Culex* spp. und *Anopheles* spp. sind nachtaktiv, bevorzugen Rinderställe und können hier Beunruhigungen auslösen (KUTZER, 2000 b). Der Stich kann allergische Reaktionen auslösen.

Viele Mücken-Arten übertragen Krankheiten. *Aedes ägypti* ist für die Übertragung des Gelbfiebers verantwortlich, ca. 70 *Anopheles* spp. sind Vektoren der Malaria (HEITLAND, 2004).

2.1.2 Simuliidae (Kriebelmücken)

Kriebelmücken sind ca. 2-5 mm messende, dunkelgefärbte, ubiquitär vorkommende Insekten mit 9 bis 13-gliedrigen kurzen Fühlern und viergliedrigen Tastern (KUTZER, 2000 b). Sie sind von fliegenähnlicher gedrungener Gestalt mit kurzen Beinen und breiten Flügeln. In der Seitenansicht verleiht der stark entwickelte Mesothorax ihnen ein buckliges Aussehen. Die Mundwerkzeuge sind zum Teil stark reduziert, beide Geschlechter besitzen einen Stechapparat, wobei der des Männchens nicht die Haut der Wirtstiere durchbrechen kann. Die Männchen ernähren sich von Pflanzensäften (FUHRMANN, 1986). Die Weibchen der hämatophagen Arten benötigen zur Eientwicklung eine Blutmahlzeit und besitzen Mundwerkzeuge mit kräftigen klingenförmigen Stechborsten, welche flächige stark blutende Wunden erzeugen. Die Wirtsfindung erfolgt olfaktorisch, optisch und durch Wärmeabstrahlung (HEITLAND, 2004). Das Vorkommen von Kriebelmücken ist immer an fließendes Wasser mit hohem O₂-Gehalt, leicht alkalischem pH-Wert und an das Vorhandensein von Wasserpflanzen und Steinen gebunden. Die Weibchen setzen ihre Gelege artentsprechend auf Ufer- oder Wasserpflanzen ab (KUTZER, 2000 a). Nach 5 bis 15 Tagen schlüpfen die Erstlarven. Die Larvalentwicklung umfasst die Stadien I bis VII. Die einzelnen Larvenstadien können sich kriechend fortbewegen oder sich mit Hilfe von Spinnfäden im Wasser treiben lassen und an

verschiedenen Gegenständen, bevorzugt in Bereichen starker Strömung, anheften (FUHRMANN, 1986). An das Larvenstadium schließt sich ein Puppenstadium an. Die Gesamtentwicklung dauert 5 bis 7 Wochen, diese kann durch eine Winterpause im Ei- und im Larvenstadium unterbrochen werden. Die Populationsdichte ist stark von der Witterung im Frühjahr, vom Wasserstand, der Strömungsgeschwindigkeit, der Temperatur, dem Lichteinfall und der Verschmutzung der Gewässer abhängig. Die starke Beeinflussung durch die Umweltbedingungen führt zu sehr großen Schwankungen der Populationsdichte innerhalb der Jahresintervalle. Im Jahr können drei bis sechs Generationen heranwachsen (HIEPE, 1982).

Von den weltweit über 1600 und etwa 60 in Mitteleuropa vorkommenden Kriebelmückenarten sind 10 auch beim Pferd zu beobachten (JAKSCH, 1982). Am häufigsten werden bei Pferden *Simulium equinum* (LINNÉ, 1758), *Simulium erythrocephalum* (DE GEER, 1776) und *Simulium ornatum* (MEIGEN, 1818) gefunden (KUTZER, 2000 a).

Von April bis Juni kann es bei warmer Witterung und sinkendem Wasserspiegel zum plötzlichen Massenschlupf kommen. Die Mückenweibchen attackieren ihre Wirte besonders an windstillen Schönwettertagen mit hoher Luftfeuchtigkeit in den frühen Morgenstunden und am späten Nachmittag (NOIRTIN et al., 1981). Bei Temperaturen unter 10°C und Windgeschwindigkeiten über 8 km/h fliegen Simuliiden nicht (FUHRMANN, 1986).

S. equinum sticht bevorzugt in die Ohrmuscheln und *S. erythrocephalum* vornehmlich in die Unterbrust und den Unterbauch (HEITLAND, 2004), wobei hier die Nabelgegend besonders betroffen ist (EICHLER, 1971).

Die Mückenweibchen sondern beim Anstich ein Speicheltoxin ab, dessen Struktur und Wirkungsweise nicht bekannt ist. Das Toxin soll das Atemzentrum lähmen, lokal entzündungserregend, herz- und gefäßschädigend sein. Weiterhin werden antigene (KUTZER, 2000 a) sowie gerinnungshemmende Wirkungen (FUHRMANN, 1986) beschrieben. In Abhängigkeit von der Anzahl der Stiche sind die klinischen Auswirkungen Leistungsinsuffizienz durch ständige Belästigung, petechiale Hautblutungen, subkutane Ödeme an der Unterbrust und am Unterbauch sowie erhöhte Herz- und Atemfrequenz. Außerdem werden Ödeme im Bereich des Atmungstraktes beschrieben, welche mit erheblichen Atembeschwerden verbunden

sind, sowie Blutungen im Herzen und im Hirnstamm. In schweren Fällen kann der Tod durch Herz-, Kreislaufversagen innerhalb weniger Stunden eintreten. Schwere Krankheitsbilder werden als Simuliotoxikose bezeichnet und treten besonders im Frühjahr auf. Die Tiere bilden im Laufe der Zeit bei stetigem Kontakt eine Immunität aus, die während der Weidesaison anhält. So sind Erkrankungen im Herbst auch bei gleich hohen Befallszahlen selten. Ausnahmen sind Jungtiere und zugekaufte Tiere (KUTZER, 2000 b).

2.1.3 Ceratopogonidae (Gnitzen)

Gnitzen sind kleine, 0,5 bis 3 mm lange Mücken mit stechend-saugenden Mundwerkzeugen. Der Körper ist meist dunkel gefärbt und gedrunken. Die Flügel sind gut ausgebildet und zum Teil behaart. Die Männchen ernähren sich von Blütensäften. Die Weibchen sind hämatophag, wobei sich einige Arten vom Blut von Warmblütern, andere von der Hämolymphe von Wirbellosen ernähren (HEITLAND, 2004; FUHRMANN, 1986). So saugen *Atrichopogon*-Arten an Ölkäfern (Meloidae) und *Forcipomyia eques* an Flohrfliegen der Gattung *Chrysopa*. Die Entwicklung der meisten Ceratopogonidae ist an eine sumpfige Umgebung gebunden. Die Eier werden artspezifisch als in Gallerte umhüllte Rosetten, Haufen oder Bänder auf Wasserpflanzen oder andere Gegenstände in Wassernähe abgelegt (FUHRMANN, 1986). Nach ihrer Lebensweise kann man die Larven in drei Gruppen einteilen. Larven mit aquatischer Lebensweise sind an das Wasser gebunden und ernähren sich vor allem von Mückenlarven. Bei rein terrestrischen Formen erfolgt die Entwicklung unter Baumrinden, Laub, verrottendem Material oder in Kuhfladen. Diese Larven verfügen am ersten und letzten Körpersegment über fußähnliche Fortsätze. Außerdem werden Mischformen beschrieben (HEITLAND, 2004). Die Gesamtentwicklungszeit beträgt bei Zimmertemperatur 50-60 Tage (FUHRMANN, 1986). Die Überwinterung erfolgt wahrscheinlich im Larvenstadium. Die Hauptaktivitätszeit ist abends und in der Nacht. Es werden bevorzugt Bauch, Rücken, Mähnenkamm und Schweifansatz aufgesucht, wobei die Wirtsfindung olfaktorisch erfolgt. Einige Arten belästigen das Wirtstier durch sehr schmerzhaft

Stiche mit Quaddelbildung. Die durch den Stich hervorgerufenen kleinen Hautwunden sind gewöhnlich bedeutungslos, können aber Fliegen z.B. *Hydrotaea irritans* anlocken. Ein Protein im Speichel einiger Arten, z.B. *Culicoides pulicaris* (Großbritannien) und *Culicoides robertsi* (Australien), kann Allergien auslösen, welche einen starken Juckreiz zur Folge haben. Diese jährlich in den warmen Monaten (Mitte April bis Anfang Oktober) wiederkehrenden Dermatosen werden als Sommerekzem, Sommerdermatitis, „Culicoides hypersensitivity“ oder „Queensland itch“ bezeichnet. In Deutschland konnten sechs Arten nachgewiesen werden, die allergenes Potential besitzen. Es handelt sich hierbei um *Culicoides impunctatus*, *Culicoides obsoletus*, *Culicoides pectipennis*, *Culicoides pulicaris*, *Culicoides punctatus* und *Culicoides stigma* (LANGE, 2004). Die Allergie vom Typ I betrifft Weidepferde ab dem 2. bis 3. Lebensjahr. Bei bestimmten Rassen, z.B. Island-Ponies und englischen Ponies wird eine Häufung der Erkrankung festgestellt.

Beim Menschen ist durch Untersuchungen gesichert, dass nach Antigenkontakt IgE-Antikörper an der allergischen Reaktion beteiligt sind. Diese können an hochaffine Fc-Rezeptoren binden, welche vor allem von Mastzellen und Granulozyten exprimiert werden, ohne an ein Antigen gebunden zu sein. Kommt es zu einem erneuten Antigenkontakt, führt dies zur Kreuzvernetzung der IgE-Moleküle und zur Zusammenlagerung der Fc-Rezeptoren. Die Mastzellen und Granulozyten werden aktiviert und setzen Histamin und Prostaglandin frei, wodurch eine sofortige Entzündungsreaktion ausgelöst und aufrechterhalten wird. Das Leitsymptom ist ein unstillbarer Juckreiz, welcher die betroffenen Tiere zwingt, sich heftig zu scheuern und zu beißen. Die Folgen sind abgescheuerte Haare besonders im Bereich der Mähne und des Schweifansatzes, Schuppen- und Krustenbildung und blutende Wunden, die durch Bakterien und Pilze superinfiziert werden können. In chronischen Stadien werden Hyperkeratose beschrieben (LANGE, 2004). Die bisherigen Therapieansätze (Ekzem-Decken, Repellentien, Insektizide, Antiphlogistika, Glukokortikoide) sind unzureichend, haben eine zu kurze Wirkdauer, bieten einen nur unvollständigen Schutz oder behandeln nur die Symptome.

Einige *Culicoides*arten sind Vektoren für Viruserkrankungen, wie die Afrikanische Pferdeseuche und die Venezuelan Equine Encephalomyelitis (VEE). *Ceratopogonidae nubeculosus* ist ein Zwischenwirt für den Nematoden *Onchocerca cervicalis*.

2.1.4 Hippoboscidae (Lausfliegen)

Die Pferdelausfliege, *Hippobosca equina* (LINNÉ, 1758) ist die einzige Art aus der Familie Hippoboscidae, die in Mitteleuropa bei Pferden vorkommt. Die Imagines sind 8 mm groß, die Behaarung ist spärlich, der Körper ist schwarz mit gelbbrauner Zeichnung. An den Beinenden befinden sich einfache kräftige Haken, die Flügel sind rötlich und weisen 7 Längsadern auf. Am Wirtskörper halten sie sich an wenig behaarten Stellen, z.B. an den Schenkelinnenflächen oder um die Vulva fest und durchstechen die an diesen Stellen weiche Haut (ROMMEL et al., 2000). Lausfliegen sind schwer von ihren Wirten zu vertreiben und bewirken so eine erhebliche Belästigung für das Pferd. Die Weibchen haben einen zum Uterus umgebildeten Eileiter, in dem sich verpuppungsreife Larven entwickeln und durch ein vom Muttertier gebildetes Sekret ernährt werden. 7-10 Larven werden im Laufe eines Lebens am Erdboden abgesetzt. Die Dauer der Puppenruhe ist stark von der Umgebungstemperatur abhängig und variiert zwischen 19 und 142 Tagen (HEITMANN, 2002).

2.1.5 Gasterophilinae (Magenbremsen)

In Mitteleuropa werden bei Pferden, Maultieren und Eseln 6 Arten der Gattung *Gasterophilus* gezählt, *Gasterophilus pecorum* (FABRICIUS, 1794), *Gasterophilus intestinalis* (DE GEER, 1776), *Gasterophilus haemorrhoidalis* (LINNÉ, 1758), *Gasterophilus inermis* (BRAUER, 1858), *Gasterophilus nasalis* (LINNÉ, 1758), und *Gasterophilus nigricornis* (LOEW, 1863). *Gasterophilus intestinalis*, die Magendassel und *Gasterophilus nasalis*, die Nasendassel sind die am meisten bei Pferden in unseren Breiten verbreiteten Arten (KUTZER, 2000 a).

Gasterophilus intestinalis

Die Imagines sind 12-14 mm groß, rostgelb mit braunen Querbändern auf der Oberseite. Sie kommen weltweit vor. Die adulten Insekten leben ca. 14-20 Tage in denen sie keine Nahrung aufnehmen. Die Flugzeit ist von Juli bis Ende September. Die Eier werden an den Haaren der Vorderbeinen, Schultern, Flanken und gelegentlich am Mähnenhaar befestigt. In den Eiern entwickelt sich die Larve I, welche durch den Beleckungsreiz durch das Wirtstier schlüpft und durch die Haut oder direkt in die Mundhöhle wandert. Hier gräbt sich die jetzt 1 mm lange Larve in die Zunge und wechselt nach einem Entwicklungszeitraum von ca. 3 Wochen in die Zwischenräume der Backenzähne. Hier häuten sie sich und wandern über die Zungenwurzel entlang der Speiseröhre in den Magen (JACOBS, 1989;

KUTZER, 2000 a). Die Larve II und III, die bis zu zwei Zentimeter groß werden können und mit prominenten Mundhaken ausgestattet sind, sitzen fest in der Pars cardiaca des Magens. Die Larven verbringen insgesamt 10 Monate im Wirtstier (JACOBS, 1989). Der Larvenkörper besteht aus zwei Abschnitten, im hinteren befinden sich die Tracheen. An den Segmenträndern befindet sich bei *Gasterophilus intestinalis* eine Doppelreihe Stacheln, im Gegensatz zu *Gasterophilus nasalis* an deren Segmenträndern nur eine einfache Stachelreihe ausgebildet ist. Im Frühling und im Frühsommer verlässt die Larve III den Magen und wird mit dem Kot ausgeschieden (JACOBS, 1989). *Gasterophilus haemorrhoidalis* Larven heften sich zeitweise an die Schleimhaut des Mastdarmes an und können so ein heftiges Pressen des Pferdes und in Ausnahmefällen Mastdarmvorfälle auslösen (KUTZER, 2000 a). Die ausgeschiedenen Larven verpuppen sich und nach einer Ruhephase von 3-10 Wochen schlüpfen die erwachsenen Fliegen. Das auffälligste Merkmal der Weibchen ist die große Legeröhre am Hinterleib (JACOBS, 1989). Das Insekt verursacht beim Anflug zur Eiablage Unruhe in der Pferdeherde. Im Magen können fokale Entzündungsreaktionen und Ulzerationen der Magenschleimhaut an den Larven-Anhaftungsstellen auftreten.

Gasterophilus nasalis

Die weisslichen Eier werden an den Haaren des Kehlganges abgesetzt. Die Larve I wandert über die Lippen in die Mundhöhle ein und entwickelt sich im Zahnfleisch und im Gaumen weiter. Als Larve II und III halten sie sich fast ausschließlich im Duodenum auf (JACOBS, 1989).

2.1.6 Muscidae (Fliegen im engeren Sinne, „echte Fliegen“)

Weltweit sind über 3000 Arten der Familie der Musciden bekannt. In Deutschland kommen ca. 330 Arten vor. Es handelt sich dabei um mittelgroße, 2-18 mm oft unscheinbar grauschwarz oder olivbraun gefärbte Insekten. Der Rüssel ist unterschiedlich ausgebildet. Daher unterteilt man sie in leckend-saugende Musciden, diese besitzen den typisch ausgebildeten Leckrüssel (z.B. *Musca domestica*) und in stechend-saugende Musciden, bei denen der Rüssel zu einem stark sklerotisierten Stechrüssel umgebildet ist (z.B. *Stomoxys calcitrans*) (HEITMANN, 2002). Die Imagines haben verschiedene Ernährungsweisen, einige sind Blütensucher, andere Blutsauger, außerdem existieren saprophage und koprophage Arten. Die Fliegenweibchen können unter optimalen Bedingungen in mehreren Schüben bis zu 2000 Eier ablegen (HEITMANN, 2002), aus denen die madenförmigen, vorn zugespitzten Larven schlüpfen. Diese durchleben drei Larvenstadien bis zur Verpuppung. Je nach Art kann diese Entwicklung bei günstigen Umweltbedingungen in 8 Tagen durchlaufen werden (HEITMANN, 2002). Nach 3-10 Tagen schlüpfen die fertigen Insekten (ROMMEL et al., 2000).

In Nordeuropa entwickelt sich ca. alle 2-3 Wochen eine Generation Musciden. Parasitoide und andere natürliche Feinde, die sich auf die unterschiedlichsten Entwicklungsstadien der Musciden spezialisiert haben, sorgen dafür, dass die daraus resultierende theoretisch mögliche Zahl der Nachkommen nicht erreicht wird (HEITMANN, 2002).

In der Literatur sind hauptsächlich jene Musciden bei Pferden beschrieben, die Lästlinge, Überträger oder Vektoren von Krankheiten darstellen. In Deutschland sind Musciden der Gattungen *Musca*, *Hydrotaea*, *Stomoxys* und *Haematobia* auf Pferden beschrieben (ROMMEL et al., 2000; LIEBISCH u. BEDER, 1986; FUHRMANN, 1986; NÖLKE, 1987).

2.1.6.1 Leckend-saugende Musciden

2.1.6.1.1 *Musca autumnalis* (DE GEER, 1776), die Gesichts- oder Augenfliege

Die Gesichts- oder Augenfliege ist eine graue, 6-7 mm lange, am Abdomen mit schwarzen Längsstreifen versehene Fliege (ROMMEL et al, 2000). Sie kommt hauptsächlich in Feuchtgebieten, Wäldern, Wiesen und Hecken vor (NÖLKE, 1987) und stellt eine der vier häufigsten bei Pferden und Rindern vorkommenden Musciden dar (LIEBISCH u. BEDER, 1986; LIEBISCH u. LIEBISCH, 1988; FUHRMANN, 1986). Augenfliegen ernähren sich von Nektar und Dungflüssigkeit. Die Weibchen nehmen zusätzlich eiweißhaltige Sekrete oder Blut von Wirtstieren auf. Sie bevorzugen dabei die Kopregion, besonders werden der mediale Augenwinkel und der Maul- und Nasenbereich als sekretbildende oder -enthaltende Region angefliegen. Bei Rindern stellt die mögliche Übertragung des *Corynebacterium pyogenes*, einem Auslöser der Sommermastitis, beim Aufnehmen von Sekrettropfen die sich an den Strichen des Euters befinden ein zusätzliches Risiko dar. Blut kann nur aus Wunden oder an nachblutenden Insektenstichen, verursacht z.B. von Tabaniden, aufgenommen werden, da die Augenfliege selbst keine Möglichkeit hat, Haut oder Schleimhaut zu durchdringen.

Einige Autoren postulieren, dass der Befall mit Augenfliegen abhängig von individuellen Eigenschaften wie Alter, Geschlecht, Farbe und Bewegungsaktivität ist (HANSEN u. VALIELA, 1967; WIESMANN, 1967), andere können diese Präferenzen nicht beobachten (TESKEY, 1960).

Von Anfang Mai bis Anfang Oktober ist *M. autumnalis* ausschließlich am Tage aktiv,

wobei sich die Hauptflugzeit von Juli bis Anfang August (NÖLKE, 1987) erstreckt. Bei Temperaturen unter 15°C, Windgeschwindigkeit über 16 km/h und Regen fliegt *M. autumnalis* nicht. Die Weibchen legen ihre Eier in frischem Rinderkot ab, daraus entwickeln sich 4-5 Generationen pro Jahr. Die Weibchen überwintern in Scheunen und Ställen (KUTZER, 2000 b).

2.1.6.1.2 *Musca domestica* (LINNÉ, 1758), die Haus oder Stubenfliege,

Die Hausfliege ähnelt in Gestalt und Größe der *M. autumnalis*. *M. domestica* legt ihre Eier (ca. 600) in Mist oder anderen organischen Substanzen ab. Die Made durchläuft drei Häutungen, bis sie sich verpuppt (Tönnchenpuppe). Nach drei bis zehn Tagen schlüpfen die Imagines. Es sind im Jahr bis zu 9 Generationen möglich. Die Überwinterung erfolgt meist als Larve (Made) oder Puppe in Wohnungen und Stallungen. Stubenfliegen können wenn sie in Massen auftreten, eine erhebliche Belästigung darstellen. Die Larven befinden sich gelegentlich in offenen Wunden von Säugetieren (Myiasis) (KUTZER, 2000 b).

2.1.6.1.3 *Hydrotaea irritans* (FALLÉN, 1823), die Kopf- und Euterfliege,

Die Euterfliege ist eine 5,5 mm bis 7 mm große Weidefliege, die an Waldrändern, in Kieferschonungen und in sumpfigen, feuchten Viehwiesen vorkommt. Als Wirtstiere werden Pferde und Rinder beschrieben (BALL, 1984; LIEBISCH u. BEDER, 1986). Bei Rindern gehört *Hydrotaea irritans* zu den am häufigsten vorkommenden Musciden (NÖLKE, 1987). Auf dem Wirtskörper werden besonders die Kopffregion, das Euter und die Linea alba angefliegen (NÖLKE, 1987). Die Weibchen sind fakultativ hämatophag und tagaktiv. Von Anfang Juni bis Ende Oktober mit einem Maximum Mitte Juli ist *Hydrotaea irritans* auf den Weiden zu finden (ELGER, 1985). Es handelt sich um eine univoltine Art, d.h. es entwickelt sich nur eine Generation pro Jahr (NÖLKE, 1987).

2.1.6.1.4 *Hydrotaea albipuncta* (Zetterstedt, 1845), Kopffliege

Hydrotaea albipuncta ist meist an Rindern (KUTZER, 2000 b), nach LIEBISCH u. BEDER (1986) auch an Pferden zu beobachten. Hier zeigen sie eine Präferenz zur Augenregion. Sie sind tagaktiv und fliegen von Mitte Mai bis Mitte Oktober, wobei es zwei Maxima, das erste im Frühjahr und das zweite im Herbst, gibt. Pro Jahr entwickeln sich drei Generationen (ELGER, 1985).

2.1.6.2 Stechend-saugende Musciden

2.1.6.2.1 *Stomoxys calcitrans* (LINNÉ, 1758), stable fly, der Wadenstecher

Der Wadenstecher ist weltweit verbreitet und vorwiegend in der Nähe von Stallungen mit Großviehhaltung das ganze Jahr über zu finden (NÖLKE, 1987). Die Insekten sind 6-8 mm groß und besitzen einen nach vorn gerichteten langen Stechrüssel. Der Körper hat eine graue Färbung, am Thorax durchziehen vier dunkle Längsstreifen und am Abdomen jeweils drei dunkle Flecken auf den Segmenten 2 und 3 das Grau. Sowohl Weibchen als auch Männchen sind Blutsauger an Säugetieren (HEITLAND, 2004; KUTZER, 2000 b). Die Weibchen saugen alle 2-3 Tage Blut und nehmen bei jeder Mahlzeit ca. 15 µl Blut auf. Nach dem 3. oder 4. Saugakt legen sie in verrottendem organischen Material, in Rinder- oder Pferdedunghaufen insgesamt 600-800 Eier in mehreren Gelegen mit 60-270 Eiern (HEITMANN, 2002), ab. Die Entwicklung der Larve einschließlich der Verpuppung dauert 14-24 Tage. Die sich anschließende Puppenruhe ist nach 6-9 Tagen (KUTZER, 2000 b) beendet. Die Zeit der Gesamtentwicklung ist stark von der Umgebungstemperatur abhängig, bei 19°C dauert diese etwa 4 Wochen, bei 33°C 10 Tage (HEITLAND, 2004).

Während eines Jahres entwickeln sich im Freiland 4-5 Generationen (ELGER, 1985). Die Flugzeiten werden von Juni bis Oktober (HEITLAND, 2004) oder von Anfang Juni bis Ende November (NÖLKE, 1987) angegeben. Die Überwinterung erfolgt im Larven- oder im Puppenstadium. Die Aktivität wächst mit steigender Lichtintensität. Als Präferenzstellen am Wirtstier werden die Extremitäten, die Flanken, der Unterbauch, der Rücken und die Schultern (HAMMER, 1941; KIRKWOOD u. TARRY, 1973; HILLERTON et al., 1984; ELGER, 1985) angegeben.

2.1.6.2.2 *Haematobia irritans* (LINNÉ, 1758), „horn fly“, die kleine Weidestechfliege oder Hornfliege

Die kleine Weidestechfliege ist eine 3-5 mm große, graue, olivbraune oder schwarze, weltweit vorkommende Weidefliege. Das Insekt lebt stationär auf dem Wirt Rind, selten auf Pferden und saugt dort bis zu 20 mal am Tag Blut. Die bevorzugten Aufenthaltsorte auf dem Wirt sind die Hornbasis, der Rücken und die Flanken, wo sie mit dem Kopf nach unten gerichtet sitzen (KUTZER, 2000 b). Die Larven sowohl von *Haematobia irritans* als auch die von *Haematobia stimulans* werden in Rinderkot abgelegt, in dem sie auch im Puppenstadium überwintern. In einer Weidesaison entwickeln sich 4-5 Generationen. Von Mai bis Oktober ist die kleine Weidestechfliege zu beobachten.

2.1.6.2.3 *Haematobia stimulans* (MEIGEN, 1824), die große Weidestechfliege

Haematobia stimulans ist eine grau bis olivbraune, in Europa, Asien und Nordamerika vorkommende Weidestechfliege. Sie ist nur tagsüber auf Rindern und bei benachbarten Weiden auch auf Pferden (LIEBISCH u. BEDER, 1986) anzutreffen. Sie sitzt im Gegensatz zu *Haematobia irritans* mit dem Kopf nach oben gerichtet an den Präferenzstellen Flanken, Extremitäten, Rücken, Füße und Hals. Dunkle Tiere werden wie auch von *Haematobia irritans* bevorzugt angefliegen. Die optimale Flugtemperatur liegt zwischen 10-20°C (ELGER, 1985).

2.1.7 Tabanidae (Bremsen)

Bremsen sind mittelgroße bis große Fliegen (kleine Regenbremse *Haematopota* sp., große Pferdebremse *Tabanus sudeticus*). Der Körper ist kräftig gebaut und besitzt eine grauschwarze bis braungelbe Färbung (WIESNER u. RIBBECK, 1991). Der Kopf ist breit, dreieckig, hinten flach oder konkav und trägt zwei sehr große Facettenaugen, häufig auch zusätzliche Stirn- und Seitenaugen (KUTZER, 2000 a). Der Kopf überragt den Thorax seitlich. Die Mundwerkzeuge der Weibchen sind zu einem kräftigen stilettartigen Stechrüssel umgebildet (HEITLAND, 2004). Die Weibchen der meisten Arten saugen Blut an Säugetieren und Reptilien, selten auch an Vögeln (KUTZER, 2000 b). Die Tabanidenweibchen zeigen keine große Wirtsspezifität. Einige Spezies, z.B. der Tabanidae bevorzugen große dunkle stehende Tiere, andere z.B. Chrysopsinae kleinere Wirtstiere wie Hunde, Hasen und den Mensch (NÖLKE, 1987; KUTZER, 2000 b). Wenige, z.B. Vertreter der Pangoniinae decken ihren Kohlenhydratbedarf wie die Männchen durch die Aufnahme von Pflanzensäften (HEITLAND, 2004). Nach KNIEPERT (1981) und HEITLAND (2002) bevorzugen die Weibchen einzelner Arten am Wirt verschiedene Körperregionen. So zeigen *Chrysops* sp. eine topographische Präferenz für die Hals- und Kopfregionen und *Tabanus* sp. bevorzugen die Extremitäten und die Flankenregion

(KNIEPERT, 1981; HEITLAND, 2004).

Vier bis sieben Tage nach der Blutmahlzeit beginnen die Weibchen mit der Eiablage. Die Eier werden in Form von ein- oder mehrschichtigen Eigelegen, die einhundert bis tausend Eier enthalten können, an Gräsern oder Zweigen, meist in Wassernähe abgelegt. Es werden hydrophile Larven deren Entwicklung nur im Wasser stattfindet, semihydrophile Larven und eine dritte Gruppe von Larven beschrieben, welche nicht zwingend vom Wasser abhängig ist. Bei semihydrophilen Larven entwickeln sich die ersten beiden Larvalstadien an der Wasseroberfläche oder im feuchten Schlamm, ab dem dritten Larvalstadium erfolgt die weitere Entwicklung im Schlamm in der Nähe des Gewässers (BAUER, 1974; KUTZER, 2000 b). Die Anzahl der Larvenstadien unterscheidet sich selbst innerhalb einer Art. Sie ernähren sich überwiegend karnivor. Ausschließlich die Larven überwintern im Boden, in morschem Holz oder in Gewässern. Die ausgewachsene Larve begibt sich im Frühjahr in trockene Erdschichten und entwickelt sich dort zu einer Mumienpuppe, aus der das fertige Insekt schlüpft. In gemäßigten Klimazonen entwickelt sich eine Generation pro Jahr, in kälteren Gebieten dauert die Entwicklung zwei bis drei Jahre (KUTZER, 2000 b).

Hauptflugzeit der blutsaugenden Weibchen sind warme und schwüle Tage (HEITLAND, 2000), von Anfang Juni bis Mitte September (LIEBISCH et al., 1986; FUHRMANN, 1986). Die Flugaktivität weist im Laufe eines Tages zwei Maxima auf, wobei der späte Vormittag bis frühe Nachmittag (11-15 Uhr, BAUER, 1974) zur Wirtsfindung und Blutmahlzeit dient (CHVÁLA et al., 1972). Die Flugaktivität wird bei Temperaturen unter 13°C eingestellt und nimmt über 32°C wieder ab, das Temperaturoptimum liegt bei 25°C (NÖLKE, 1987). Die Luftfeuchtigkeit hat ebenfalls einen Einfluss auf die Flugaktivität. BAUER (1974) gibt eine optimale relative Luftfeuchtigkeit von 60 % an. Ab einer Windgeschwindigkeit von 4-5 m/s nimmt die Flugaktivität der Tabaniden deutlich ab (BAUER, 1974).

In Deutschland treten bei Pferden und Rindern 20 Tabanidenarten auf (LIEBISCH et al., 1988). In Norddeutschland können bei Pferden hauptsächlich *Haematopota* sp. (*Haematopota italica*, *Haematopota pluvialis*), *Tabanus* spp. (*Tabanus sudeticus*, *T. bromius*, *T. spodopterus*), *Chrysops* spp. (*Chrysops caecutiens*, *C. relictus*) und *Hybomitra* sp. (*Hybomitra ciurea*) (KUTZER, 2000 a; LIEBISCH et al., 1988) beobachtet werden.

Tabaniden stellen für das Wirtstier Pferd nicht nur eine starke Belästigung dar. Beim Stich wird ein gerinnungshemmendes Sekret, das hochmolekulare Polypeptid Tabanin (NÖLKE, 1987) injiziert, weshalb die Wunden stark nachbluten und so von nichtstechenden Dipteren als Nahrungsquelle genutzt werden können. Die Einstichstellen sind meist relativ groß und verursachen durch Verletzungen der peripheren Nerven (HEITLAND, 2000; NÖLKE, 1987) Schmerzen. Die aufgenommene Blutmenge kann das 1 bis 4-fache des Körpergewichtes des Insektes betragen. So können Vertreter von *Tabanus bovinus* bis zu 682 mg Blut aufnehmen. Bei höheren Anflugraten ergibt sich ein Blutverlust von 100 bis 300 ml pro Tier und Tag (KUTZER, 2000 a). Eine Blutmahlzeit dauert im Durchschnitt fünf Minuten, dabei werden die Tabaniden aufgrund des schmerzhaften Einstiches häufig vor Beendigung der Blutaufnahme vertrieben, so dass sie in kürzester Zeit mehrere Wirte anfliegen. Besonders die Übertragung von Viren wird durch einen häufigen Wirtswechsel begünstigt (KUTZER, 2000 b; NÖLKE, 1987). Da sie Teile des aufgenommenen Blutes regurgitieren, können Krankheitserreger an das nächste Wirtstier weitergegeben werden. Die Übertragung der Erreger erfolgt mechanisch-azyklisch-alimentär, d.h. die Tabaniden fungieren als Vektoren, die Erreger vermehren oder entwickeln sich innerhalb der Tabaniden nicht und die Übertragung erfolgt während der Blutmahlzeit.

Zu den von Tabaniden übertragenen Krankheiten gehören die Infektiöse Anämie der Pferde (Lentivirus, weltweite Verbreitung), die Trypanosomosis (Protozoen, Erreger *Trypanosoma evansi*, *T. vivax*) und Anthrax.

Wahrscheinlich ist auch die Übertragung von Staphylo- u. Streptokokken, Brucellen, Pasteurellen, *E. coli*, Salmonellen, Shigellen, Rickettsien, Mykoplasmen, Dermatophyten und Rhodokokken durch Tabaniden (GREENBERG, 1971).

2.2 Schädwirkungen durch Dipteren oder durch Dipteren übertragene Mikroorganismen

Besonders im Sommer, an heißen und schwülen Tagen verursacht das massenhafte Auftreten von Musciden eine starke Belästigung der Pferde auf der Weide (LIEBISCH u. BEDER, 1986; SCHEIN, 2005), die zur Beunruhigung, zur verminderten Futteraufnahme und herabgesetzten Leistungsfähigkeit führen kann. Stechend-saugende Musciden verursachen oft Schmerzen beim Einstich und hinterlassen stark juckende Irritationen. Leckend-saugende Musciden können Schleimhautreizungen verursachen oder wie stechend-saugende Musciden als Vektoren oder echte Zwischenwirte von Krankheitserregern fungieren.



Abb. 1: *Haematobia stimulans* Befall auf Pferderücken

Tab. 1: Erkrankungen, deren Erreger, Übertragungsart und Leitsymptome und deren Übertragung durch Musciden oder Tabaniden beim Pferd wahrscheinlich oder nachgewiesen ist

Erkrankung	Ursache	Überträger
Konjunktivitis	immuninduzierte Konjunktivitis Bakterien Pilze Viren Parasiten <i>Onchocerca</i> spp. Parasiten <i>Thelazia lacrimalis</i>	Stechmücken <i>Musca autumnalis</i>
	Parasiten <i>Habronema muscae</i>	<i>Musca autumnalis</i> , <i>Stomoxys calcitrans</i>
	Parasiten <i>Trypanosoma evansi</i>	<i>Tabanus</i> spp., <i>Chrysops</i> spp.
Equine rezidivierende Uveitis	Leptospiren genetische Disposition	Nagetiere, vermutlich Musciden u. Tabaniden
Equines Sarkoid	genetische Disposition möglich onkogene Viren hoizontale Übertragung	Fliegen
infektiöse Anämie	Lenti-Virus	<i>Stomoxys calcitrans</i> , <i>Tabanus</i> spp.
Thelaziose	<i>Thelazia lacrimalis</i>	<i>Musca autumnalis</i>
Western Equine Encephalitis, WEE EEE, VEE	WEE-Virus, Arbo-Virus Arbo-Virus, Fam. Togaviridae	<i>Tabanus nigrovittatus</i>
Trypanosomiasis, Surra	<i>Trypanosoma evansi</i>	<i>Tabanus</i> spp., <i>Chrysops</i> spp., <i>Haematopota</i> spp.
Nagana Dourine od. Beschälseuche	<i>Trypanosoma brucei</i> <i>Trypanosoma equiperdum</i>	Tsetse-Fliegen Deckakt
Habronematose	<i>Habronema muscae</i> , <i>Habronema microstoma</i>	<i>Musca domestica</i> , <i>Stomoxys calcitrans</i>
Parafilariose, Sommerbluten	<i>Parafilaria multipapillosa</i>	blutsaugende Fliegen, z.B. <i>Haematobia atripalpis</i>
Stomatitis vesicularis	Virus	<i>Stomoxys calcitrans</i> , <i>Tabanus</i> spp.
Anthrax, Milzbrand	Bac. <i>Anthraxis</i>	<i>Tabanus rubidus</i>

Autor	Vorkommen	Leitsymptome
GILGER, 2005	weltweit	fokale Keratitis, selten Hornhauttrübungen milde Konjunktivitis, selten Photophobie, Lakrimation, chron. Konjunktivitis, Keratitis mukopurulenter Ausfluß, granulomatöse Läsionen am Lid, med. Kanthus milde Konjunktivitis, Photophobie, Epiphora
WOLLANKE, 2002	weltweit	
HAMANN et al., 2005	weltweit	Hautneoplasie
REED et al., 2004	weltweit	intermittierende Fieberschübe, progressive Anämie
	weltweit	milde Konjunktivitis, selten Photophobie, Lakrimation, chron. Konjunktivitis, Keratitis
NÖLKE, 1987	Nordamerika	Enzephalitis
	Nord-u.Südamerika, Japan	Enzephalitis
KNOTTENBELT, et al., 1998	Indien	rezidivierende Fieberschübe, Kachexie, Ataxie, Anämie, Tachykardie, Dyspnoe
	Nord- und Zentralafrika früher weltweit, heute gilt sie in Westeuropa und Nordamerika als ausgerottet	Penisödem, Plaques-Bildung, Ataxie, Kachexie
		Hauthabronematose (Sommerwunden), konjunktivale Habronematose, Magenhabronematose
	Ost- und Südeuropa, Nordafrika, Asien, Südamerika	
FERRIS et al., 1955		Ulzera u. Vesikel in der Maultschleimhaut
NÖLKE, 1987	weltweit	akutes Fieber, Septikämie, petechiale Blutungen, Diarrhoe, Kolik, akuter Verlauf

2.2.1 Konjunktivitis

Eine Konjunktivitis ist die entzündliche Veränderung der Bindehaut. Sie gehört zu den häufigsten Augenerkrankungen, ist aber selten eine selbständige Erkrankung. Man unterscheidet drei Formen, die primäre, die sekundäre und die symptomatische Konjunktivitis (WINTZER, 1997). Symptomatische Konjunktivitiden sind Begleiterscheinungen einer Allgemeinerkrankung (z.B. Influenza Typ A2, Herpes 1 u. 2, equine Adenoviren, DIETZ u. HUSKAMP, 2006). Sekundäre Konjunktivitiden entstehen in der Folge von Entzündungen am Kopf (z.B. Sinusitis, Alveolarperiostitis) oder durch die Obliteration des Tränen-Nasen-Kanales.

Auslöser einer primären Konjunktivitis sind:

- immuninduzierte Konjunktivitis (Allergien, z.B. ausgelöst durch Pollenflug),
- Bakterien (z.B. *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Moraxella*, *Corynebacterium* spp., *Enterobacter* spp., *Bacillus* spp., Mykoplasmen),
- Pilze (z.B. *Aspergillus* spp., *Rhinosporidium seeberi*, Histoplasmose, Blastomycosis),
- Viren

und

- Parasiten, u.a.

Onchocercose (Filarien, *Onchocerca cervicalis*, *Onchocerca reticulata*) die Übertragung erfolgt durch Fliegen (DIETZ u. HUSKAMP, 2006),

Thelazia lacrymalis (Nematoden) die Übertragung erfolgt durch *Musca autumnalis*,

Habronema muscae werden durch *Musca domestica* und *Stomoxys calcitrans*, welche als Zwischenwirte dienen, in den Bindehautsack abgesetzt

2.2.2 Equines Sarkoid

Das equine Sarkoid stellt die häufigste Hauttumorart bei den Equiden (HAMANN u. GRABNER, 2005) dar. Bezüglich der Ätiologie werden infektiöse, mechanisch-traumatische Faktoren und eine mögliche genetische Prädisposition beschrieben. In Gewebeskultursarkoidzellen konnten DNA-Sequenzen onkogener Viren [bovines Papillomavirus BPV 1 u. 2 (TRENFIELD et al., 1985) und Retroviren (CHEEVERS et al., 1982)] nachgewiesen werden. Nach einer Injektion mit BPV zeigten allerdings nur wenige Pferde sarkoidähnliche Hautveränderungen, die zudem häufig spontan verheilten (RAGLAND et al., 1968). MARTI et al. stellten 1993 bei den mit BPV infizierten Pferden neutralisierende Antikörper fest, die bei Pferden mit Sarkoiden nicht nachzuweisen waren. LEPAGE et al. beschreiben 1998 ein „Sarkoid Anfälligkeitsgen“ welches an das MHC (Major Histocompatibility Complex) -II-Allel gebunden ist (GERBER, 1989; LAZARY et al., 1985; MEREDITH et al., 1986) als Ursache einer möglichen genetische Prädisposition.

Der MHC-Komplex kodiert Antigene, die eine wichtige Rolle bei der Resistenz gegen virale Infektionen einschließlich der Ausbildung von Tumoren spielen (SCHNABEL, 2000).

Equine Sarkoide sind Hauttumore mesenchymalen Ursprunges mit variabler epidermaler Beteiligung. Die Fibroblastenproliferation findet meist in der Dermis, selten auch in der Subkutis statt. Es handelt sich um semimaligne Tumore, die lokal aggressiv und infiltrativ wachsen, eine Metastasierung wird nicht beobachtet. Die Tendenz zur Rezidivbildung ist hoch. Am klinischen Bild unterscheidet man die Tumorformen okkultes Sarkoid, verruköses Sarkoid, noduläres Sarkoid, gemischtes Sarkoid und fibroblastisches Sarkoid. Letztere Tumorform hat ein fleischiges Aussehen und häufig eine blutige Oberfläche mit seroanguinöser Exsudation. Dies bildet einen Anziehungspunkt für leckend-saugende Insekten und somit die Voraussetzung für die vektorielle Übertragung von Tumorzellen durch Fliegen (HAMANN u. GRABNER, 2005).

2.2.3 Infektiöse Anämie, Equine Infectious Anemia, Swamp fever

Die EIA ist eine persistierende Retrovirus-Infektion (Equines-infectious-anemia-virus, RNA-Retrovirus, Lentivirus), die eine Erkrankung des lymphoretikulären Gewebes und der Erythrozyten mit nachfolgender Virämie nach sich zieht. Durch eine Antikörper-vermittelte, komplementabhängige Lyse der roten Blutkörperchen kommt es zur intra- und extravasalen Hämolyse. Die Antigen-Antikörperkomplexe lagern sich aufgrund ihrer Molekularstruktur in der Niere ab, dadurch entwickelt sich zumeist eine Glomerulonephritis. In der Literatur sind perakute (Tod innerhalb von Stunden), akute, chronische und subklinische Verlaufsformen beschrieben (REED et al., 2004; KNOTTENBELT et al., 1998; MAYR u. SCHEUNEMANN, 1992; WINTZER, 1997). Die Leitsymptome sind progressive hämolytische Anämie, hohes intermittierendes Fieber, Ödeme, Hämorrhagien, petechiale Blutungen (Zungengrund, Konjunktiven), Schwäche und Gewichtsverlust. Erkrankte Tiere, besonders in der akuten Form der Erkrankung, sind massive Virusausscheider. Die Übertragung kann über Blut, Harn, Kot, Speichel, Kolostrum, Milch und intrauterin erfolgen. Blutsaugende Insekten (z.B. *Stomoxys calcitrans*, SCOTT, 1922; *Tabanus sulcifrons*, *Tabanus fuscicostatus*, *Chrysops flavidus*, NÖLKE, 1987) dienen als Vektoren. Von einigen Autoren wird ein saisonal gehäuftes Auftreten der Erkrankung im Spätsommer und im Frühherbst, der Hauptschwärmzeit vieler Musciden und Tabaniden, beschrieben (MAYR u. SCHEUNEMANN, 1992).

2.2.4 Periodische Augenentzündung, Equine rezidivierende Uveitis

Die equine rezidivierende Uveitis (ERU) ist eine serofibrinöse, seltener (DIETZ u. HUSKAMP, 2006) eine serohaemorrhagische Entzündung der Uvea, die akut oder chronisch rezidivierend verläuft und durch fortschreitende Zerstörung der intraokularen Strukturen zur Erblindung führen kann (GERHARDS u. WOLLANKE, 2001 in GESELL, 2004). Die ERU gilt als die häufigste Ursache der Erblindung bei

Pferden und Maultieren (WINTZER et al, 1997). Zwischen 6-9 % der Pferde erkranken, davon 1/3 auf beiden Augen (KÖHLER, 2005). Nach WOLLANKE (2002) erkranken Pferde zwischen 4-6 Jahren, wobei Wallache häufiger als Stuten und Hengste betroffen sind (GESELL, 2002). GESELL begründet dies mit dem bindegewebsstabilisierenden Effekt der Sexualhormone. WOLLANKE (1995) stellt fest, dass Quarterhorse, Islandpferde, und Warmblüter häufiger erkranken als Pferde anderer Rassen. Es wird deshalb eine genetisch bedingte Prädisposition vermutet und man fand heraus, dass Warmblutpferde, die Träger des Haupthistokompatibilitätskomplexes (MHC) Klasse I ELA-A9 Haplotyp, anfälliger für ERU erscheinen als Nichtträger (GESELL, 2004). In der Vergangenheit wurde angenommen, dass der Erkrankung eine primär autoimmune Ursache zu Grunde liegt (DIETZ u. HUSKAMP, 2006). WOLLANKE (2002) sieht die ERU als Folge einer intraokular persistierenden Leptospireninfektion. In Versuchen konnte WOLLANKE (2002) in 22-50 % der an ERU erkrankten Pferde in intraokularen Proben Leptospiren nachweisen (Kultur, Erreger-Anzüchtung). Die PCR dieser Proben verlief zu etwa 70 % positiv und in fast allen Proben konnten Antikörper nachgewiesen werden. Bei den Leptospiren traten verschiedene Serotypen auf (>50 % Serotyp Grippotyphosa, DIETZ u. HUSKAMP, 2006). Leptospiren werden von erkrankten Haustieren mit dem Urin ausgeschieden und durch Nagetiere, Musciden und Tabaniden verbreitet (NÖLKE, 1987; KÖHLER, 2005). Die Erreger gelangen oral oder transkutan in den Körper (MAYR u. SCHEUNEMANN). Nach einer Infektion mit Leptospiren können Monate bis Jahre vergehen, bis eine Uveitis auftritt. Wie die Leptospiren die Blut-Augenschranke überwinden ist nicht bekannt, evtl. während einer Fieberphase der allgemeinen Erkrankung (WOLLANKE, 2002). Durch das Eindringen der Leptospiren gelangt das Immunsystem an autoantigene Strukturen in der Netzhaut. Die Leptospiren persistieren intraokulär im Glaskörper (geschützt vor dem Immunsystem durch Maskierung mit Wirtsproteinen oder durch den Aufenthalt in den Körperzellen). Man nimmt an, dass die Vermehrung der Leptospiren im Auge und damit die Zerstörung intraokulärer Strukturen (entweder durch die Bakterien oder durch die Immunreaktion, die sich eigentlich gegen die Bakterien richtet), die Bildung lokaler Immunkomplexe, Stress und Impfungen einen akuten ERU-Schub auslösen können (DIETZ u. HUSKAMP, 2006). Die ERU stellte bis 2001 einen Hauptgewährsmangel dar. Da diese Erkrankung unbehandelt mittel-

oder langfristig zur Erblindung führt, Behandlungen kostenintensiv sind, ist der Gebrauchswert des Pferdes als erheblich eingeschränkt zu betrachten (KÖHLER, 2005).

2.2.5 Habronematose

Die Habronematose ist eine durch Helminthenlarven ausgelöste, weltweit vorkommende Erkrankung, bei der *Stomoxys calcitrans* und *Musca* spp. Zwischenwirte darstellen. Bei Pferden findet man drei Arten der Familie Spiruridae, *Habronema muscae*, *Habronema majus* und *Draschia megastoma* (SCOTT et al., 2003). Beim normalen Infektionsweg nehmen *Musca* spp.-Larven (*H. muscae* u. *D. megastoma*) oder *Stomoxys calcitrans*-Larven (*H. majus*) die Larve I aus dem Kot auf. In den Musciden entwickelt sich die Larve zur infektiösen Larve III. Die adulte Fliege setzt diese auf die Nüstern und Lippen des Endwirtes Pferd ab. Von dort aus gelangen sie in den Magen, wo sie tief in die Drüsenschleimhaut eindringen. Hier entwickeln sich die geschlechtsreifen Weibchen, die bereits embryonierte Eier ablegen, aus denen schon auf dem Weg durch den Darm die Larve I schlüpfen kann und mit dem Kot ausgeschieden wird (NÖLKE, 1987). Im Magen selbst verursachen die Weibchen meist wenig Schaden (SCOTT et al., 2003), nach NÖLKE (1987) mild verlaufende, chronisch katarrhalische bzw. granulomatöse Gastritiden.

D. megastoma verursachen bis hühnereigroße Knoten in der Fundusregion der Magenwand, in denen sich die juvenilen *Draschia* befinden. Diese Knoten können in die Peritonealhöhle aufbrechen und eine Peritonitis auslösen. Die Larve III kann sich auch schon auf der Nasenschleimhaut des Wirtes entwickeln und von diesem eingeatmet werden und in der Lunge peribronchiale Knötchen (Lungenhabronematose, DIETZ u. HUSKAMP, 2006) verursachen. Die als Habronematose oder Sommerwunden (swamp cancer, granular dermatitis, bursatti) bezeichneten „schlecht heilenden Sommerwunden“ entstehen wenn die Larve III durch die Musciden in Hautverletzungen des Wirtstiers eingebracht werden (nach SCOTT et al., 2003 kann auch die intakte Haut von den Larven durchdrungen

werden). Die Larve kann sich hier nicht weiterentwickeln und stirbt ab. Sie löst aber heftigen Juckreiz durch Hypersensibilisierung aus (SCOTT et al., 2003). Durch Scheuern und Benagen durch das Wirtstier entstehen großflächige, ulzerierende Wunden, wodurch weitere Musciden angelockt werden. Die Wunden neigen zur Gewebshyperplasie (NÖLKE, 1987) und heilen im Winter spontan ab. Hauptsächlich sind die Wunden an den Gliedmaßen, am Präputium, am Penis, am Augenlid und den Konjunktiven lokalisiert (WINTZER, 1997). Sommerwunden können je nach Lokalisation die Nutzung der Pferde stark einschränken (PASCOE u. KNOTTENBELT et al., 1999). Die Konjunktivale Habronematose, die hauptsächlich durch *Habronema* spp. ausgelöst wird, die in den Tränensack eindringen, verursacht hier eine lokal begrenzte, granulierende und schlecht heilende Wunde. Der Juckreiz birgt die Gefahr einer sekundären Hornhautulzeration durch vermehrtes Reiben des Auges.

2.2.6 Thelaziose

Der Befall des Bindehautsackes und der Tränendrüsengänge der Pferde mit *Thelazia lacrimalis* tritt in Europa, Nordafrika und Kanada auf (NÖLKE, 1987). Die Übertragung erfolgt über *Musca autumnalis*. Häufig werden die Parasiten als Zufallsbefund bei ophthalmologischen Untersuchungen festgestellt (KNOTTENBELT et al., 1998). Der Befall verläuft meist asymptomatisch; in einigen Fällen leiden die Pferde unter chronischer Konjunktivitis mit Lakrimation, Photophobie und persistierendem seromukösem Ausfluss. Dauert der Befall über einen langen Zeitraum an, kann sich eine ausgeprägte Keratitis entwickeln, die zur Erblindung führen kann (NÖLKE, 1987).

2.2.7 Parafilariose (Sommerbluten, Blutschwitzen)

Die Parafilariose ist eine hauptsächlich während der warmen Jahreszeit in Teilen

Afrikas, Asiens, Mittel- und Südamerikas und in Süd und Osteuropa vorkommende Hautfilariose und Dermatitis der Equiden (DIETZ u. HUSKAMP, 2006). Der Erreger *Parafilaria multipapillosa* wird durch blutsaugende Insekten die teils als Vektoren, teils als Zwischenwirte fungieren, (Süddeutschland: *Haematobia atripalpis*) übertragen. Die Weibchen legen ihre Eier in an der Oberfläche aufbrechende Blutzysten ab. Die Mikrofilarien werden mit dem Blut vom Zwischenwirt aufgenommen. Die infektiöse Larve III wird hämatogen oder transkutan auf Equiden übertragen (DIETZ u. HUSKAMP, 2006). Die erbsen- bis haselnussgroßen Blutzysten sind als derbe subkutane Knötchen besonders am Hals und der Brust fühlbar. Die entstandenen Hauterosionen heilen zumeist schnell ab, Bakterien können die Wunden sekundär infizieren und so die Heilung verzögern.

2.2.8 Onchozerkose

Bei Pferden werden 2 Arten beschrieben, *O. reticulata* und *O. cervicalis*. Es können verschiedene Krankheitsbilder beobachtet werden.

- Widerristfistel und Bugbeule [*O. cervicalis*, bei Befall entstehen im Nackenbereich taubeneigroße nekrotische Gebilde, die verkalken können und besonders bei Reitpferden zur Fistelbildung neigen (Widerristfistel)]
- Kutane Onchozerkose (die Mikrofilarien von *O. cervicalis* wandern in verschiedene Hautregionen ein und verursachen hier ein dermales Syndrom, welches durch Juckreiz, Alopezie, Krustenbildung und Exkorationen gekennzeichnet ist)
- Augen-Onchozerkose (*O. cervicalis*-Mikrofilarien wandern in den Augenbereich und können hier Konjunktividen und Entzündungen im Bereich der Kornea und der Sklera verursachen)
- Stützbeinlahmheit

Die Adulte der Art *O. reticulata* führen zu schmerzhaften knotigen Umfangsvermehrungen im Bereich der proximalen Gleichbeinbänder, die Sehnen sind verdickt, wodurch eine Stützbeinlahmheit ausgelöst wird (DIETZ u.

HUSKAMP, 2006). Als Überträger und Zwischenwirte von *O. reticulata* fungieren Gnitzen (Ceratopogonidae) (ECKERT et al. 2005).

2.3 Bisherige Bekämpfungsmethoden

2.3.1 Weidemanagement und -hygienische Maßnahmen

Weidehygienische Maßnahmen sind zumeist gegen die Larvenstadien von Musciden und Tabaniden gerichtet, da deren Entwicklung an bestimmte Bedingungen geknüpft sind (NÖLKE, 1987). Zu diesen Maßnahmen gehört das regelmäßige Entfernen des Kotes von den Paddocks und den Weiden. Der anfallende Mist sollte eng gepackt werden was zur Senkung des Sauerstoffgehaltes und zu Gärungsprozessen mit hohen Temperaturen innerhalb des Mistes führt. Diese Umweltbedingungen stehen der Larvenentwicklung der Musciden entgegen. Weiterhin wird der Einsatz von Dungkäfern beschrieben, welche zur Kanalisierung und damit zur Austrocknung des Kotes führen (NÖLKE, 1987). Den Weidepferden sollten außerdem Unterstände zur Verfügung stehen, da die meisten Lästlinge, vor allem Tabaniden und Kriebelmücken, den Wirtstieren nicht in geschlossene Räume folgen (FUHRMANN, 1986). Der Weidegang nur während der Nacht ist ebenfalls zum Schutz vor Lästlingen beschrieben, da Kriebelmücken und Bremsen vorwiegend tagaktiv sind (FUHRMANN, 1986).

Eine Anstauung der Gewässer setzt die Fließgeschwindigkeit herab und damit wird die Entwicklung der Larven unmöglich. Hydromeliorationsmaßnahmen, wie Entkrauten und Entrümpeln der Fließgewässer, können die Eier, Larven und Puppen beseitigen (HIEPE u. RIBBECK, 1982). Die Trockenlegung oder Überflutung der Brutgebiete der Mücken und Bremsen über einen längeren Zeitraum (FUHRMANN, 1986) wurde ebenfalls erfolgreich zur Reduzierung der Lästlingsinsekten eingesetzt. Diese Option existiert heutzutage aus Landschaftsschutz- und Nutzungsgründen meist nicht mehr.

2.3.2 Biologische, biotechnische, physikalische und genetische Verfahren

Zum Schutz von Tieren vor Fliegen in Ställen werden Fallen und Netze verwendet. Fallen finden z.B. in Form von Leimfallen und Steilwandfallen mit witterungsbeständigen Aeroxon-Leimanstrichen Verwendung. Die an den Fenstern oder offenen Seiten der Ställe gespannten Netze sollen das Eindringen der Insekten verhindern. In einigen Fällen werden Lockstoffe eingesetzt, welche die Fangzahlen erhöhen sollen. So verbessert Kohlendioxid die Fangergebnisse, da die chemotaktische Wirtsfindung der Tabaniden unter anderem über das abgeatmete CO₂ der Wirtstiere erfolgt (BERLYN, 1978).

Von vielen Insekten werden Pheromone gebildet. Diese können eine Ansammlung vieler Insekten einer Art z.B. zur Eiablage verursachen. Man nutzt diese Pheromone, indem man Fangbäume mit diesen Substanzen ausstattet und nach der Eiablage die Bäume entweder fällt oder die Larven abtötet (FRANZ u. KRIEG, 1982). Sexual-Pheromone werden in Insektenfallen eingesetzt. Die Insekten-Männchen werden durch das Pheromon angelockt und in der Falle durch ein Insektizid getötet.

Natürliche Feinde, wie z.B. Parasitoide (Bakterien, Milben und verschiedene Pilzspezies) hemmen die Entwicklung der verschiedenen Entwicklungsstadien von Insekten (HEITLAND, 2004). Diese natürlichen Feinde konnten in der Praxis noch nicht zur effektiven Bekämpfung von Musciden eingesetzt werden (NÖLKE, 1987).

Erprobt wurde die mikrobielle Bekämpfung von Musciden durch *Bacillus thuringiensis*, deren Exotoxine die Larvalentwicklung von Musciden hemmen. Das Bakterium wurde an Rinder verfüttert und untersucht, ob im Kot dieser Rinder sich Muscidenlarven entwickeln können oder inwieweit deren Entwicklung gehemmt wird. Die Autoren YENDOL u. MILLER (1967) sowie HOWER u. CHENG (1968) berichten von einer Hemmung der Larvalentwicklung, während ODE u. MATTHYSSE (1964) einen solchen Effekt nicht beobachteten.

2.3.3 Chemische Verfahren

2.3.3.1 Repellentien

Repellentien sind Substanzen, die Insekten vertreiben. Viele Pflanzen produzieren zur Abwehr von Schädlinginsekten natürliche Repellentien. Repellentien, die zur Insektenabwehr beim Pferd eingesetzt werden, sind:

- Citronellol, gegen Musciden und Tabaniden auch in Kombination mit Pyrethroiden,
- Minz-, Eukalyptus-, Lavendel-, Teebaum- und Nelkenöl,
- Äthyl-Hexandiol, Diäthyl-Toluamid (Mira Fliegenschutz) sind breitenwirksame Repellentien,
- Butoxy-Polypropylenglycol wird häufig in Kombination mit einem Pyrethroid gegen Stomoxys- und Culex-Arten eingesetzt.

2.3.3.2 Insektizide

Chlorierte cyclische Kohlenwasserstoffe

Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT)

DDT ist ein sehr potentes Insektizid, welches sich aber aufgrund seiner hohen Lipophilie in der Nahrungskette anreichert, weshalb in Deutschland die Anwendung seit 1972 verboten ist (LÖSCHER et al., 1997).

Organische Phosphorsäureester

Organische Phosphorsäureester wirken als Kontakt- und Fraßgift, einige flüchtige Verbindungen zusätzlich als Atemgift. Die insektizide Wirkung wird durch die irreversible Hemmung der Cholinesterase erzielt. Hierbei kommt es zu Störungen der neuromuskulären Übertragung, welche Lähmungen nach sich ziehen. Zu den organischen Phosphorsäureestern zählt man Dichlorvos, Fenthion (Tiguvon[®]), Heptenofos (Ragadan[®]) und Phoxim (Sebacil[®]). Diese Substanzen sind für Wirbeltiere nicht unbedenklich, besitzen oft nur eine kurze Wirkdauer bzw. eine nur unzureichende Wirkung.

2.4 Pyrethroide zur Dipterenbekämpfung

Extrakte aus den Blüten verschiedener Chrysanthemenarten sind seit Jahrhunderten als Insektizide bekannt. Um 1840 wurde in Dalmatien mit dem kommerziellen Anbau vor allem von *Chrysanthemum cinerariaetolium* begonnen. Die getrockneten Blüten wurden als wirksames Insektenpulver (Dalmatinisches oder Persisches Pulver) nach Europa und Amerika exportiert. Bei den Pyrethrinen handelt es sich chemisch um die optisch aktiven Ester der (+)-trans-Chrysanthemumsäure, der (+)-trans-Pyrethrinsäure und der Ketoalkohole (+)-Pyrethrolon, (+)-Cinerolon und (+)-Jasmolon (MARQUARDT u. SCHÄFER, 1994).

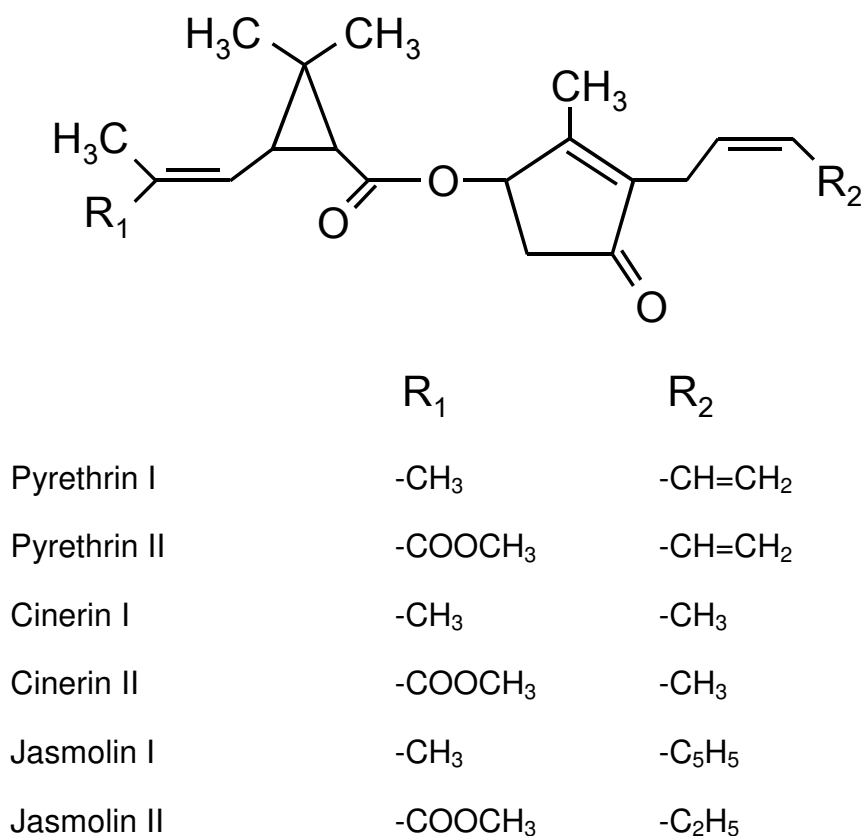


Abb. 2: Chemische Struktur der Hauptwirkstoffe des Pyrethrum. Pyrethrum besteht im Wesentlichen aus sechs optisch aktiven Estern der (+)-trans-Chrysanthemumsäure, der (+)-trans-Pyrethrinsäure und der Ketoalkohole (+)-Pyrethron, (+)-Cinerolon und (+)-Jasmolon (MARQUARDT u. SCHÄFER, 1994).

In den Zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts wurden große Pyrethrum-Plantagen in Kenia angelegt. Pyrethrum wurde hauptsächlich als Schutzmittel für Getreide eingesetzt. Im Zweiten Weltkrieg kamen Pyrethrum-Aerosolbomben zur Malariabekämpfung aus der Luft zum Einsatz (www.free.de/wila/derik).

RUZICKA und STAUDINGER entdeckten 1912 die chemische Struktur des Pyrethrum und ebneten damit den Weg für die Synthese von strukturell ähnlichen Verbindungen, den Pyrethroiden (MARQUARDT u. SCHÄFER, 1994). Mit Allethrin und Biollethrin wurden 1949 (SCHECHTER et al., 1949) die ersten praktisch anwendbaren Pyrethroide hergestellt (NÖLKE, 1987). Diese Pyrethroide der ersten

Generation waren noch instabil gegenüber Wärme, Licht und Sauerstoff (NÖLKE, 1987). ELLIOT konnte 1972 (ELLIOT et al., 1974) das photostabile Permethrin, ein Pyrethroid der zweiten Generation synthetisieren. Er ersetzte Methylgruppen durch Chlor und veresterte die Cyclopropan-carbonsäure mit 3-Phenoxybenzylalkohol. Durch die Veresterung wurde die Photostabilität verbessert (MARQUARDT u. SCHÄFER, 1994).

Weitere zu den Pyrethroiden der zweiten Generation zählende Verbindungen sind Cypermethrin (ELLIOT et al., 1978), Fenvalerat (SUMIMOTO, 1976) und Resmethrin (1965).

2.4.1 Entwicklung der Deltamethrine

Deltamethrin ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$) ist eine weiße kristalline oder pulverförmige Substanz mit einem Schmelzpunkt von 98°C und einen Siedepunkt von 300°C (www.vetpharm.unizh.ch/WIR/00005291/8635-00.htm).

ELLIOTT et al. konnten 1974 erstmalig Deltamethrin, ein Pyrethroid der zweiten Generation, synthetisieren. Es besitzt eine alpha-cyano-3-phenoxybenzyl-Gruppe.

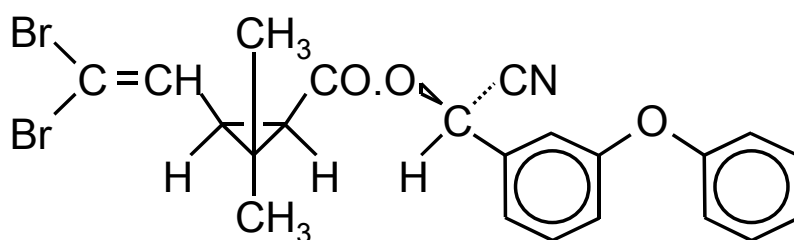


Abb. 3: Deltamethrin ($C_{22}H_{19}Br_2NO_3$), Strukturformel (MARQUARDT u. SCHÄFER, 2002)

2.4.2 Wirkungsweise der Pyrethroide auf Insekten

Pyrethroide sind Kontaktinsektizide. Es werden eine Paralyse („knock-down effect“), die durch z.T. langanhaltende Bewegungslosigkeit gekennzeichnet ist, welche aber häufig reversibel ist, ein „killing effect“, bei dem der Tod nach Kontakt eintritt und eine repellierende Wirkung, z.B. bei Permethrin und Deltamethrin beobachtet (MARQUARDT u. SCHÄFER, 2002).

Die selektiv neurotoxisch wirkenden Pyrethroide gelangen durch passive Penetration durch die Wachskanäle, die intersegmentalen Ringe oder durch Trachealkanäle in die Insekten (NÖLKE, 1987). Pyrethroide lösen eine langanhaltende Öffnung bzw. Blockade von Na-Kanälen an den Nervenzellmembranen aus. Durch den verlängerten Na-Einstrom in die Zelle wird eine Dauerdepolarisation und Leitungsblockade ausgelöst. Besonders empfindlich sind sensorische Neuronen und neurosekretorische Zellen und Nervenendigungen (www.vetpharm.unizh.ch/WIR/00005291/863500.htm). Initiale Erregungszustände, gefolgt von Koordinationsstörungen, Lähmungen und Tod (LÖSCHER u. UNGEMACH, 1997) sind die Folge. Bei Typ II Pyrethroiden wird außerdem ein inhibitorischer Effekt an den Gamma-Aminobuttersäure (GABA)-vermittelten Chlorid-Kanälen beobachtet.

2.4.3 Wirkungsweise auf Säuger

Die toxische Wirkung der Pyrethroide auf Säuger ist zunächst von der Aufnahmeart abhängig. Im Allgemeinen wird die Pyrethroidaufnahme über die gesunde Haut als relativ gering eingeschätzt, allerdings sollen sich durch eventuelle Vorschädigungen z.B. Verletzungen oder Allergien die Resorptionsrate und damit auch die Toxizität erhöhen (MARQUARDT u. SCHÄFER, 2002; ESTLER, 2000; KÜHNERT, 1991; OSWALDER, 1996; www.vetpharm.unizh.ch/WIR/00005291/863500.htm). AKTORIES et al. (2005) geben an, dass alle Pyrethroide aufgrund ihrer Lipophilie

gut über Schleimhäute und die Haut aufgenommen werden und eine Anreicherung im Fettgewebe stattfinden kann. Die über die Haut aufgenommenen Pyrethroide haben eine Halbwertszeit (HWZ) zwischen 7-22 Stunden im Plasma (1. Eliminationsphase) und bis zu 30 Tagen im Fettgewebe (2. Phase) (AKTORIES et al., 2005). Bei Kontakt von Pyrethroiden mit der äußeren Haut oder Schleimhaut kann es zu Reizerscheinungen (Kontakt-Dermatitis), Taubheitsgefühlen und Kribbeln kommen.

Im Magen-Darm-Trakt werden Pyrethroide schlecht resorbiert und in der Leber in Form von Metaboliten eliminiert, wodurch sich für oral aufgenommene Pyrethroide eine relativ geringe Toxizität für Säuger ergibt. Nach Aufnahme kann es zu Übelkeit, Erbrechen und anhaltenden Durchfällen kommen. Bei intravenöser Verabreichung sind alle Pyrethroide hochtoxisch, da sie ihren Wirkungsort, die Nervenzelle, direkt erreichen (www.free.de/WiLa/derik/Insektizide.Teil5.html).

Nach den Befunden an Warmblütern unterscheidet man ein T-Syndrom (Tremor der gesamten Motorik) von einem CS-Syndrom (Choreoathetose und Salivation). Das T-Syndrom ist für Pyrethroide ohne Cyano-Gruppe (CN-Gruppe) charakteristisch.

Tab. 2: Pyrethroide ohne CN-Gruppe und deren Handelsnamen

Wirkstoff	Handelsname
Permethrin	Wellcare [®] emulsion; exspot [®] , Advantix [®] (Permethrin- in Kombination) Rinder Ohrclip virbac
Bioallethrin	-
Resmethrin	-

Die Hauptsymptome einer akuten Vergiftung sind Tremor bis zu Muskelkrämpfen, Übererregbarkeit und Störung der Bewegungskoordination. Pyrethroide mit CN-Gruppe führen bei einer akuten Vergiftung zu Salivation, Erbrechen, Exzitationen, Tremor, klonischen Krämpfen mit Phasen von Paralyse und zu lokalen Parästhesien (Verlangsamung der Bewegungen, CS-Syndrom) (LÖSCHER u. UNGEMACH, 1997).

Tab. 3: Pyrethroide mit CN-Gruppe und deren Handelsnamen

Wirkstoff	Handelsname
Deltamethrin	Butox [®] pour on ; Scalibor [®] Protectorband und Shampoo
Cypermethrin	Flectron [®] (Ohrclips)
Fenvalerat	Tirade [®] (Ohrclips)
Cyfluthrin	Bayofly [®] (Aufguss)

MIREA (2002) stellte Versuche zur Mutagenität von Deltamethrin an und konnte keinerlei Anhaltspunkte für ein Risiko durch mutagene Effekte beim Menschen durch Deltamethrin finden.

2.4.4 Wirkungsweise auf Vögel und Fische

Nach UNGEMACH (1997) reichern sich Pyrethroide bei Hühnern artspezifisch im Gehirn an. Für Fische und aquatische Kleinlebewesen sind alle Pyrethroidverbindungen hochtoxisch (www.vetpharm.unizh.ch/WIR/00005291/8635-08htm).

2.4.5 Metabolismus, Ökotoxizität, Persistenz in der Umwelt

Pyrethrum zersetzt sich leicht (z.B. durch UV-Strahlung) und besitzt deshalb nur eine geringe Umweltpersistenz. Pyrethroide wie das Deltamethrin sind stark lipophil, besitzen einen niedrigen Dampfdruck und zeigen ein hohes Adsorptionsverhalten an feste Körper. Diese Eigenschaften erhöhen die Persistenz besonders auf unbelebten Medien, was bei Anwendungen in Innenräumen zu anhaltenden Kontaminationen führen kann (MARQUARDT u. SCHÄFER, 1994).

Synthetische Pyrethroide können z.B. in Teppichen über Jahre persistieren und so für Kleinkinder, Allergiker und Katzen (aufgrund verminderter Glucuronyltransferaseaktivität) gefährlich werden (www.vetpharm.unizh.ch/clinitox/toxdb/KLT-028.htm).

Im Boden werden Pyrethroide durch Hydrolyse, Photolyse und Mikroorganismen abgebaut. Im Wasser, besonders bei niedrigen pH-Werten und niedrigen Temperaturen, ist die Halbwertszeit deutlich höher als im Boden (MARQUARDT u. SCHÄFER, 1994).

2.4.6 Resistenzentwicklungen

Bei *M. domestica* und *Haematobia irritans* konnten Pyrethroid-resistente Stämme nachgewiesen werden. Die Hauptursache liegt in Kreuz- oder Mehrfachresistenzen mit DDT, welches früher massiv zur Insektenbekämpfung eingesetzt wurde (NÖLKE, 1987).