

**Zur Bedeutung räuberischer Antagonisten für die
Populationsdynamik der Lindenspinnmilbe *Eotetranychus
tiliarium* Hermann im städtischen Grün**

Vom Fachbereich Gartenbau
der Universität Hannover
zur Erlangung
des akademischen Grades eines
Doktors der Gartenbauwissenschaften
– Dr. rer. hort. –
genehmigte Dissertation
von
Dipl.-Ing. agr. Kristina Hasselmann
geboren am 12.12.1969 in Marburg

2003

Referent: Prof. Dr. Hans-Michael Poehling

Korreferent: PD Dr. habil. Hartmut Balder

Tag der Promotion: 9. Mai 2003

Kurzfassung

Zur Bedeutung räuberischer Antagonisten für die Populationsdynamik der Lindenspinnmilbe *Eotetranychus tiliarium* Hermann im städtischen Grün

Lindenspinnmilbe *Eotetranychus tiliarium* Hermann - Antagonisten - Stadtgrün

Ziel dieser Arbeit war es, die Räuber-Beute-Beziehung wichtiger Antagonisten zur Lindenspinnmilbe *Eotetranychus tiliarium* Hermann im Hinblick auf die biologische Spinnmilbenbekämpfung an Straßenbäumen zu untersuchen.

E. tiliarium ist ein Schädling, der zu vorzeitiger Verbräunung und Blattfall an *Tilia* sp. führen kann. Nicht selten treiben zumindest die unteren Zweige der Bäume im Spätsommer erneut aus. Als wichtigste Gegenspieler der Lindenspinnmilbe gelten die Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae. Die Beziehung zwischen Raubmilben und Spinnmilben auf Gehölzen ist bisher nur wenig untersucht worden. Aus diesem Grund wurden drei Jahre lang populationsdynamische Erhebungen in Baumkronen geführt. Dabei lag der Schwerpunkt auf dem möglichen Einfluss der Umfeldgestaltung und der anthropogenen Belastung auf die Schädlings- und Nützlingspopulation. Dafür wurden unterschiedliche Standorte gewählt, deren Bäume in versiegelten Flächen auf der sonnigen und schattigen Hauptstraße sowie in einer ruhigen Nebenstraße standen. Dabei lag die Annahme zugrunde, dass durch die Standortgestaltung das Mikroklima in der Baumkrone unterschiedlich ist. Deswegen wurden die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit zeitweise mit mobilen Geräten gemessen. Zudem wurde die Witterung der drei Jahre verglichen. Um den Einfluss der Wirtspflanze auf die Abundanz von Schädling und Antagonisten beurteilen zu können, wurden in einem Jahr unterschiedlich stark anfällige Lindenarten (*Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill.) in einem Park mit einbezogen.

Das Nützlingsspektrum war an allen Standorten gleich. Es wurden neun Raubmilbenarten gefunden, von denen am häufigsten *Euseius finlandicus* (Oudemans) auftrat. Erstnachweise wurden für *Anthoseius foenilis* (Oudemans) und *Seiulus aceri* (Collyer) für Deutschland und für letztere zusätzlich für ein Stadtgebiet erbracht. Eine Räuber-Beute-Beziehung konnte nur an den Parkbäumen *T. platyphyllos* und *T. cordata* festgestellt werden. An den Straßenstandorten (*Tilia x vulgaris* `Pallida´) waren keine eindeutigen Zusammenhänge von Raubmilben und ihrer Beute, der Standortgestaltung oder dem Mikroklima zu erkennen. Ihre Verteilung war an den verschiedenen Standorten und in den verschiedenen Jahren nahezu gleichmäßig und erreichte ein Maximum von 0,1 Milben/cm² Blattfläche. Damit scheinen Raubmilben sehr stabile und anpassungsfähige biologische Eigenschaften zu haben, zumal

die gefundenen Arten nicht auf Spinnmilben als Nahrung angewiesen sind. Dagegen wurde die Spinnmilbenpopulation von der Jahreswitterung und vom Umfeld beeinflusst. Der stärkste Befall lag stets auf der sonnigen Hauptstraßenseite mit maximal 9 Milben/cm² Blattfläche vor. Im Gegensatz dazu konnten sich in der Nebenstraße keine Populationen aufbauen. Von den Insekten traten Wanzen und Marienkäfer am häufigsten auf. Es wird angenommen, dass neben der Familie Anthocoridae auch die räuberischen Wanzen aus der Familie Miridae einen großen Beitrag zur Spinnmilbenreduzierung leisten können. Ein Zusammenhang zwischen Wanzen und Spinnmilben konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Der auf Spinnmilben spezialisierte Marienkäfer *Stethorus punctillum* Weise zeigte zwar eine Abhängigkeit von der Beutedichte, trat aber dennoch nur in geringer Zahl auf. Allerdings zeichnet sich dieser Käfer durch eine hohe Fraßleistung aus.

Als Grund für die unterschiedliche Anfälligkeit der Sommerlinde wird die schnelle Vermehrung von *E. tiliarium* angenommen. Die Spinnmilbe legte auf dieser Art 12 Eier mehr ab als auf *T. cordata*. Die Ursache wurde nicht untersucht. Der Schädling kann auch bei niedrigen Temperaturen hohe Populationen aufbauen, was besonders zu Vegetationsbeginn von Vorteil ist. Im Gegensatz dazu waren die Raubmilbe *Amblyseius andersoni* (Chant) und der Marienkäfer *S. punctillum* nicht in der Lage, sich bei 13 °C weiter zu entwickeln oder Eier abzulegen. Andererseits war die Fraßleistung von *A. andersoni* bei niedriger Temperatur relativ hoch. Die drei untersuchten Raubmilbenarten (*A. andersoni*, *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) und *E. finlandicus*) entwickelten sich unterschiedlich schnell, dennoch schneller als die Spinnmilbe. Die Eiablage von *M. longipilus* war doppelt so hoch wie die von *A. andersoni*. Trotzdem legte die Spinnmilbe weitaus mehr Eier ab. Neben der hohen Eiablage zeichnete sich *M. longipilus* durch die beste räuberische Leistung aus. Demnach ist die Abundanz der standorttypischen Raubmilben nicht allein für die Regulierung des Schädlings von Bedeutung. Für *M. longipilus* wurde ein Räuber-Beute-Verhältnis errechnet, das nicht über 1:30 liegen darf, um eine ausreichende Bekämpfung zu gewährleisten.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das tritrophe System Pflanze-Schädling-Nützling sehr kompliziert ist. Dies nicht nur wegen der verschiedenen Nützlinge, sondern auch wegen der Vielzahl abiotischer und biotischer Einflüsse. Allein die Charakterisierung dieser Einflüsse stellte sich als schwierig heraus. Außerdem sind weitere Messungen des Mikroklimas am Blatt notwendig, um differenziertere Aussagen über den Einfluss der Standortgestaltung auf das Mikroklima machen zu können. Aufgrund der heterogenen Standortsituation, wird es auch in Zukunft nur bedingt möglich sein, allgemeingültige Rückschlüsse aus solchen Untersuchungen zu ziehen. Dennoch wurde erkannt, dass aufgrund der räuberischen Leistung einzelner Raubmilbenarten durchaus Chancen bei der biologischen Schädlingsbekämpfung an Straßenbäumen bestehen.

Summary

Importance of predatory antagonists for the population dynamic of the lime tree spider mite *Eotetranychus tiliarium* Hermann on urban trees

lime tree spider mite *Eotetranychus tiliarium* Hermann - antagonists - urban trees

It was objective of the thesis to explore the predator-prey-relationship of important antagonists to the lime tree spider mite *Eotetranychus tiliarium* Hermann with regard to a biological spider mite abatement on street trees.

E. tiliarium is a pest that can lead to an early leaf brown colouring and to a fall off on *Tilia* sp. Very often the lower branches of these trees foliate again in late summer. The most important opponents of the lime tree spider mite are the predatory mites which are of the family of Phytoseiidae. The relationship between predatory mites and spider mites on wood is hardly explored in detail. This was the reason to conduct a population dynamic survey on lime tree crowns. Focus was set on a possible influence of the environmental design and anthropogenical load of the pest and beneficial population. Therefore different locations were chosen with tree sites in asphalted areas on a sunny and a shadowy main road as well as on a quite side street. Temperature and relative humidity were temporarily gauged by mobile devices based on the presumption that through the location facts the mikro climate in the crowns would be different. In addition the weather of the past three years were compared. To be able to evaluate the influence of the host on the abundance of pests and antagonists different kinds of sensitivity in lime trees (*Tilia platyphyllos* Scop. and *Tilia cordata* Mill.) in a park were included in one year.

The spectrum of beneficial population was the same at all locations. Nine predatory mites were found, the most of which were *Euseius finlandicus* (Oudemans). First time evidence was provided for *Anthoseius foenilis* (Oudemans) and *Seiulus aceris* (Collyer) for Germany and also for a city area for the latter. A predator-prey-relationship could only be determined on park trees (*T. platyphyllos* and *T. cordata*). On street locations (*Tilia x vulgaris* `Pallida`) no explicit coherences of predatory mites and their prey, location design or micro climate were asserted. Their allocation at the different sites and in different years was almost equally and reached a maximum of 0,1 mites/cm² per leaf area. This seems to proof that predatory mites have very stable and adaptable biological characteristics the more so as the species found does not depend on spider mites as being their food. In contrast the spider mite population was affected by the weather and by environment. The strongest infestation was always on the sunny mainroad side with a maximum of nine mites/cm² per leaf area. Contrary to that no population grew in the side roads. From the species of insects the

predatory bugs and the ladybirds appeared most frequently. In addition to the families of Anthocoridae predatory bugs from the family of Miridae are also supposed to contribute largely to a reduction of spider mites. A correlation between predatory bugs and spider mites could not be proved. The ladybird *Stethorus punctillum* Weise which is specialized on spider mites showed a dependence on density of prey density but only little numbers could be found. However this beetle was characterized by a high level of food consumption.

The fast reproduction of *E. tiliarium* is seen as a reason for the varying susceptibility of the summer lime tree. The spider mite laid 12 more eggs on a summer lime tree than on a *T. cordata*. The cause was not ascertained. The pest can build up high populations even at low temperatures which is an advantage at the beginning of vegetation period. The predatory mite *Amblyseius andersoni* (Chant) and the ladybird *S. punctillum* were contrariwise not able to develop or to lay eggs at a temperature of 13 °C. The food consumption of *A. andersoni* was on the other hand relatively high at low temperatures. The three ascertained predatory mites (*A. andersoni*, *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) and *E. finlandicus*) developed faster than the spider mite but the developmental time differed among each other. *M. longipilus* laid twice as much eggs as *A. andersoni*. Nevertheless the spider mite laid much more eggs. *M. longipilus* laid a lot of eggs and featured the best predatory performance. According to this the abundance of location typical predatory mites is not solely of importance for the regulation of the pest. For *M. longipilus* a predator-prey relationship not above 1:30 was calculated in order to keep a sufficient abatement.

The investigations showed that the trophic system plant-pest-beneficial is very complex. Not only because of the different beneficial organisms but also because of a high number of abiotic and biotic influences. Already the characterization of the influences turned out to be difficult. Furthermore additional measurements of the leaves are necessary in order to make differentiated propositions about the influence of location on the microclimate. Due to a heterogeneous location it is rarely possible to draw conclusions out of such examinations. Still it could be seen that there is a chance to use single predatory mites based on their predatory performance as a biological pest control on street trees.

1 Einleitung	1
2 Forschungsstand zu <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann und ihrer Antagonisten	5
2.1 <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	5
2.2 Antagonisten	8
2.2.1 Raubmilben	8
2.2.2 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	11
2.2.3 Weitere Gegenspieler	14
3 Material und Methoden	17
3.1. Freilandenerhebungen	17
3.1.1 Standortauswahl	18
3.1.1.1 Untersuchungen zur Umfeldgestaltung	18
3.1.1.2 Untersuchungen zur Lindenart	19
3.1.2 Erhebung, Auszählung und Bestimmung von Milben und Insekten	21
3.1.3 Witterung	26
3.2. Untersuchungen zur Biologie und Lebensweise von <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann und ihrer Antagonisten	26
3.2.1 Zucht	26
3.2.1.1 <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	26
3.2.1.2 Antagonisten	27
3.2.1.2.1 Raubmilben	27
3.2.1.2.2 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	28
3.2.2. Biologische Parameter	30
3.2.2.1 <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	31
3.2.2.2 Antagonisten	32
3.2.2.2.1 Raubmilben	32
3.2.2.2.2 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	32
3.2.3 Untersuchungen zur Effektivität der Antagonisten	33
3.2.3.1 Kurzzeitige Fraßleistung	34
3.2.3.2 Untersuchungen zur Effektivität von Raubmilben unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Räuber und Beute	35
3.3. Statistische Auswertung	38
4 Ergebnisse	39
4.1 Populationsdynamik von Räuber und Beute in Abhängigkeit von abiotischen Einflussfaktoren	39
4.1.1 Standortumfeld	39
4.1.1.1 <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	39
4.1.1.2 Raubmilben	41
4.1.1.3 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	44
4.1.1.4 Sonstige Nützlinge	44
4.1.2 Witterung	47
4.1.2.1 Jahreswitterung	47
4.1.2.2 Mikroklima	50
4.1.3. Lindenart	52
4.1.3.1 <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	52
4.1.3.2 Raubmilben	52
4.1.3.3 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	54
4.1.3.4 Sonstige Nützlinge	54

4.1.4 Nachgewiesene Arten aus den Familien Phytoseiidae, Anthocoridae und Miridae	55
4.1.4.1 Phytoseiidae	56
4.1.4.2 Anthocoridae und Miridae	57
4.2 Untersuchungen zu biologischen Parametern von <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann und ihrer Antagonisten	58
4.2.1 <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	58
4.2.1.1 Entwicklung	58
4.2.1.2 Eiablage	60
4.2.2 Untersuchungen zur Biologie der Antagonisten	62
4.2.2.1 Raubmilben	62
4.2.2.1.1 Entwicklung	62
4.2.2.1.2 Eiablage	65
4.2.2.2 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	68
4.2.2.2.1 Entwicklung	68
4.2.2.2.2 Eiablage	70
4.2.2.2.3 Überwinterung	70
4.2.2.3 Verhaltensweisen der Antagonisten	70
4.2.2.3.1 Raubmilben	71
4.2.2.3.2 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	72
4.3 Untersuchungen zur Effektivität der Antagonisten von <i>Eotetranychus tiliarium</i> Hermann	74
4.3.1 Raubmilben	74
4.3.1.1 Kurzzeitige Fraßleistung	74
4.3.1.1.1 Beutedichte	74
4.3.1.1.2 Temperatur	75
4.3.1.2 Untersuchungen zur Effektivität unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Räuber und Beute	78
4.3.2 <i>Stethorus punctillum</i> Weise	82
5 Diskussion	85
6 Zusammenfassung	104
7 Literatur	107
8 Anhang	120

1 Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Räuber-Beute-Beziehung wichtiger Antagonisten zu einem bedeutenden Schädling an Straßenbäumen in der Stadt zu untersuchen. Entstanden ist sie aus einem vom Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten (seit 2000 Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) finanzierten Projekt.

Das öffentliche Grün und insbesondere die Straßenbäume werten das Stadtbild und die Lebensqualität der Bewohner auf. Bäume verbessern die Luft, bieten Schatten, vermindern Wind und Lärm, stellen Ruheplätze dar und verschönern Straßen und Plätze. Sie bringen Natur in die Stadt. Aufgrund unbefriedigender Standortverhältnisse und mangelnder Pflege sind Straßenbäume oftmals sehr anfällig für nicht-parasitäre und parasitäre Schadensursachen. Die Bodenbedingungen entsprechen selten den natürlichen Verhältnissen, und durch Bodenverdichtung und Flächenversiegelung wird die Wasser- und Nährstoffzufuhr behindert. Weiterhin sind Straßenbäume unmittelbar Stressfaktoren ausgesetzt wie Streusalz, hohen Kohlenmonoxidkonzentrationen, dem Stadtklima mit höherer Temperatur und niedrigerer Luftfeuchtigkeit (KÜHN, 1961; MEYER, 1982; SUKOPP, 1990; BROD, 1991; LEH, 1993; BALDER et al., 1997). Aus diesen Gründen wäre es wichtig, die Widerstandsfähigkeit der Bäume durch optimale Bedingungen zu stärken. Zu berücksichtigen ist die Wahl der Pflanzenart für den jeweiligen Standort, die Größe des Pflanzloches, das Substrat und eventuelle Störfaktoren im Wurzel- und Kronenbereich. Es gibt viele Gründe, warum diese Forderungen in der Stadt nicht hinreichend erfüllt werden können. Nicht selten entstehen Störfaktoren in vorhandenen Baumbeständen, die bei der Pflanzung noch nicht vorherzusehen waren. So kann sich das Umfeld während der Standzeit eines Baumes verändern. Bebauung oder Abriss kann zum Beispiel bedeuten, dass Bäume, die zuvor im Schatten standen, der Sonne ausgesetzt sind und umgekehrt. Die Verlegung und Ausbesserung von Rohren und Kabeln im Untergrund können zu Schäden oder Einschränkungen von Wurzeln führen. Zudem hat das Erscheinungsbild einer Straße Vorrang vor der Pflanzenauswahl, zum Beispiel wird in einer Eichenallee selten eine Linde nachgepflanzt. Nicht-parasitäre Schäden werden zum Teil durch Bewässerung, Düngung und Schnitt ausgeglichen, hingegen werden parasitäre Schäden am Straßenstandort meistens geduldet. Zu diesen Problemen kommt hinzu, dass die Pflege des öffentlichen Grüns durch den Sparkurs vieler Städte und Kommunen abnimmt. Dabei ist die Gesunderhaltung von Straßenbäumen nicht nur wegen ihrer Bedeutung für die Lebensqualität der Menschen, sondern auch aus ökonomischer Sicht bedeutsam (BALDER et al., 1997). Zur Bekämpfung von parasitären Schäden bieten sich biologische

Pflanzenschutzverfahren an, da im öffentlichen Grün die Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln aus mehreren Gründen problematisch ist. Zum einen wird die Anwendung chemischer Mittel durch Anwohner abgelehnt. Zum anderen ist das Ausbringen der Mittel, besonders bei der Behandlung von großen Bäumen, sehr schwierig. Außerdem ist die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln durch Auflagen des Pflanzenschutzgesetzes und landesspezifischer Gesetze und Verordnungen eingeschränkt. In Berlin dürfen nach dem Berliner Naturschutzgesetz NatSchG Bln, in der Fassung vom 10. Juli 1999, zum Beispiel keine Pflanzenschutzmittel im Freien außerhalb landwirtschaftlich und erwerbsgärtnerisch genutzter Flächen angewendet werden, die in der Gefahrstoffverordnung als sehr giftig oder giftig eingestuft werden (GVBl., S. 390).

Der biologische Pflanzenschutz, dessen Geschichte viele Jahrhunderte zurückreicht, ist in den letzten 20 Jahren stärker in das Bewusstsein getreten. Gründe dafür sind vor allem unerwünschte Nebenwirkungen chemischer Pflanzenschutzmittel. Hier sind unter anderem die Resistenzbildung von Schadorganismen gegen Wirkstoffe als Folge jahrelanger Anwendung und die Wirkung auf Nichtzielorganismen zu nennen (u. a. SCHÖNBECK et al., 1988). Obwohl die Anforderungen bei Pflanzenschutzmittelzulassungen gestiegen sind, können unerwünschte Nebenwirkungen bei vorhandener Wirksamkeit der Produkte nicht ausgeschlossen werden. Verfahren der biologischen Bekämpfung von tierischen Schädlingen sind die Schonung und Förderung natürlich vorkommender Gegenspieler, die Einführung von Nutzorganismen zur dauerhaften Einbürgerung und die Massenvermehrung und Freilassung von Nutzorganismen (KRIEG und FRANZ, 1989). Vornehmlich werden sie im Gemüsebau, im Obst- und Weinbau und im Zierpflanzenbau angewendet. Beispiele sind der Einsatz der Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot gegen die gemeine Spinnmilbe *Tetranychus urticae* Koch im Unterglasanbau und der Einsatz von Trichogramma-Schlupfwespen im Maisanbau. Im öffentlichen Grün werden bisher vereinzelt Dickmaulrüssler mit Nematoden und Spinnmilben an Rosen mit Raubmilben biologisch bekämpft (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT, 2000). Viele Standardverfahren für die Schädlingsbekämpfung im Unterglasanbau konnten sich entwickeln, weil die klimatischen Bedingungen den Ansprüchen der Nutzorganismen besser angepasst und der erfolgreiche Einsatz beziehungsweise die Wirkung leichter kontrolliert werden können. Dagegen ist die Witterung im Freiland nicht steuerbar und die natürliche Zu- und Abwanderung von Schad- und Nutzorganismen erschwert den biologischen Pflanzenschutz. Eine Übertragung der oben genannten Verfahren auf den Straßenstandort erscheint dennoch möglich. Denkbar sind sowohl die Förderung und Schonung aber auch zum Beispiel die Freilassung massenvermehrter Nützlinge bei akutem Schädlingsbefall. Allerdings liegen kaum Daten zur

Populationsdynamik von Schädlingen und Nützlingen an Straßenbäumen vor. Untersuchungen zur Insektenfauna an Bäumen im öffentlichen Grün wurden lange Zeit unterlassen, da Städte als lebensfeindlich galten (OLTHOFF, 1986). Erste Untersuchungen in Deutschland wurden von KÜHNELT (1977), KLAUSNITZER et al. (1980), OLTHOFF (1986), LONGARDT und BALDER (1991) und PRADEL et al. (1997) durchgeführt.

An Berliner Stadtbäumen der Gattung *Tilia* wiesen LONGARDT und BALDER (1991) und PRADEL et al. (1997) *Eotetranychus tiliarium* Hermann als wichtigen Schädling nach. Außerdem fanden die Autoren ein breites Nützlingsspektrum an Straßenbäumen vor. Aufbauend auf ihren Ergebnissen wurde der Schwerpunkt in der vorliegenden Arbeit auf diesen Schädling und seine Antagonisten gelegt. *E. tiliarium* kann starke Schäden an *Tilia* sp. verursachen, die nicht selten zu vorzeitigem Laubfall und erneutem Austrieb im Sommer führen (SCHLISSKE, 1989; SCHRÖDER, 1989; BOGATKO, 1990; LONGARDT und BALDER, 1991). Dadurch verliert der Baum an Vitalität und wird anfälliger für parasitäre und nicht-parasitäre Schäden. Als wichtigste Gegenspieler der Lindenspinnmilbe gelten die Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae.

Um festzustellen, ob eine Räuber-Beute-Beziehung an den Straßenbäumen vorliegt, wurden populationsdynamische Erhebungen in der Baumkrone geführt. Aus der Literatur sind bislang überwiegend einmalige Erhebungen zum Auftreten von Raubmilben und Spinnmilben auf Gehölzen bekannt (s. Kap. 2.1 und 2.2.1). Bei der Wahl der Straßenstandorte wurde die Umfeldgestaltung berücksichtigt. Für ihre Charakterisierung war neben Bebauung und Flächenversiegelung die Begrünung ein wichtiges Kriterium. Denn aus dem Obst- und Weinbau ist bekannt, dass Nützlingspopulationen durch umgebendes Grün gefördert werden und in die Kultur einwandern (u. a. HILL und SCHLAMP, 1985; BOLLER und REMUND, 1986a; WYSS, 1993; WYSS et al., 1995). Zudem wurde die Stärke des Straßenverkehrs berücksichtigt, weil sich die Verkehrsimmissionen positiv auf Schädlinge oder auch negativ auf Nützlinge auswirken können (u. a. FLÜCKIGER et al., 1991; GATE et al., 1995). Durch Immissionen wird vor allem der Gehalt an Stickstoffoxiden in der Luft erhöht. Untersuchungen zeigen, dass eine Erhöhung des Stickstoffgehaltes in Pflanzen ein stärkeres Populationswachstum von Spinnmilben herbeiführt und die Pflanzenabwehr herabsetzt (u. a. BADEGANA und PAYNE, 2000; HOFFLAND et al., 2000). Andere Autoren wiesen einen negativen Einfluss von Schwermetallen und Stickstoffverbindungen aus der Luft auf in Baumkronen lebenden Raubmilben nach (SENICZAK et al., 1993; SENICZAK et al., 1997).

In Laborversuchen wurde die Biologie und die Prädatorleistung verschiedener Raubmilben (*Amblyseius andersoni* (Chant), *Euseius finlandicus* (Oudemans), *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt)) in Abhängigkeit von zwei Aspekten untersucht: Temperatur und Wirtspflanzenart. Die Temperatur ist der wichtigste abiotische Faktor bei der Bildung von Spinnmilbenpopulationen. Deswegen wurden biologische Parameter von *E. tiliarium* und Raubmilben bei durchschnittlichen Frühjahrs- und Sommertemperaturen untersucht. Neben vielen weiteren Faktoren, die eine Schädlingspopulation beeinflussen können, wie Luftfeuchtigkeit, Wind, Strahlungsintensität, inter- und intraspezifische Konkurrenz, ist das Blatt als Nahrungsgrundlage von großer Bedeutung. Von einigen Autoren wurde nachgewiesen, dass die Entwicklung der Spinnmilben auch von den Blattinhaltsstoffen und der Struktur der Blattfläche abhängt (u. a. LARSON und BERRY, 1984; GOTOH, 1987). Dies könnte erklären, warum einige Lindenarten anfälliger als andere sind. Die Ursache dafür könnte aber auch eine noch unbekannte Beeinflussung der Antagonisten durch die Pflanzenart sein. Um dieser Frage nachzugehen, wurden *E. tiliarium* und Raubmilben auf der anfälligen Lindenart (*Tilia platyphyllos* Scop.) und der weniger anfälligen Lindenart (*Tilia cordata* Mill.) untersucht (HENNEBO, 1960). Vergleichende Untersuchungen sind nur von KROPCZYNSKA et al. (1988), BOZAI und BREAM (1996) und BREAM und BOZAI (1996) mit *E. tiliarium* und Raubmilben bekannt. GOTOH (1987) machte Versuche mit *E. tiliarium* von *Alnus* sp. Weitere Autoren arbeiteten zwar mit den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Raubmilben, allerdings mit anderen Beutetieren oder alternativer Nahrung (u. a. HOYING und CROFT, 1977; AMANO und CHANT, 1986; SCHAUSBERGER, 1991, 1992 und 1998 und BROUFAS und KOVEOS, 2000).

Neben den Raubmilben wurde als weiterer Antagonist *Stethorus punctillum* Weise gewählt. Dieser heimische Käfer könnte wegen seiner Spezialisierung auf Spinnmilben ein wichtiger Faktor bei der Regulierung des Schädlings sein. Die Effektivität der Gattung *Stethorus* ist in der Literatur umstritten, wird aber von einigen Autoren als sehr wichtig beurteilt (u.a. PUTMAN, 1955; READSHAW, 1971 und 1975; BAILEY und CAON, 1986). Versuche zu biologischen Parametern und der regulierenden Wirkung wurden unter anderem von PUTMAN (1955), BRAVENBOER (1959) und SEKEROGLU und YIGIT (1992) untersucht. Bisher liegen keine Untersuchungen zu diesem Käfer mit *E. tiliarium* als Beute vor.

2. Forschungsstand zu *Eotetranychus tiliarium* Hermann und ihrer Antagonisten

2.1 *Eotetranychus tiliarium* Hermann

E. tiliarium wird der Familie Tetranychidae, der Unterfamilie Tetranychinae und der Gattung *Eotetranychus* Oudemans zugeordnet. *Eotetranychus* stellt die zweitgrößte Gattung aus der Unterfamilie Tetranychinae mit über 100 Arten dar (GUTIERREZ, 1985). Für *E. tiliarium* gibt es verschiedene Synonyma wie *Trombidium tiliarium* Hermann, *Tetranychus telarius* Hirst, *Tetranychus tiliarium* Koch, *Schizotetranychus tiliarium* Hermann, *Acarus telarius* L., um nur einige zu nennen (FRITZSCHE, 1964). Wirtspflanzen sind neben *Tilia*, *Acer* sp., *Aesculus* sp., *Alnus* sp., *Crataegus* sp., *Corylus* sp., *Fraxinus* sp., *Platanus* sp., *Populus* sp. und *Salix* sp. Verbreitet ist die Lindenspinnmilbe in ganz Europa, sie kommt zudem an *Tilia* in Amerika vor (SCHWENKE, 1972).

Die Weibchen der Lindenspinnmilbe sind 0,4 mm lang, länglich bis oval geformt, hellgelb bis orangerot gefärbt und besitzen karminrote Augen (FRITZSCHE, 1964; SCHWENKE, 1972), (Abb. 4, Tafel 1). Das Verhalten weist Parallelen zu Arten der Gattung *Tetranychus* auf: Die Milben sind nur auf der Blattunterseite zu finden, und die Weibchen spinnen reichlich, aber lockere Netze (GUTIERREZ und HELLE, 1985). Durch das Besaugen der Epidermiszellen entstehen zunächst kleine, sich später ausbreitende helle Flecke (Abb. 3, Tafel 1). Die Blätter verfärben sich vor allem bei Trockenheit braun und fallen vorzeitig ab (Abb. 1, Tafel 1). Darauf reagieren die Bäume nicht selten mit erneutem Austreiben im Spätsommer (Abb. 2, Tafel 1). Der Spinnmilbenbefall kann zwischen den einzelnen Blättern stark variieren. Im Allgemeinen setzt der Höhepunkt einer Spinnmilbenpopulation in einem befallenen Bereich einige Tage nach der Eiablage der jungen Weibchen ein. Kurze Zeit später kommt es zum explosionsartigen Anstieg der Population. Daraufhin suchen die jüngeren Stadien neue Ressourcen auf (SABELIS, 1985b). *E. tiliarium* bildet im Laufe des Jahres 3 bis 5 Generationen und überwintert als begattetes Weibchen unter Blättern, Moos, am Fuß der Bäume oder in der obersten Bodenschicht FRITZSCHE (1964). Das Phänomen der Massenabwanderung im Herbst, wobei der so genannte Eisspiegel (Abb. 5, Tafel 1) entstehen kann, wurde schon von ZACHER (1922) beobachtet. Demnach sammeln sich die Weibchen beim Abwandern von der Krone in Gespinsten an Stämmen und Ästen.

Untersuchungen in Berlin an neun *Tilia* sp. zeigen, dass die Ausbildung von Schadsymptomen, besonders durch *E. tiliarium* hervorgerufen, zwischen den Arten sehr schwankt. *T. platyphyllos* Scop., *T. heterophylla* Vent. und *T. x vulgaris* Hayne waren am stärksten befallen. Im Gegensatz dazu rief *E. tiliarium* an *T. tomentosa* Moench, *T. petiolaris*

DC., *T. mongolica* Maxim. und *T. americana* L. keine Blattschäden hervor, obwohl Spinnmilben vorhanden waren (BALDER et al., im Druck). Untersuchungen in Polen ergaben, dass *T. tomentosa*, *T. caucasica* Rupr., *T. americana* und *T. x varsaviensis* Kobendza anfällig, *T. insularis* Nakai und *T. x europaea* (= *T. x vulgaris*) dagegen weniger anfällig gegenüber *E. tiliarium* sind. An *T. x euchlora* K. Koch und *T. platyphyllos* wurden in trockenen heißen Jahren bis zu 500 Milben/Blatt gezählt, während in durchschnittlichen Jahren ca. 5 Milben/Blatt auftraten (BAGATKO, 1990). LONGARDT und BALDER (1991) und PRADEL et al. (1997) fanden heraus, dass *E. tiliarium* vor allem an stark befahrenen innerstädtischen Straßen auftritt. Dagegen wurde an Parkbäumen ein geringerer Befall beobachtet. Dasselbe stellten KROPCZYNSKA et al. (1988) fest und geben als Ursache höhere Aminosäuregehalte als Folge des im Winter ausgebrachten Streusalzes an.

Tafel 1: Befall an *Tilia* sp. mit *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Abb. 1 (oben): Befall mit *Eotetranychus tiliarium* Hermann an *Tilia* sp.
(Foto: Balder)

Abb. 3 (oben): Charakteristische Blattnekrosen verursacht durch *Eotetranychus tiliarium* Hermann
(Foto: Balder)

Abb. 2 (unten): Neuaustrieb schlafender Knospen im Spätsommer nach Befall mit *Eotetranychus tiliarium* Hermann
(Foto: Balder)

Abb. 4 (mitte): *Eotetranychus tiliarium* Hermann
(Foto: Schaefer)

Abb. 5 (unten): „Eisspiegel“ am Stamm nach Abwanderung von *Eotetranychus tiliarium* Hermann
(Foto: Balder)

2.2 Antagonisten

Die erste umfangreiche Untersuchung zu natürlichen Feinden der Tetranychiden in Deutschland wurde von BERKER (1958) an Obstgehölzen durchgeführt. Neben den wichtigsten und wirkungsvollsten Feinden, nämlich Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae, sind Arten aus den Insektenfamilien Chrysopidae, Coccinellidae, Anthocoridae, Miridae und Staphylinidae von Bedeutung. Davon sind der Marienkäfer *S. punctillum* und der Kurzflügler *Oligota flavicornis* Boisd. sich obligat ernärende Milbenräuber, alle anderen Arten ernähren sich nur fakultativ von Spinnmilben (BERKER, 1958).

2.2.1 Raubmilben

Raubmilben sind in fünf Überfamilien aufgeteilt. Damit gehört die Familie Phytoseiidae BERLESE zu der Überfamilie Phytoseioidea KARG (KARG, 1993). Aufgrund der vielen Neuentdeckungen wurden Arten oft ungewollt synonym oder homonym benannt. Das heißt, solche Arten erhielten mehrere Namen (synonym) beziehungsweise ein Name wurde für mehrere Arten gebraucht, die dann später in dieselbe Gattung revidiert wurden (homonym).

Raubmilben haben eine Körpergröße von 0,3 bis 3 mm, jedoch sind die meisten Arten kleiner als 1 mm. Die Körperform ist annähernd oval und die Färbung reicht von weißlich-gelb bis zu braun (Abb. 6, Tafel 2). Der Anteil der Weibchen an den adulten Milben beträgt mindestens 66 %, oftmals sogar 70-90 %. Die Eiablage ist vor allem von der Raubmilbenart, der Temperatur sowie von der Beutedichte abhängig. Aus den Eiern schlüpfen die Larven, auf die zwei Nymphenstadien (Proto- und Deutonymphe) folgen. Die Entwicklungsdauer wird durch die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit bestimmt. *Typhlodromus pyri* Scheuten benötigt zum Beispiel 7 Tage bei 25-26 °C (DOSSE, 1956). Im Durchschnitt wird das Larvenstadium innerhalb von 2 bis 3 Tagen bei 18 bis 20 °C erreicht. Das Protonymphenstadium dauert bei diesen Bedingungen in der Regel 3 bis 7 Tage. Größere Unterschiede bestehen in der Entwicklungszeit des Deutonymphenstadiums, das zwischen 4 und 15 Tagen schwanken kann (KARG, 1994). Unterhalb von 10 °C verläuft die Entwicklung sehr langsam. Die beanspruchte relative Luftfeuchte liegt in einem Bereich von 70 bis 95 %. Raubmilben nehmen als Nahrung einen durch Verdauungssäfte außerhalb des Körpers verdünnten Brei auf. Die höchste Fraßleistung weisen befruchtete Weibchen auf, die für die Eiproduktion einen größeren Nahrungsbedarf haben. Viele Raubmilben sind oligophag oder polyphag. Spinnmilben sind nicht immer die Hauptnahrung oder die bevorzugte Nahrung. Sie ernähren sich je nach Art auch von Gallmilben, Weichhautmilben, Pollenkörnern oder

Pilzsporen. In diesem Zusammenhang muss in Haupt-, Alternativ- und Ersatznahrung unterschieden werden. Die Hauptnahrung garantiert das beste Populationswachstum. Bei Alternativnahrung ist Fortpflanzung immerhin möglich, während Ersatznahrung nur das Überleben sichern kann (OVERMEER, 1985). Die Fähigkeit der Raubmilben, auf Alternativ- oder Ersatznahrung auszuweichen und somit auch bei geringer Spinnmilbendichte am Ort verbleiben zu können, ist für die Regulierung des Schädlings sehr bedeutend. Die Menge der Nahrungsaufnahme ist abhängig von der Temperatur, dem Entwicklungsstadium des Räubers und der Größe des Beutetieres. KROPCZYNSKA et al. (1988) und BOZAI und BREAM (1996) untersuchten die tägliche Fraßleistung von Raubmilben mit *E. tiliarium* als Beute: Die Zahl verzehrter Spinnmilben betrug je nach Raubmilbenart zwischen 2,2 und 8,7. Bei höherer Beutedichte werden oftmals mehr Individuen ausgesaugt als für den Nahrungsbedarf nötig wäre (HUFFAKER et al., 1970). Raubmilben tasten mit dem ersten Beinpaar ihre Umgebung ab, da sie keine Lichtsinnesorgane besitzen. Allerdings besteht eine allgemeine Lichtempfindlichkeit des Körpers. SABELIS und VAN DE BAAN (1983) konnten für *P. persimilis* und DICKE (1988) für *T. pyri* nachweisen, dass die Beutefindung von Duftstoffen (Kairomonen) beeinflusst wird. HISLOP und PROKOBY et al. (1981) gehen zudem davon aus, dass Raubmilben in ähnlicher Weise wie manche Insekten Pheromone abgeben und dadurch die Zeit der Beutesuche für Artgenossen verkürzt wird. Noch nicht geklärt ist, ob die Kairomone von den Spinnmilben selbst produziert werden oder durch chemische Prozesse beim Besaugen des Blattes entstehen. Dabei scheinen Raubmilbenweibchen nur auf solche Arten zu reagieren, die als Nahrung die Reproduktion fördern. Das Beutesuchverhalten der Raubmilbenarten ist verschieden. EVELEIGH und CHANT (1982c) fanden heraus, dass sich *P. persimilis* auf Flächen mit hoher Dichte konzentriert, wohingegen *Amblyleius degenerans* (Berlese) unabhängig von der Beutedichte auf Nahrungssuche geht. Die Autoren begründen dies mit der geringeren Spezialisierung von *A. degenerans*. Diese Art weist eine hohe Reproduktion auch bei reiner Pollennahrung auf. Dagegen ist *P. persimilis* stark auf *T. urticae* spezialisiert und stellt die Eiablage bei niedriger Beutedichte ein.

Der Lebensraum der Überfamilie Phytoseioidea und damit der Familie Phytoseiidae hat sich an das oberirdische Leben angepasst. Dabei haben sich die Arten in Abhängigkeit von der Verdunstungsintensität, die von der Streu zur Baumkrone hin zunimmt, auf einzelne Strata (Schichten) spezialisiert: Streuschicht, Krautschicht, Strauchschicht und Baumkrone. Zudem suchen die Milben Orte mit verminderter Verdunstung auf wie Hohlräume an Blattadern oder Blatthaaren (KARG, 1994). Außerdem suchen sie dort wahrscheinlich Schutz vor Regen und Wind (OVERMEER und VAN ZON, 1984). Viele Arten, die auf Bäumen leben, überwintern unter aufgeplatzter Rinde oder unter Knospenschuppen (KARG, 1994). Nur ein Teil wird mit

dem Herbstlaub auf den Boden getragen (PUTMAN, 1959). Es überwintern nur die Weibchen, die in eine unter Kurztag eingeleitete fakultative Diapause gehen.

Untersuchungen zum Raubmilbenaufreten im Obst- und Weinbau wurden intensiviert, nachdem Spinnmilbenkalamitäten immer häufiger auftraten. Der Grund dafür war zum einen die Bildung von Resistenzen der Spinnmilben gegen bestimmte Wirkstoffe und zum anderen der Einsatz von Fungiziden und breitwirksamen Insektiziden mit negativer Wirkung auf Raubmilben. Letztere wurden vor allem gegen den Apfel- und Schalenwickler und Blattläuse im Obstbau sowie gegen den Traubenwickler im Weinbau eingesetzt (VOGT, 1995). Nach KARG (1990) sind 35 Raubmilbenarten in Mitteleuropa in Obstplantagen nachgewiesen worden. Untersuchungen im Obst- und Weinbau haben gezeigt, dass Häufigkeit und Verteilung regional sehr unterschiedlich sein können (SCHRUF, 1967). So stellte sich die Verteilung dreier Raubmilbenarten im südwestdeutschen Raum sehr verschieden dar: *A. andersoni* wurde nur an Rebe, aber nicht an Zwetsche und an Apfel nachgewiesen. Im Gegensatz dazu wurde *Seiulus tiliarum* (Oudemans) nicht an Rebe, aber an Zwetsche und Apfel gefunden. *E. finlandicus* dagegen wurde an allen drei Obstgehölzen nachgewiesen. Andererseits wurde für *T. tiliae* festgestellt, dass sie zwar zu 96 % in der Nordostschweiz und zu 90 % in der Westschweiz, aber nur mit 1 % im Tessin, Norditalien und in Südfrankreich gefunden wurde (SCHRUF, 1967). Verschiebungen des Artenspektrums können abhängig von Klima und Beutespektrum sogar innerhalb einer Anlage von Jahr zu Jahr auftreten (VOGT, 1995). Die häufigste und vor allem effektivste Raubmilbenart im süddeutschen Obst- und Weinbau ist *T. pyri* (u. a. SCHRUF, 1967 und 1985; VOGT, 1995). Dagegen wurden im Nordosten Deutschlands, in Apfelplantagen nahe Potsdam, *S. tiliarum* und *E. finlandicus* am häufigsten nachgewiesen. Dabei erwies sich *S. tiliarum* als am effektivsten (KARG, 1972 und 1990).

Im Allgemeinen gilt im Obst- und Weinbau die Regel, dass 1-2 Raubmilben pro Blatt für eine Bekämpfung der Spinnmilben ausreichend sind. Neben dem genauen Auszählen und der Schadsymptombestimmung hat sich für die Praxis die Besatzziffermethode als geeignet erwiesen (BOLLER, 1978b). Dabei wird der Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Milbenzahl pro Blatt und dem Anteil mit Spinnmilben befallener Blätter genutzt. Demnach liegt die Toleranzgrenze zum Beispiel im Frühjahr für *P. ulmi* bei einer Besatzziffer von 60 %, was einem Spinnmilbenbesatz von 5 bis 6 Weibchen pro Rebenblatt entspricht. Bei unzureichendem Besatz werden Raubmilben mittels Neuaustrieben, Schnittlaub oder Filzstreifen in raubmilbenarme Anlagen eingebracht (BOLLER, 1978a; BOLLER und REMUND, 1986b; HILL und SCHLAMP, 1986; SCHELL und FRIED, 1997). VOGT (1995) geht davon aus, dass europaweit ausreichend Raubmilben in den Obstbaubetrieben vorhanden sind. So wurden 1988 noch 50 % der Betriebe in Baden-Württemberg ohne

ausreichenden Raubmilbenbesatz eingestuft, 1992 waren dies nur noch 10 % (GALLI et al., 1993).

Das Vorhandensein von Raubmilben auf Ziergehölzen wurde von verschiedenen Autoren untersucht, wobei es sich überwiegend um eine einmalige Erhebung handelte: an *Tilia* sp. von ATCHESON (1953) in Maryland, USA; an verschiedenen Gehölzen von REEVES (1963) in New York State, USA, SZABONE KOMLOVSZKY und MARKO (1977) in Szarvas, Ungarn, KROPCZYNSKA et al. (1985) in Warschau, Polen und KOLODOCHKA und VASSILIEVA (1996) in Kiew, Ukraine; an Kiefer von KOEHLER und FRANKIE (1968) und CHARLET und McMURTRY (1977) in Kalifornien, USA; an *Quercus* sp. von FRANKIE und EHLER (1978) in Texas, USA; an Erle von GOTOH (1987) in Hokkaido, Japan. LONGARDT und BALDER (1991) fanden in mehrjährigen Untersuchungen heraus, dass Raubmilben auch an Straßenbäumen als Antagonisten von großer Bedeutung sind. Demnach wurde hoher Spinnmilbenschaden beobachtet, wo kaum Raubmilben auftraten. PRADEL et al. (1997) erklären höheren Spinnmilbenbefall an Straßenbäumen mit geringerem Raubmilbenauftreten und umgekehrt geringeren Spinnmilbenschaden an Parkbäumen mit höheren Raubmilbenzahlen. Effektivität von Raubmilben gegenüber *E. tiliarium* stellten KROPCZYNSKA et al. (1988) sowohl an Park- als auch an Straßenbäumen fest. Fünf Arten konnten für beide Standorte nachgewiesen werden, wobei *E. finlandicus* am häufigsten auftrat. Dennoch stellte sich *P. soleiger* als am effektivsten heraus. *E. finlandicus* dominierte auch an zwölf untersuchten Gehölzarten in der Stadt Kiew, Ukraine (KOLODOCHKA und VASSILIEVA, 1996). ATCHESON (1953) stellte für *Typhlodromus* sp. an Parkbäumen der Gattung *Tilia* keine regulierende Wirkung fest. Weder die indifferente Milbe *Czenspinksia lordi* Nesbitt, noch die Spinnmilbe *Tetranychus canadensis* (McGregor) wurden ausreichend bekämpft. Auch FRANKIE und EHLER (1978) fanden keinen Einfluss von Raubmilben bei der Regulation der Spinnmilbe *Oligonychus subnudus* McGregor an *Pinus*. Untersucht wurden verschiedene Standorte in Kalifornien. Dabei lag an allen Standorten Artenreichtum vor, allerdings in unterschiedlichen Verhältnissen.

2.2.2 *Stethorus punctillum* Weise

S. punctillum ist die kleinste einheimische Art aus der Familie Coccinellidae (Abb. 7, Tafel 2). Der Marienkäfer wird der Unterfamilie Scymninae, dem Tribus Stethorini und der Gattung *Stethorus* Weise zugeordnet. Etwa 60 Arten sind von dieser Gattung beschrieben, wobei *Stethorus punctillum* Weise die einzige Art ist, die in Mitteleuropa vorkommt. Verbreitet ist sie in ganz Deutschland (KLAUSNITZER, 1997).

Der kleine Käfer ist einheitlich schwarz gefärbt und nur 1 bis 1,5 mm lang (KAPUR, 1948). Er bildet in der Regel 2 Generationen im Jahr, kann nach OBERHOFER (1984) in unseren Breiten aber auch 3 Generationen entwickeln, deren Larven Anfang Mai, Mitte Juni und August/September schlüpfen. Von Anfang Oktober bis Mitte April überwintern die Imagines, wobei zweimaliges Überwintern möglich ist. Die Diapause ist für die Käfer eine fakultative Dormanz, sie wird durch die Temperatur, Fotoperiode, Häufigkeit und Qualität der Nahrung sowie der Populationsdichte eingeleitet (KLAUSNITZER, 1997). Die Imagines überwintern unter Laub, in der Grasnarbe oder der obersten Bodenschicht, oberhalb des Bodens können sie niedrige Wintertemperaturen nicht überleben (PUTMAN, 1955). Weibchen und Männchen können im Lebendzustand nicht unterschieden werden. Dies ist nur durch eine Genitalpräparation möglich. *S. punctillum* lebt monophag von Spinnmilben (Tetranychidae) und ist besonders auf der Unterseite von Blättern zu finden (BERKER, 1958). Larven saugen ihre Beute aus, während Imagines sie auch ganz verzehren können. Bei Beutemangel können Imagines auch auf Ersatznahrung ausweichen, wohingegen die Larven bei Mangel an Milbennahrung sterben (MOTER, 1959). Demnach ist vor allem das jüngste Larvenstadium sehr empfindlich, es stirbt schon nach vier Tagen ohne Nahrung. BRAVENBOER (1959) fand heraus, dass *S. punctillum* täglich mindestens 20 bis 40 Spinnmilben zum Überleben benötigt. Nach HULL et al. (1977) verzehren Sommerweibchen stündlich bis zu 11 Stück der Obstbaumspinnmilbe *P. ulmi*. Dagegen wurde von überwinterten Weibchen die Zahl von 5 Spinnmilben pro Stunde nicht überschritten. Larven und Männchen verzehrten 2 bis 6 Spinnmilben stündlich. Bei ausreichender Beutedichte können Weibchen 140 und Larven (2./3. Stadium) 250 Milben pro Tag verzehren. Ausgehungerte Weibchen und Larven finden wesentlich schneller ihre Beute als gesättigte (HOUCK, 1991). Die Eier der Scymnini werden vereinzelt in Kolonien der Beutetiere und meistens an Blattadern abgelegt. Nach MOTER (1959) legt ein Weibchen von *S. punctillum* etwa 180 Eier. BRAVENBOER (1959) konnte während sechs Monaten eine tägliche Eiablage von 4,6 und eine gesamte Eiablage eines Weibchens von 100 nachweisen. Die Eientwicklung ist in erster Linie von der Temperatur abhängig, aber auch von der Luftfeuchtigkeit und anderen Faktoren (KLAUSNITZER, 1997). Es werden vier Larvenstadien mit 3 Häutungen durchlaufen, deren Entwicklung hauptsächlich von der Temperatur, aber auch von dem Nahrungsangebot und weiteren Faktoren abhängt. Die Larven können auch kannibalistisch gegenüber jüngeren Larvenstadien und Puppen sein. Die gesamte Entwicklung bis zum Imago, mit *T. urticae* als Beute, dauert nach PUTMAN (1955) 21 Tage bei 21 °C. BRAVENBOER (1959) gibt 20 Tage bei 22°C an. SEKEROGLU und YIGIT (1992) ermittelten eine Hauptgenerationszeit von 50,6 Tagen bei 20°C mit *Tetranychus cinnabarinus* Bosid. als Beute.

Für den integrierten Pflanzenschutz wird die Effektivität von *S. punctillum* und *S. punctum* (LeConte) als sehr wertvoll eingeschätzt (HULL et al., 1976; ESPINHA und TORRES, 1995). Nach HULL et al. (1976) finden *S. punctum* nicht nur die Bäume mit wachsender Spinnmilbenpopulation in einer Plantage, sondern auch die höchste Beutepopulation in diesen Bäumen. Diese Art ist von *S. punctillum* nur anhand des männlichen Geschlechtsapparates zu unterscheiden, weist aber im Aussehen und in den Verhaltensweisen keinerlei Unterschiede auf (COLBURN und ASQUITH, 1971; OBERHOFER, 1984). Mit höherer Beutedichte steigt auch die Populationsdichte von *Stethorus* sp. (HULL et al., 1977). MOTER (1959) beobachtete in seinen Versuchen, dass die Blätter nie restlos von Milben befreit wurden und die Käfer bei geringer Dichte neue Orte aufsuchten. PUTMAN (1955) und BAILEY und CAON (1986) stellten sogar eine unzureichende Wirkung von *Stethorus* sp. fest. Die Käfer konnten den Schaden nur hinauszögern, den Schädling aber nicht unter die ökonomische Schadensschwelle bringen. Von besonderer Bedeutung sind aber auch die Beobachtungen einiger Autoren, dass *Stethorus* sp. bei geringer Beutedichte auftreten. So stellten McMURTRY und JOHNSON (1966), HANEY et al. (1987) und CONGDON et al. (1993) fest, dass sich *S. punctum picipes* Casey zu Saisonbeginn frühzeitig ansiedelte, obwohl die Spinnmilbenpopulation noch sehr gering war. HULL et al. (1977) beobachteten das Auftreten von *S. punctum* bei niedrigem Spinnmilbenbefall, trotzdem konnte der Räuber einen starken Schädlingsbefall nicht verhindern. Diese Beobachtung wurde noch für eine weitere *Stethorus* sp. gemacht: *Stethorus nigripes* Kapur konnte in australischen Apfelanlagen zwar nur in mäßigen Zahlen, dafür jedoch bei geringer Spinnmilbenpopulation gefunden werden. Von dem Autor wurde er als der wichtigste Antagonist bei geringer Beutedichte erkannt (READSHAW, 1975). LONGARDT und BALDER (1991) und PRADEL et al. (1997) konnten *S. punctillum* an Straßenbäumen nachweisen. Zudem ist der Käfer in Deutschland in einigen Obst- und Weinbaugebieten als natürlich vorkommender Räuber bekannt, hat aber nur eine begrenzte Wirkung in der Spinnmilbenreduzierung (HILL und SCHLAMP, 1985; SENGONCA, schriftliche Mitteilung, 2001).

Eine vereinfachte Methode für die Kontrolle des Marienkäferbesatzes im Bestand wurde in Pennsylvania entwickelt. Dazu geht der Obstbauer langsam um die ausgewählten Bäume herum und zählt alle Larven und Imagines, die er innerhalb von 3 Minuten sieht. Zudem wird der durchschnittliche Spinnmilbenbesatz pro Blatt erfasst und die Daten verglichen (OBERHOFER, 1984; HULL et al., 1976; MOWERY et al., 1975). Es müssen sich 3,5 bewegliche Stadien des Käfers pro Spinnmilbe auf einem Blatt befinden, damit eine effektive Bekämpfung geleistet wird. Aufbauend darauf wurde ein Computermodell entwickelt, um Aussagen über die Notwendigkeit der chemischen Bekämpfung machen zu können. Dieses Modell resultiert aus mehrjährigen Untersuchungen zur Spinnmilben- und

Marienkäferpopulation während der Vegetationsperiode, ergänzt durch viele Faktoren wie Witterung, Nützling, Sorte und Jahreszeit (MOWERY et al., 1975).

2.2.3 Weitere Gegenspieler

Im Freiland werden einige polyphag lebende Nützlinge als Gegenspieler von Spinnmilben als wertvoll eingeschätzt. Besonders Wanzen aus der Familie Anthocoridae sind im Obstbau bekannt (GLEN, 1977; SOLOMON, 1982; GERNOTH, 1988; WALDNER, 1988; NIEMCZYK, 1999). Von Bedeutung für die Schädlingsbekämpfung sind Arten aus den Gattungen *Anthocoris* und *Orius*, die als Nahrung vor allem Blattläuse, Blattsauger und kleine Raupen, aber auch Spinnmilben aufnehmen (Abb. 8 und 11, Tafel 2). So sind zum Beispiel *Orius minutus* (Linnaeus) und *Anthocoris nemorum* (L.) weltweit auf vielen Bäumen und Sträuchern verbreitet. Beide Arten können bis zu 60 Milben von *Panonychus ulmi* (Koch) am Tag verzehren (NIEMCZYK, 1978 und REIMERS, 1992, zitiert in VIETMEIER et al., 1996). In der Regel treten zwei bis drei Generationen auf. Die Überwinterung erfolgt meist unter Borkenschuppen, Falllaub oder anderen geschützten Orten. Die Eiablage erfolgt je nach Art in oder an das Blatt. Neben Blumenwanzen gibt es wichtige Gegenspieler von Spinnmilben aus der Familie Miridae, der Weichwanzen. Häufig erwähnt werden *Deraeocoris lutescens* (Schill.), *Blepharidopterus angulatus* (Fall.) und *Malacocoris chlorizans* Panz. (GLEN, 1977; FAUVEL und ATGER, 1981; SOLOMON, 1982). Ein Exemplar von *B. angulatus* kann 800 Milben kontrollieren oder zumindest einen Populationsanstieg verhindern (NIEMCZYK, 1999). Die Weichwanzen überwintern meistens im Eistadium. In der Regel tritt nur eine Generation auf, in wenigen Fällen sind auch zwei Generationen bekannt (WAGNER, 1952 und 1966).

BERKER (1958) misst *Chrysopa vulgaris* Schneider aus der Ordnung Neuroptera die größte Bedeutung unter den Insekten der Spinnmilbenfeinde zu. In einer Stunde können von einer Florfliegenlarve 30-50 Spinnmilben gefressen werden. HAUB et al. (1983) konnte eine Reduzierung der Wintereier von *P. ulmi* durch *Chrysoperla carnea* (Stephens) um 50 % feststellen. Für diese Art fanden auch SENGONCA und COEPPICUS (1985) hohe Fraßleistung, wenn *T. urticae* als Beute angeboten wurde. Allerdings war die Mortalität der Imagines wesentlich höher als bei Fütterung mit Blattläusen. Pro Jahr treten zwei bis drei Generationen auf. Die Überwinterung der Arten aus der Ordnung Neuroptera erfolgt in Abhängigkeit von der Art als Larve, verpuppungsreife Larve oder als Imago.

Als wichtigste Art aus der Familie Staphylinidae nennt BERKER (1958) *O. flavicornis*, die allerdings in geringen Zahlen auftrat (Abb. 10, Tafel 2). BREAM (1996) fand ebenso diese

Art häufig an *Tilia* sp. und schätzt sie als wertvollen Gegenspieler von *E. tiliarium* ein. *O. flavicornis* ernährt sich hauptsächlich von Spinnmilben. Die Imago kann 6-8 Milbenstadien pro Stunde vertilgen. HO und CHEN (2002) fanden in Laborversuchen heraus, dass der Räuber bei zu niedriger Beutedichte (unter 160 Spinnmilbeneiern) flieht. Kurzflügler bilden eine Generation im Jahr, unter günstigen Bedingungen auch zwei. Es überwintern die Larven oder die Imagines unter Rinde oder in der Laubstreu.

Desweiteren werden in der Literatur räuberische Thripse als Gegenspieler von Spinnmilben genannt (Abb. 9, Tafel 2). Der räuberische Thrips *Scolothrips longicornis* Priesner aus der Familie Thripidae wurde von FRITZSCHE (1958) in Deutschland als Gegenspieler von *T. urticae* an Bohne gefunden. Allerdings trat der Räuber nur in geringen Zahlen auf. In Österreich dagegen erschien *S. longicornis* regelmäßig in Obstanlagen (BÖHM, 1960). In Untersuchungen von GERLACH und SENGONCA (1987) können Imagines bei nur 15 °C 55 Milbeneier/Tag verzehren. In den Überwinterungsquartieren von *T. urticae* fand FRITZSCHE (1958) außerdem die Art *Cryptothrips nigripes* Reuter (= *C. latus* = *C. major*) aus der Familie Phlaeothripidae. Aus derselben Familie nennen PUTMAN und HERNE (1966) *Haplothrips faurei* Hood als wichtigen Räuber. Es überwintert die Imago. Im Jahr treten 2 oder mehr Generationen auf.

Weiterhin sind Ohrwürmer zu nennen, die als Allesfresser unter anderem Blattläuse, aber auch Spinnmilben und andere kleine Insekten vertilgen. Die wichtigste, häufigste und nützlichste Ohrwurmart ist der gemeine Ohrwurm *Forficula auricularia* L. (FREIER et al., 1992).

Von den Spinnentieren ist neben den Raubmilben vor allem die Kürbisspinne *Araniella cucurbitinus* (Clerck) (= *Araneus cucurbitinus*) als Gegenspieler von Schadmilben bekannt. Diese Art gehört zu der Familie der Radnetzspinnen (Araneidae), welche ein kleines Radnetz flach über das Blatt spinnen (FREIER et al., 1992).

Tafel 2: Antagonisten von *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Abb. 6 (oben): Raubmilben unter Rinde.
(Foto: Schaefer)

Abb. 9 (oben): Räuberische Thripslarve
der Gattung *Aelothrips*
(Foto: Schaefer)

Abb. 7 (mitte): Spinnmilben-Marienkäfer *Stethorus punctillum* Weise: Imago und Puppe.
(Foto: Schaefer)

Abb. 10 (mitte): Kurzflüglerlarve
(Foto: Schaefer)

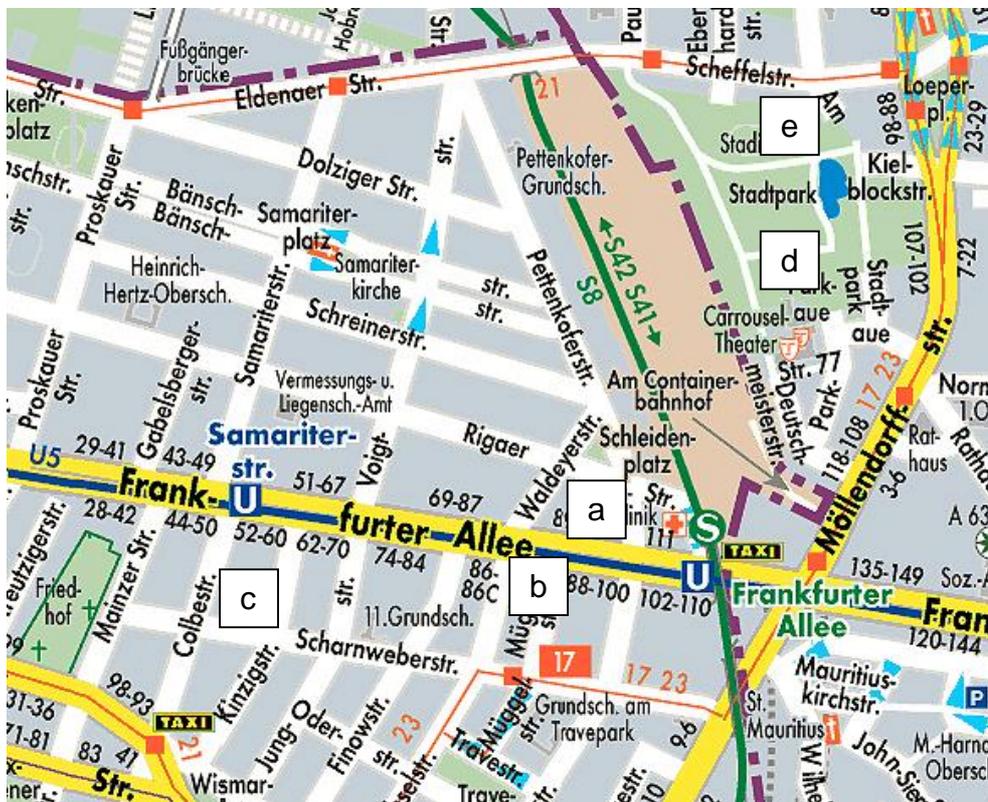
Abb. 8 (unten): Raubwanze *Anthocoris confusus* Reut.
(Foto: Schaefer)

Abb. 11 (unten): Raubwanze *Orius* sp.
(Foto: Schaefer)

3 Material und Methoden

3.1. Freilandexperimente

Die Räuber-Beute-Beziehung von *E. tiliarium* und ihrer Antagonisten wurde im Freiland in Abhängigkeit von der Umfeldgestaltung der Straßenbäume, der Witterung und der Lindenart untersucht. Die Standorte der populationsdynamischen Erhebungen befanden sich in unmittelbarer Nähe zueinander im Berliner Bezirk Lichtenberg. Damit sollte sichergestellt werden, dass sie den gleichen überregionalen Einflüssen ausgesetzt sind (Abb. 12).



- a: Straßenstandort 1: Hauptstraße sonnig
- b: Straßenstandort 2: Hauptstraße schattig
- c: Straßenstandort 3: Nebenstraße
- d: Parkstandort: *T. platyphyllos*
- e: Parkstandort: *T. cordata*

Abb. 12: Ausschnitt eines Berliner Stadtplanes zur räumlichen Verteilung der Versuchsbäume.

3.1.1 Standortauswahl

3.1.1.1 Untersuchungen zur Umfeldgestaltung

Drei Straßenbaumstandorte wurden mit der Annahme ausgewählt, dass durch die Gestaltung des Baumumfeldes ein Einfluss auf die Schädlings- beziehungsweise Nützlingspopulationen bestand:

- Gestaltung und Größe der Baumscheibe
- Versiegelung beziehungsweise Pflanzenbewuchs im Umfeld
- Bebauung des Umfeldes
- Belastung durch Straßenverkehr

Im Folgenden werden die Standorte beschrieben:

Standort 1 befand sich auf der Nordseite einer bebauten, sechsspurigen, stark befahrenen Hauptstraße mit hohem Verkehrsaufkommen: mehr als 60.000 Kfz/24 h (SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, UMWELTSCHUTZ UND TECHNOLOGIE, 1999). Die Baumscheiben mit einer Größe von 1,50 x 2 m befanden sich direkt an der Straße, waren ohne Bewuchs und die Erde war verdichtet. Die Bäume waren im Sommer nahezu ganztägig der Sonne ausgesetzt und standen 5 m vor einem hellen Gebäude, welches die Sonneneinstrahlung reflektierte. Diese Bäume waren in 1995 gepflanzt worden (Abb. 13, Tafel 3).

Standort 2 befand sich an der gleichen Straße, allerdings auf der Südseite, so dass die Bäume nur in den Morgen- und Abendstunden in der Sonne standen. Auch diese Baumscheiben waren 1,50 x 2 m groß, ohne Bewuchs und die Erde war verdichtet. Diese Bäume waren in 1992 gepflanzt worden.

Standort 3 hingegen befand sich in einer Seitenstraße mit weitaus weniger Verkehr. Die Baumscheiben waren 1,50 x 1,80 m groß und mit Wildkräutern und Heckenkirsche bewachsen. In einer Entfernung von 3,50 m befand sich eine Baulücke von 8 x 15 m Größe, die mit diversen Pflanzen wie Weißdorn, Schneeball, Sanddorn, Rosen, Fingerkraut u.a. bewachsen war. Diese Bäume waren in 1992 gepflanzt worden (Abb. 14, Tafel 3).

Jeder Standort bestand aus drei *Tilia x vulgaris`Pallida`* (Kaiserlinde), deren Höhe 3 bis 6 m und der Kronenumfang etwa 8 m betrug. Die Bäume standen an allen Standorten 4 bis 5 m auseinander. Die geringe Zahl der Wiederholungen ist auf die Schwierigkeit zurückzuführen, ein gleich gestaltetes Umfeld der Bäume zu finden. Zum anderen wurde der Aufwand an Zeit und Arbeit berücksichtigt, um eine effektive Auswertung gewährleisten zu können.

3.1.1.2 Untersuchungen zur Lindenart

In 1999 wurde in einem Stadtpark in dem Berliner Bezirk Lichtenberg die Populationsdynamik von Schädlingen und Nützlingen an unterschiedlich stark anfälligen Lindenarten untersucht. Der Park ist etwa 400 m entfernt von den Straßenstandorten. Es wurden die für *E. tiliarium* anfällige Sommerlinde (*T. platyphyllos*) und die weniger anfällige Winterlinde (*T. cordata*) gewählt (HENNEBO, 1960), (Abb. 15, Tafel 3). Dabei handelte es sich um jeweils drei mindestens 100 Jahre alte Bäume, die im Gras standen und von verschiedenen Bäumen und Sträuchern umgeben waren.

Tafel 3: Untersuchungsstandorte und Klimamessgeräte



Abb. 13 (oben): Versuchsstandort Hauptstraße
sonnig, *Tilia x vulgaris* 'Pallida'
(Foto: Balder)

Abb. 14 (mitte): Versuchsstandort Nebenstraße,
Tilia x vulgaris 'Pallida'
(Foto: Balder)

Abb. 15 (unten): Versuchsstandort Park,
Tilia cordata Mill.
(Foto: Hasselmann)

Abb. 16 (oben): Messstation des Berliner
Luftgütemessnetzes am Versuchsstandort
Frankfurter Allee
(Foto: Balder)

Abb. 17 (unten): Mobile Messgeräte für
Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit
(Foto: Balder)

3.1.2 Erhebung, Auszählung und Bestimmung von Milben und Insekten

Bei jedem Probetermin wurden je Baum 10 ausgereifte Blätter aus frei besonnten Bereichen der Südseite aus dem unteren Kronendrittel entnommen und die vorhandenen Spinnmilben, Raubmilben, indifferente Milben sowie Insekteneier und -larven mittels Binokular ausgezählt. Zudem wurde der durchschnittliche Saugschaden der Blätter geschätzt: 5 % für beginnenden Schaden, 10 %, 20 %, 30 %, usw., 100 % für völlig geschädigte Blattstücke. Zur Erfassung weiterer Arthropoden wurde die Klopftrichtermethode verwendet. Anstatt der von STEINER entwickelten Methode (FRIEDRICH und RODE, 1996) wurden an drei vergleichbaren Bereichen im unteren Kronenbereich eines Baumes (Südseite, frei besonnt) die Äste dreimal geschüttelt und nicht beklopft. Die Astlänge betrug jeweils 100 cm inklusive Seitenäste. Die gefangenen Tiere wurden vor Ort ausgezählt und differenziert. Nur die Population der tierischen Schaderreger Blattläuse und Zikaden wurde geschätzt. Überwiegend trat die Lindenzierlaus *Eucallipterus tiliae* (Linnaeus) auf, so dass diese Schädlinge im Folgenden nur als Blattläuse zusammengefasst sind. Nach dem Schütteln der Äste wurden diese Schädlinge in eine eigens dafür eingerichtete Befallsskala eingeteilt:

Befallsklasse 0:	keine Tiere
Befallsklasse 1:	≤ 20 Tiere
Befallsklasse 2:	20- 50 Tiere
Befallsklasse 3:	51-100 Tiere
Befallsklasse 4:	101-200 Tiere
Befallsklasse 5:	201-300 Tiere

Zudem wurden frei lebende Gallmilben und andere kleine Insekten wie Larven von Blattthripsen und -flöhen beobachtet, die aber nicht ausgezählt wurden.

Die Straßenstandorte wurden in drei Vegetationsperioden beprobt. In 1998 wurden zehnmal im Abstand von zwei Wochen, von der 22. Kalenderwoche im Mai bis zur 39. Kalenderwoche im September, Blattproben entnommen und Äste geschüttelt (Tab. 1). In 1999 wurden die Erhebungen im gleichen Zeitraum auf sechs Termine, nämlich von der 18. Kalenderwoche im Mai bis zur 37. Kalenderwoche im September reduziert. Im Jahr 2000 wurde die Untersuchung auf die Milben konzentriert. Es wurden ausschließlich Blattproben in der 17., 23. und 27. Kalenderwoche entnommen, da aus den vorangegangenen Jahren hervorging, dass diese Zeit für die natürliche Regulation der Spinnmilbe die größte Bedeutung hat. Die Populationsdynamik an *T. platyphyllos* und *T. cordata* im Park wurde im Jahr 2000 an sechs Terminen von der 18. Kalenderwoche im Mai bis zur 39. Kalenderwoche im Oktober mittels Blatt- und Schüttelproben erhoben.

Tab. 1: Beprobungstermine (Kalenderwochen) zu den Freilanduntersuchungen (B=Blattprobe, S=Schüttelprobe).

	Untersuchungen zur Umfeldgestaltung		Untersuchungen zur Lindenart	
	Kalenderwoche	Beprobungsart	Kalenderwoche	Beprobungsart
1998	19., 22., 24., 26., 28., 30., 32., 35., 36., 39.	B, S	—	—
1999	18., 22., 25., 29., 33., 37.	B, S	—	—
2000	17., 23., 27.	B	18., 22., 25., 30., 34., 39.	B, S

Für die Bewertung der Effektivität der Raubmilben an den Standorten wurde das Spinnmilben-Raubmilben-Verhältnis gebildet. Dieser Wert gibt an, wieviele Spinnmilben eine Raubmilbe hätte töten müssen, damit der Baum befallsfrei wäre. Mit diesem Wert kann nur eine ungefähre Wertung der Effektivität vorgenommen werden. Aus diesem Grund wurde die Effektivität einiger Raubmilben auch im Labor untersucht (s. Kap. 3.2.3).

Die Bestimmung der in Alkohol-Glycerin-Lösung konservierten Spinnmilben erfolgte nach FRITZSCHE (1964), SCHWENKE (1972) und HELLE und SABELIS (1985). Die Determination der Raubmilben erfolgte nach Einarbeitung durch Prof. Dr. Wolfgang Karg, ehemals Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Kleinmachnow, Institut für integrierten Pflanzenschutz, nach KARG (1993 und 1994). Ein Teil der Raubmilben, besonders im ersten Untersuchungsjahr, wurde von Prof. Dr. Wolfgang Karg bestimmt. Für die Determination wurden die Raubmilben durch die Anfertigung von Dauerpräparaten konserviert (Abb. 18-26, Tafel 4-6). Die Mehrzahl der Wanzen wurde von Dr. Jürgen Deckert und Dr. Ursula Göllner-Scheiding, Museum für Naturkunde Berlin, Institut für systematische Zoologie, determiniert. Ein Teil der Proben wurde nach WAGNER (1952 und 1966) selbst bestimmt. Die Determination weiterer Insekten erfolgte nach BROHMER et al. (1961), CHINERY (1984 und 1993), FREUDE et al. (1967), HEIMER und NENTWIG (1991), KLAUSNITZER (1997) und ZAHRADNIK (1985).

Tafel 4: Dauerpräparate von Raubmilben mit Erkennungsmerkmalen

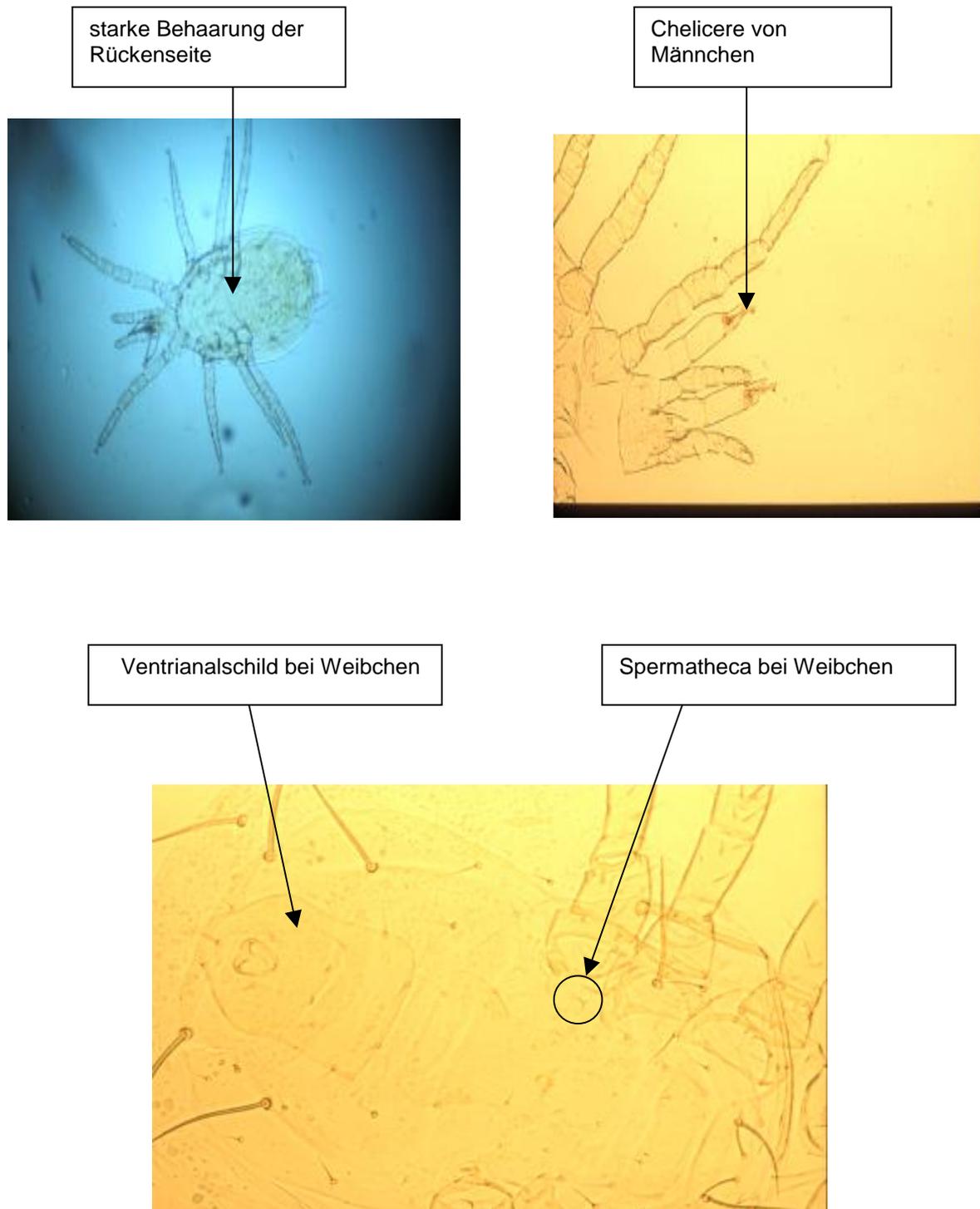


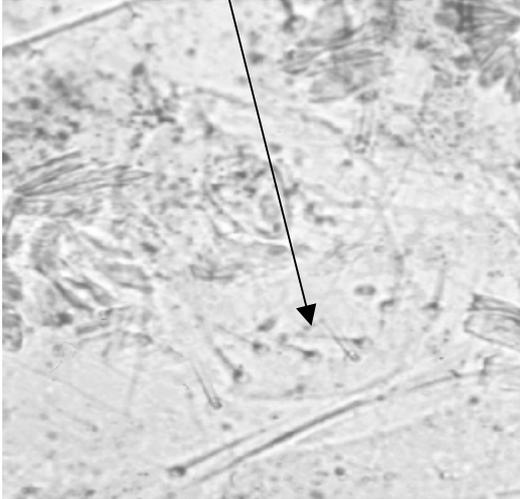
Abb. 18 (oben): *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt), mit starker Behaarung der Rückenseite
(Foto: Hasselmann, Kummer)

Abb. 20 (oben): Chelicere eines Männchens von *Amblyseius andersoni* (Chant)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

Abb. 19 (mitte): Weibliche Geschlechtsorgane von *Amblyseius andersoni* (Chant)
(Foto: Hasselmann, Kummer,)

Tafel 5: Dauerpräparate von Raubmilben mit Erkennungsmerkmalen

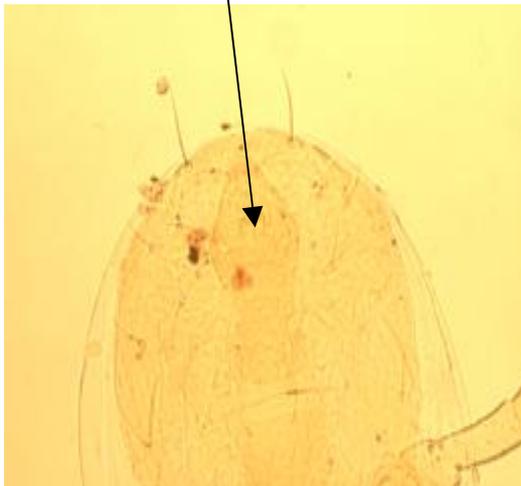
6 Präanalhaare
in einer Reihe



sehr breites
Ventrrianschild



sehr schmales
Ventrrianschild



langes kaudales
Haarpaar

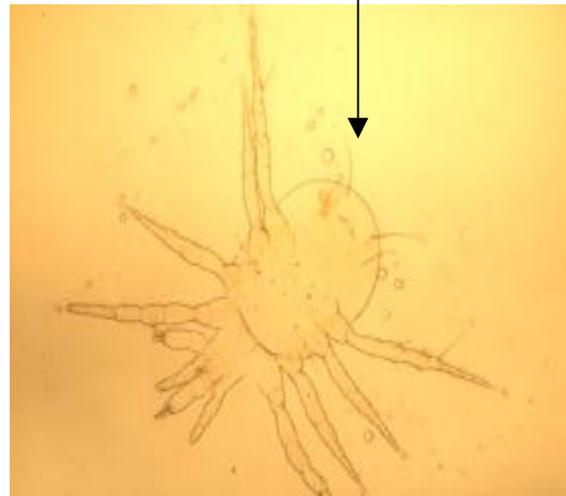


Abb. 21 (oben): Präanalhaare von *Euseius finlandicus* (Oudemans), (Weibchen)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

Abb. 22 (unten): Ventrrianschild von *Paraseiulus triporus* Chant et Shaul, (Weibchen)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

Abb. 23 (oben): Ventrrianschild von *Seiulus aceri* (Collyer), (Weibchen)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

Abb. 24 (unten): *Amblyseius andersoni* (Chant) mit langem kaudalem Haarpaar,
(Männchen)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

Tafel 6: Dauerpräparate von Raubmilben mit Ventrianalschilden



Abb. 25: Ventrianalschild von *Paraseiulus soleiger* (Ribaga), (Weibchen)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

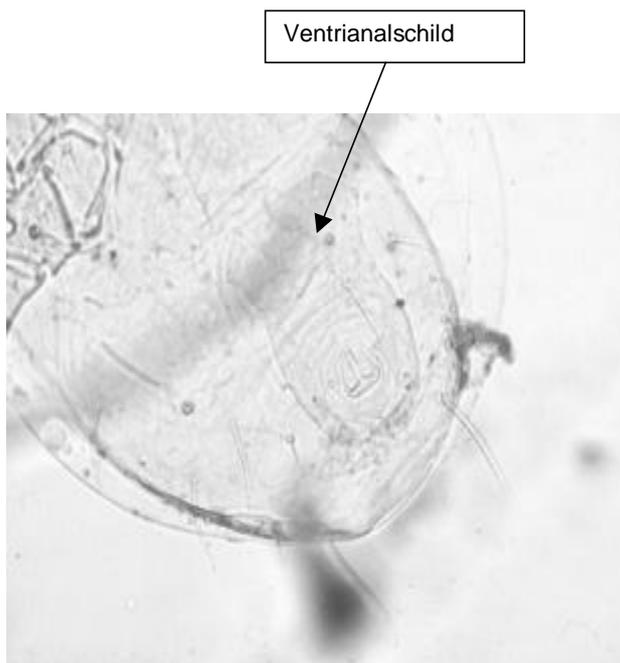


Abb. 26: Ventrianalschild von *Anthoseius foenilis* (Oudemans), (Weibchen)
(Foto: Hasselmann, Kummer)

3.1.3 Witterung

Zur Interpretation der Populationsentwicklung von Schädlingen und Nützlingen sind Witterungsdaten unabdingbar. Daher wurden für den Untersuchungszeitraum Temperatur und Luftfeuchtigkeit als dekadische Tagesmittelwerte sowie die Sonnenscheindauer in Stunden zusammengestellt (Herkunft: Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie). Diese Daten werden mit „Dahlem“ bezeichnet. Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie unterstützte das Projekt mit der Erweiterung einer Messstation, die der Luftüberwachung Berlins diente (Abb. 16, Tafel 3). Diese Station befand sich auf der Südseite (schattige Seite) der Hauptverkehrsstraße (Kap. 3.1.1.1, Abb. 12). Am 1. Juli 1999 wurden Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsfühler in 3,50 m Höhe eingebaut. Diese Daten werden im Folgenden mit „Frankfurter Allee“ bezeichnet. Um einen Zusammenhang zwischen Spinnmilbenbefall und Standort in Abhängigkeit von der Witterung herstellen zu können, wurde das Mikroklima in den Baumkronen erfasst. Dafür wurden im Jahr 2000 mobile Geräte der Firma Testo am Stamm im unteren Kronendrittel der Straßenbäume befestigt und insgesamt 38 Tage lang Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit gemessen (Abb. 17, Tafel 3).

3.2 Untersuchungen zur Biologie und Lebensweise von *Eotetranychus tiliarium* Hermann und ihrer Antagonisten

3.2.1 Zucht

Der Aufbau von Zuchten des Schädlings und seiner Gegenspieler war Voraussetzung zur Ermittlung biologischer Parameter und für Versuche zu Räuber-Beute-Beziehungen. Räuber und Beute wurden von Straßenbäumen der Gattung *Tilia* gesammelt und in Klimakammern vermehrt.

3.2.1.1 *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Die Lindenart *T. platyphyllos* erwies sich als Wirtspflanze für die Lindenspinnmilbe als sehr geeignet. Zur Bereitstellung von ganzjährig frischem Blattmaterial wurden zwei- bis dreijährige Pflanzen in bestimmten Abständen zum Austreiben gebracht:

1. Die Linden wurden etwa zwei Monate einer Kühlphase bei 13 °C und Kurztag (+/-1 °C, 8 h/16 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) ausgesetzt.

2. Innerhalb von sechs Wochen trieben die Pflanzen bei 23 °C und Langtag (+/-1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) aus (Abb. 27, Tafel 7) und wurden mit *E. tiliarium* durch Auflegen von befallenen Blättern besiedelt. Die besiedelten Pflanzen blieben zwei Monate bei diesen Bedingungen stehen und stellten das Ausgangsmaterial für Versuche und für die Neubesiedelung frisch ausgetriebener Linden.
3. Nach zwei Monaten rotierten die entlaubten und mit Wasser abgebrausten Bäume wieder in die Kühlphase. Durch diese Maßnahmen sollten die an den Bäumen verbliebenen Spinnmilben möglichst entfernt werden.

3.2.1.2 Antagonisten

3.2.1.2.1 Raubmilben

Drei an Straßenbäumen nachgewiesene Raubmilbenarten wurden gezüchtet: *Amblyseius andersoni* (Chant), *Euseius finlandicus* (Oudemans) und *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt). Die Zucht der Raubmilben erfolgte auf Blättern von *T. platyphyllos* in Klimakammern. *A. andersoni* ließ sich am besten bei 25 °C und Langtag (+/-1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte), *M. longipilus* und *E. finlandicus* bei 20 °C und Langtag (+/-1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) halten. Um eine längere Haltbarkeit der Blätter zu erreichen, wurde eine Petrischale (9 cm Durchmesser) umgekehrt in eine zweite größere Petrischale (14,5 cm Durchmesser) gestellt. In die untere Petrischale wurde Wasser gefüllt. Auf die obere Schale wurde Watte gelegt, die bis in die untere Schale reichte und somit stets feucht gehalten wurde. Nun wurde ein Lindenblatt mit der Oberseite auf die feuchte Watte gelegt und die Raubmilben an einer möglichen Flucht mit Hilfe eines Leimringes (Tanglefoot) gehindert (Abb. 29, Tafel 7). Für die Erhaltungszuchten diente als Nahrung die Spinnmilbe *T. urticae*, die auf Bohnenblättern gezüchtet wurde sowie ein Gemisch aus Kiefer- und Birkenpollen im Verhältnis 1:1. Spinnmilben haben das Bestreben, in die Helligkeit zu laufen. Um sie einfach auf die Zuchtblätter der Raubmilben pinseln zu können, wurden die Bohnenblätter in Gläser gelegt beziehungsweise Stäbe in die Zuchtschalen von *T. urticae* gesteckt und genügend Licht bereitgestellt. Raubmilbeneier, aus denen sich Versuchstiere entwickeln sollten, wurden auf mit *E. tiliarium* besiedelten Blättern umgesetzt. Auch hier wurden Kiefer- und Birkenpollen im Verhältnis 1:1 hinzugegeben. Um den Raubmilben Flüssigkeit zur Verfügung zu stellen, wurden kleine Löcher in die Blätter gestanzt. Bei Erneuerung der Blätter wurden die Raubmilben vorsichtig umgesetzt. Die Zuchten wurden dreimal wöchentlich betreut.

3.2.1.2.2 *Stethorus punctillum* Weise

Die Zucht erfolgte in Glasgefäßen (2 l) im Labor. Somit war es möglich, gleichaltrige Stadien von *S. punctillum* zu erhalten. In diese Gefäße wurden kleinere Gefäße (250 ml) mit *T. urticae* besiedelten Bohnenblättern gestellt (Abb. 28, Tafel 7). Durch die starke Behaarung der Blätter können die hinteren Segmente der Bauchunterseite von *S. punctillum* verletzt werden (PUTMAN, 1955 und WALTERS, 1974), so dass ein Kontakt durch Verschließen der inneren Gläser mit Gaze (Drahtstärke 0,063 mm, Maschenweite 0,2 mm, PA-Gewebe) verhindert wurde. Das Zuchtgefäß wurde mit milbensicherer Gaze (Drahtstärke 0,014 mm, Maschenweite 0,025 mm, PA-Gewebe) abgedeckt. Zusätzlich wurden feuchte Stoffstücke als Flüssigkeitsspender in die Gefäße gelegt. Die von *S. punctillum* an der Gaze abgelegten Eier wurden in kleine Gefäße vereinzelt (Abb. 30, Tafel 7), in denen sich alle Stadien bis zum adulten Käfer entwickelten. Die Eier wurden vereinzelt, da Marienkäfer zum Kannibalismus neigen (KLAUSNITZER, 1997). Gleichaltrige Käfer wurden zu zehnt in ein neues Zuchtgefäß überführt. Dreimal wöchentlich wurde mit *T. urticae* gefüttert, die zuvor zum Abwandern von den Bohnenblättern mittels Licht angeregt wurden (s. Kap. 3.2.1.2.1). Für die Erhaltungszucht stellte es sich als effizienter heraus, die Käfer auf zwei- bis dreijährigen Linden (*T. platyphyllos*) zu vermehren. Diese Bäume waren in Gaze (Drahtstärke 0,063 mm, Maschenweite 0,2 mm, PA-Gewebe) gehüllt und wurden regelmäßig mit *T. urticae* nachbesiedelt. Die Zucht wurde je nach Bedarf der Eiablage bei 20 °C beziehungsweise 25 °C und Langtag (+/-1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) gehalten.

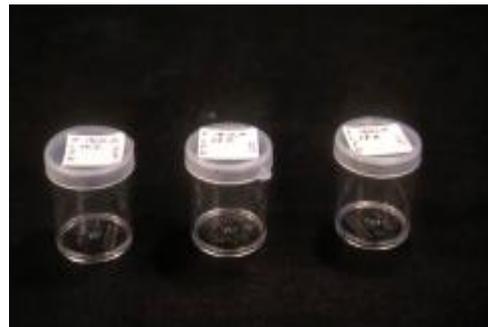
Tafel 7: Methoden zum Züchten von Milben und *Stethorus punctillum* Weise

Abb. 27 (oben): Zuchtmethode für *Eotetranychus tiliarium* Hermann an *Tilia* sp.
(Foto: Döring)

Abb. 28 (unten): Zuchtgefäß für *Stethorus punctillum* Weise
(Foto: Balder)

Abb. 29 (oben): Zuchtmethode für Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae
(Foto: Döring)

Abb. 30 (unten): Zuchtgefäße zum Erhalt für gleichaltrige Entwicklungsstadien von *Stethorus punctillum* Weise
(Foto: Balder)

3.2.2 Biologische Parameter

Entwicklung und Reproduktion der Lindenspinnmilbe und ihrer Antagonisten wurden untersucht und dabei drei Schwerpunkte bearbeitet:

1. Der Vergleich von biologischen Parametern der Lindenspinnmilbe und eines ausgewählten Antagonisten (*A. andersoni*) in Abhängigkeit von der Lindenart: *T. platyphyllos* und *T. cordata*.
2. Der Vergleich von biologischen Parametern der Lindenspinnmilbe und ausgewählter Antagonisten (*A. andersoni*; *S. punctillum*) bei zwei unterschiedlichen Temperaturen: 13 °C und 20 °C (+/- 1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte).
3. Der Vergleich von biologischen Parametern standorttypischer Raubmilben der Familie Phytoseiidae am Beispiel von *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* untereinander und mit *E. tiliarium* bei einer konstanten Temperatur und an *T. platyphyllos*.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Versuche mit *E. tiliarium* und ihrer Gegenspieler zu biologischen Parametern in Abhängigkeit von Temperatur und Lindenart. Das Populationswachstum von Milben ist stark von der Temperatur abhängig (s. Kap. 2.2.1). Aus diesem Grund wurden für die Untersuchungen der biologischen Parameter die Temperaturen in Anlehnung an durchschnittliche Frühjahrs- beziehungsweise Hochsommertemperaturen gewählt (Anhang, Tab. A1). Die Untersuchungen der biologischen Parameter an zwei unterschiedlich anfälligen Lindenarten sollte klären, ob die Entwicklung des Schädling und/oder eines Antagonisten von der Lindenart beeinflusst wird. Es wurden die für *E. tiliarium* anfällige Sommerlinde (*T. platyphyllos*) und die weniger anfällige Winterlinde (*T. cordata*) gewählt (HENNEBO, 1960), (s. auch Kap. 3.1.1.2). Von den Raubmilbenarten wurde *A. andersoni* am häufigsten für Versuche eingesetzt, da sich diese Art am besten unter Laborbedingungen züchten ließ. Neben den Untersuchungen zu biologischen Parametern wurde auch das Verhalten der Milben und des Käfers in der Zucht beobachtet und Besonderheiten beziehungsweise Übereinstimmungen mit Angaben aus der Literatur notiert.

Tab. 2: Übersicht der Versuche zu biologischen Parametern verschiedener Raubmilben und *Stethorus punctillum* Weise in Abhängigkeit von der Temperatur und der Pflanzenart (E=Entwicklung, V=Vermehrung, WT=Wechseltemperatur von 13 °C und 20 °C).

	20 °C (Langtag: 16 h/8 h)		13 °C (Langtag: 16 h/8 h)		13 °C (Kurztag: 8 h/16 h)
	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>	<i>T. cordata</i>	<i>T. platyphyllos</i>
<i>E. tiliarium</i>	+ (E,V)	+ (E,V)	+ (E,V)	+ (E,V)	+ (V)
<i>A. andersoni</i>	+ (E,V)	+ (E,V)	+ (E,V,WT)	+ (E)	+ (V)
<i>M. longipilus</i>	+ (E,V)				
<i>E. finlandicus</i>	+ (E)				
<i>S. punctillum</i>	+ (E)		+ (E,V)		

3.2.2.1 *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Die Versuche fanden in dreifacher Wiederholung bei zwei Temperaturstufen (20 °C und 13 °C) und auf den Lindenarten *T. platyphyllos* und *T. cordata* statt. Um die Fähigkeit der Reproduktion von *E. tiliarium* im Winterhalbjahr beurteilen zu können, kam die Variante Kurztag bei 13 °C (+/-1 °C, 8 h/16 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) hinzu (Tab. 2).

Als Vorbereitung für die Versuche wurden je Lindenart 4 Stecklinge mit einem Blatt geschnitten, jeweils mit fünf Spinnmilbenweibchen besetzt und bei 20 °C (+/-1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) aufgestellt (Abb. 31, Tafel 8). Nach drei Tagen wurden die Weibchen entfernt, die Anzahl der Eier auf maximal 20 reduziert und die Stecklinge bei Versuchstemperatur aufgestellt. Ab diesem Zeitpunkt wurden die einzelnen Stadien dreimal wöchentlich gezählt, um die Anzahl geschlüpfter Larven und die Entwicklungsgeschwindigkeit errechnen zu können. Für die Überprüfung der Reproduktion wurden jeweils 6 Nymphen des ersten Versuchsabschnittes auf neue Stecklinge der Sommer- und Winterlinde gesetzt, das Geschlecht bestimmt und die Eiablage von 60 beziehungsweise 51 Weibchen dreimal in der Woche gezählt. Bei jeder Auszählung wurden die Eier entfernt. Der Versuch wurde abgebrochen, sobald in einer Wiederholung alle Weibchen gestorben waren. Überlebensrate und Lebensdauer wurden errechnet, wobei eventuell geflüchtete Tiere als tote Tiere gezählt wurden. Die Überlebensrate I_x wurde wie folgt berechnet: $I_x=L_x/L_0$, wobei L_x die Individuenzahl ist, die die Altersklasse x erreicht hat, und L_0 die Individuenzahl der Ausgangspopulation ist.

3.2.2.2 Antagonisten

3.2.2.2.1 Raubmilben

Die Biologie der Raubmilbe *A. andersoni* wurde vergleichend zur Lindenspinnmilbe untersucht. Ausgenommen war die Eiablage bei 13 °C (Langtag), die nur auf *T. platyphyllos* bestimmt wurde (Tab. 2). Jede Variante bestand aus fünf Wiederholungen. Für diese Versuche wurde ausschließlich *E. tiliarium* sowie ein Gemisch aus Kiefer- und Birkenpollen als Nahrung angeboten. Der Versuch wurde abgebrochen, sobald in einer Wiederholung alle Weibchen gestorben waren. Geflüchtete Tiere wurden für tot erklärt. Es stellte sich heraus, dass bei 13 °C keine Eiablage erfolgte. Aus diesem Grund wurde in einem weiteren Versuch der Einfluss von niedriger und hoher Temperatur im Wechsel untersucht. Dafür wurden drei Versuchsschalen mit jeweils 20 Eiern regelmäßig von Montag bis Freitag bei 13 °C und von Freitag bis Montag bei 20 °C (+/- 1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) gestellt. Gefüttert wurden die beweglichen Stadien ausnahmsweise mit *T. urticae*. Insgesamt hatten sich auf der Sommerlinde 40 Weibchen und 15 Männchen entwickelt, von denen die Eiablage in drei Ansätzen nur überprüft, aber nicht ausgezählt wurde. Die Entwicklungsgeschwindigkeit sowie die Überlebensrate verschiedener Raubmilbenarten wurde auf Sommerlinde bei 20 °C (+/- 1 °C, 16 h/8 h, 65 bis 85 % rel. Luftfeuchte) mit *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* in fünf Ansätzen verglichen. Zudem wurde die Reproduktion von *A. andersoni* und *M. longipilus* bis Tag 43 verglichen. Als Nahrung diente *E. tiliarium* sowie Kiefer- und Birkenpollen.

Für den Aufbau der Versuche wurde die Zuchtmethode adaptiert (s. Kap. 3.2.1.2.1). Die Entwicklung der einzelnen Raubmilbenstadien wurde alle zwei Tage und die Eiablage dreimal in der Woche festgehalten.

3.2.2.2.2 *Stethorus punctillum* Weise

Die Entwicklung von *S. punctillum* wurde bei 13 °C und 20 °C (+/- 1 °C, 16 h/8 h, 70 bis 90 % rel. Luftfeuchte) auf *T. platyphyllos* untersucht. Bei 20 °C wurden innerhalb von vier Wochen 150 an der Gaze der Zuchtgefäße abgelegte Eier einzeln auf etwa 5 cm² große, mit Lindenspinnmilbe besiedelte Blattstücke übertragen. Damit wurde gewährleistet, dass die Entwicklung der einzelnen Stadien genau erfasst wurde. Die Blattstücke wurden in Wasser gelegt, um einer Flucht vorzubeugen und um Flüssigkeit anzubieten (Abb. 32, Tafel 8). Dreimal wöchentlich wurden die Stadien gezählt und die Blattstücke nach Bedarf getauscht. Bei 13 °C wurden 46 Eier entsprechend der Zuchtmethode in kleine Plastikgefäße vereinzelt (s. Kap. 3.2.1.2.2) und die weitere Entwicklung beobachtet. Angaben in der Literatur zur

Reproduktion von *S. punctillum* beziehen sich überwiegend auf höhere Temperaturen (s. Kap. 2.2.2). Das Interesse galt deshalb der Fähigkeit des Käfers zur Reproduktion bei niedriger Temperatur. Es wurden 30 vier Wochen alte Imagines in drei Wiederholungen bei 13 °C beobachtet. Für den Versuch wurde die Zuchtmethode adaptiert (s. Kap. 3.2.1.2.2). Einmal wöchentlich erfolgte die Kontrolle auf mögliche Eiablage.

In einem weiteren Versuch wurde überprüft, ob die Imagines in der Lage sind, direkt am Baum zu überwintern. Damit sollten Ansatzpunkte für einen Einsatz in der Praxis erarbeitet werden. Im Oktober 1999 wurden 102 vier Monate alte Käfer an verschiedenen Bereichen von drei Parkbäumen (*T. platyphyllos*) ausgebracht (Tab. 3).

Tab. 3: Varianten zur Untersuchung von Überwinterungsmöglichkeiten von *Stethorus punctillum* Weise am Baum, 1999/2000.

Variante	Wiederholung	Anzahl der Käfer
Astloch	3	5
Zweig	3	5
Stamm	5	3 x 5, 2 x 6
Boden	4	10

Für die Varianten „Astloch“ (Abb. 33, Tafel 8) und „Stamm“ wurde Gaze (Drahtstärke 0,063 mm, Maschenweite 0,2 mm, PA-Gewebe) mittels Acryl (Spritzpistole) befestigt. In vorhergehenden Tests wurde keine nachteilige Wirkung der Dichtungsmasse auf die Käfer festgestellt. An den Zweigenden erfolgte der Einsatz in dafür angefertigten Gasesäcken. Für die Variante „Boden“ wurden Böden und Deckel von kleinen Plastikdosen (8 cm x 8 cm) mit Gaze präpariert, um Sauerstoffzufuhr zu gewährleisten. Darin wurden die Käfer etwa 10 cm tief in den Boden unterhalb von Starkwurzeln platziert. Nach fünf Monaten, am 31.3.2000, wurde die Überlebensrate der Käfer ermittelt.

3.2.3 Untersuchungen zur Effektivität der Antagonisten

Der Einsatz von Antagonisten zur biologischen Bekämpfung von *E. tiliarium* setzt voraus, effektive Arten auszuwählen. Versuche zur Erfassung der kurzzeitigen Fraßleistung wurden im Labor mit standorttypischen Antagonisten angesetzt. Weiterhin wurde die Effektivität unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Räuber und Beute untersucht.

3.2.3.1 Kurzzeitige Fraßleistung

Die kurzzeitige Fraßleistung innerhalb von drei Stunden wurde für die Raubmilben *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* sowie für die Larven und Imagines von *S. punctillum* untersucht (Tab. 4). Dabei sollten mehrere Fragen beantwortet werden:

1. Verändert sich die Fraßleistung der Antagonisten *A. andersoni* und *S. punctillum* bei unterschiedlicher Beutedichte?
2. Wirkt sich die Art der Wirtspflanze auf die Fraßleistung des Antagonisten *A. andersoni* aus?
3. Wie groß ist der Unterschied der Fraßleistung des Antagonisten *A. andersoni* bei extremen Temperaturunterschieden?
4. Gibt es einen Unterschied in der Fraßleistung der Imago und dem vierten Larvenstadium von *S. punctillum*? Die Larven sind von besonderer Bedeutung für einen möglichen Einsatz in der Schädlingsbekämpfung, weil sie im Gegensatz zum Käfer flugunfähig sind und damit weniger bereit zu fliehen.
5. Gibt es Unterschiede in der Fraßleistung verschiedener Raubmilbenarten aus der Familie Phytoseiidae?

Blattstücke (4 cm²) wurden mit der jeweiligen Beutedichte besetzt und auf Watte in stehendes Leitungswasser gelegt (Abb. 32, Tafel 8). Das Beuteangebot wurde von Erhebungen im Freiland abgeleitet und in zwei Stufen variiert: „niedrige Dichte“ bedeutete ein Beuteangebot von 30 Individuen verschiedener Stadien der Beute (15 Nymphen und 15 Eier) und „hohe Dichte“ ein Beuteangebot von 60 Stadien (30 Nymphen und 30 Eier). Die niedrige Dichte stellte gemessen am Freilandvorkommen einen relativ hohen Befall dar, demgegenüber repräsentierte die hohe Dichte sogar ein extrem überhöhtes Angebot. Die Wahl der Nymphen als Versuchsstadien erfolgte, um eine weitere Vermehrung der Spinnmilbe zu unterbinden. Die Auswahl von beweglicher und unbeweglicher Beute sollte das natürliche Nahrungsangebot mit gemischter Altersstruktur in einer Population abbilden. Die Versuche wurden je nach Fragestellung auf den Lindenarten *T. platyphyllos* und *T. cordata* bei 13 °C beziehungsweise 20 °C (+/- 1 °C, 16 h/8 h, 70 bis 90 % rel. Luftfeuchte) durchgeführt. Bei den Raubmilben handelte es sich um 17 bis 21 Tage alte Weibchen, die in diesem Alter am Beginn ihrer Reproduktion stehen und somit einen hohen Verzehr aufweisen (SABELIS, 1985). Alle Raubmilben waren einmal im Versuch. Die Fraßversuche von *S. punctillum* wurden mit 46 bis 60 Tage alten Imagines und L₄-Stadien durchgeführt. Die Imagines waren mehrmals, die Larven hingegen nur einmal im Versuch. Raubmilben sowie Larven von *S. punctillum* wurden von Beginn an mit *E. tiliarium* gefüttert. Imagines von *S. punctillum* wurden mindestens 72 Stunden vor Versuchsbeginn mit *E. tiliarium* gehalten. Die Anzahl der Wiederholungen lag zwischen 32 und 36 bei allen Varianten. Nach drei

Stunden wurde der Räuber aus dem Versuch entnommen und die lebenden Stadien der Beute gezählt.

Tab. 4: Übersicht der Varianten zu den dreistündigen Fraßversuchen von Raubmilben und *Stethorus punctillum* Weise in Abhängigkeit von der Beutedichte und der Lindenart.

Antagonist	20 °C (Langtag: 16 h/8 h)				13 °C (Langtag: 16 h/8 h)
	<i>T. platyphyllos</i>		<i>T. cordata</i>		<i>T. platyphyllos</i>
	niedrige Dichte	hohe Dichte	niedrige Dichte	hohe Dichte	niedrige Dichte
<i>A. andersoni</i>	+	+	+	+	+
<i>M. longipilus</i>	+				
<i>E. finlandicus</i>	+				
<i>S. punctillum</i> Imago	+	+			
<i>S. punctillum</i> L ₄	+	+			

niedrige Dichte : je 15 Spinnmilbennymphen und –eier
 hohe Dichte : je 30 Spinnmilbennymphen und –eier

3.2.3.2 Untersuchungen zur Effektivität von Raubmilben unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Räuber und Beute

Ziel dieser Untersuchungen war, die räuberische Leistung der Antagonisten zu untersuchen. Dafür wurde definiert, dass die Raubmilben nur dann ausreichend effektiv waren, wenn die Blätter maximal zu 50 % durch *E. tiliarium* geschädigt waren.

Innerhalb von 16 Tagen wurde die Effektivität der Raubmilben *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* untersucht. Es wurde die Methodik der Versuche zur kurzzeitigen Fraßleistung angewendet (s. Kap. 3.2.3.1; Abb. 32, Tafel 8). Als Ausgangspopulation wurde die „niedrige Beutedichte“ (15 Nymphen und 15 Eier) angesetzt. Bei den Raubmilbenweibchen handelte es sich wiederum um 17 bis 21 Tage alte Tiere, die einmal im Versuch waren. Zudem wurde die Populationsdynamik der Raubmilbe *M. longipilus* und ihrer Beute bei gestaffelter Ausgangspopulation der Spinnmilbe in dem gleichen Zeitraum beobachtet. Folgende Varianten mit unterschiedlicher Beutedichte wurden hierfür angesetzt:

1. 2 Stadien = 1 Nymphe und 1 Ei
2. 10 Stadien = 5 Nymphen und 5 Eier
3. 20 Stadien = 10 Nymphen und 10 Eier
4. 30 Stadien = 15 Nymphen und 15 Eier
5. 60 Stadien = 30 Nymphen und 30 Eier

Die Untersuchungen fanden auf *T. platyphyllos* bei 20 °C und Langtag (+/-1 °C, 16 h/8 h, 70 bis 90 % rel. Luftfeuchte) mit jeweils zehn Wiederholungen statt. Beide Versuche wurden an Tag 3, 6, 9, 13 und 16 bonitiert und dabei die Anzahl der beweglichen, somit der fraßfähigen Raubmilbenstadien, sowie alle Stadien der Spinnmilbe gezählt.

Weiterhin wurde der Saugschaden am Ende der Versuche geschätzt. Dabei wurde wie bei den Blattproben aus dem Freiland verfahren: 5 % für beginnenden Schaden, 10 %, 20 %, 30 %, usw., 100 % für völlig geschädigte Blattstücke.

Tafel 8: Methoden zu Versuchen im Labor und im Freiland

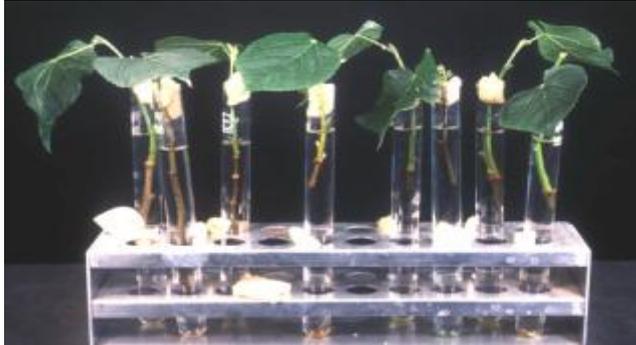


Abb. 31 (oben): Versuche zur Entwicklung und Eiablage von *Eotetranychus tiliarium* Hermann an Steckhölzern von *Tilia* sp. (Foto: Döring)

Abb. 32 (unten): Versuche zur Entwicklung von *Stethorus punctillum* Weise sowie Methodik zur Ermittlung der Fraßleistung und Effektivität von Raubmilben und *Stethorus punctillum* Weise. (Foto: Döring)

Abb. 33 (unten): Einkäfigen von *Stethorus punctillum* Weise zur Überprüfung der Überwinterungsmöglichkeiten in einem Astloch. (Foto: Balder)

3.3 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der Daten wurde das Computerprogramm SAS genutzt. Eine gemeinsame statistische Auswertung der Freilandversuche wurde aufgrund der heterogenen Varianzen nicht vorgenommen. An einem Beispiel wurden Unterschiede mit Hilfe des Welch-Tests deutlich, die auch im Boxplot zu zeigen sind. Anhand der Boxplots kann abgelesen werden, wie die Werte verteilt sind. Es handelt sich dabei um den Vergleich der Straßenstandorte im Jahr 1998. Die Versuche zur Entwicklung und zur Eiablage wurden auf signifikante Unterschiede mit dem t-Test oder bei ungleichen Varianzen mit dem Welch-Test überprüft. Die mittlere Fraßleistung der Antagonisten *A. andersoni* und *S. punctillum* wurde hinsichtlich der Beutedichte beziehungsweise der Lindenart mittels Boxplots beschrieben und auf Unterschiede mit dem t-Test beziehungsweise dem Welch-Test überprüft. Der vergleichende Versuch zur Fraßleistung verschiedener Raubmilben wurde ebenfalls mittels Boxplots dargestellt und mit dem Kruskal-Wallis-Test analysiert, um wesentliche Unterschiede in der Fraßleistung zu erkennen.

Für die Ermittlung signifikanter Unterschiede wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit p wird für die Tests stets angegeben. Ist sie kleiner als die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit, liegt Signifikanz vor. Mittelwerte werden mit Standardabweichungen angegeben.

4 Ergebnisse

4.1 Populationsdynamik von Räuber und Beute in Abhängigkeit von abiotischen Einflussfaktoren

Der Spinnmilbenbefall wird durch viele Faktoren beeinflusst, die im Komplex wirken. Deshalb ist es sehr schwierig, die Ursachen für ein verstärktes Auftreten von *E. tiliarium* zu bestimmten Zeiten und an bestimmten Standorten herauszufinden. Trotzdem wurde versucht, mittels Freilanddaten den Einfluss einzelner Faktoren auf die Spinnmilben- und Antagonistenpopulationen zu beschreiben.

4.1.1 Standortumfeld

Untersucht wurde die Populationsdynamik von *E. tiliarium* und ihrer Gegenspieler in Abhängigkeit von der Gestaltung der Baumstandorte von 1998 bis 2000.

4.1.1.1 *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Abbildung 34 zeigt für den Spinnmilbenbefall in 1998 einen deutlich höheren Befall am sonnigen Standort. Signifikante Unterschiede zwischen der sonnigen und schattigen Hauptstraße lagen zu Beginn und Ende der Vegetation an folgenden Terminen vor: Termin 1 ($p=0,0024$), Termin 2 ($p=0,0395$), Termin 4 ($p=0,006$), Termin 9 ($p=0,0165$) und Termin 10 ($p=0,0232$). Da viele Blätter befallsfrei waren, wurden die Werte der Nebenstraße nur dargestellt (Abb. 34) und nicht getestet.

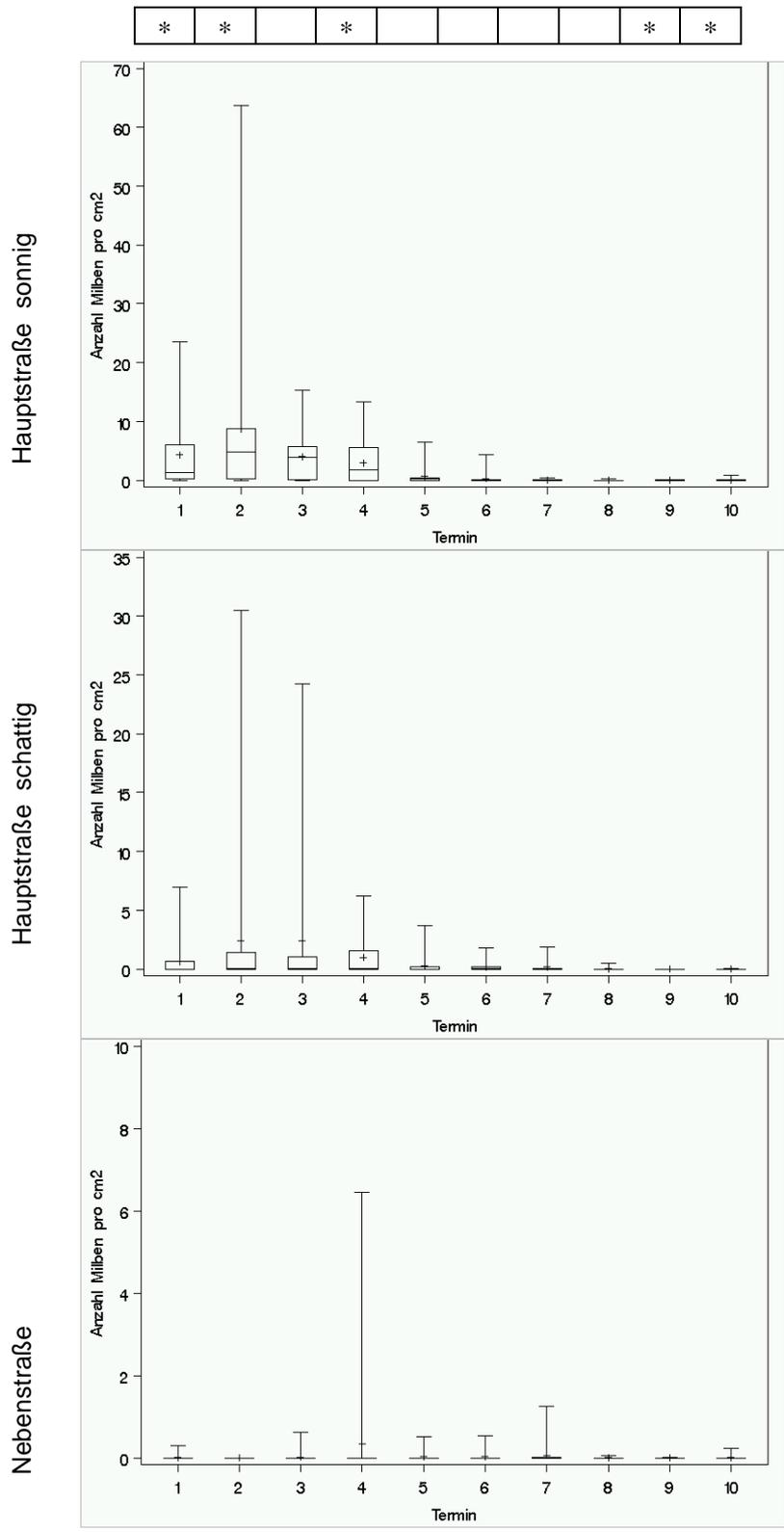


Abb. 34:
 Populationsentwicklung von *Eotetranychus tiliarium* Hermann an *Tilia x vulgaris* 'Pallida' 1998 in Abhängigkeit von der Standortgestaltung mittels Boxplots, signifikante Unterschiede (Welch-Test) zwischen der sonnigen und der schattigen Hauptstraße sind mit * markiert.

Die Spinnmilbenpopulation war stets an dem sonnigen Hauptstraßenstandort am höchsten. In 1998 wurde in der 19. Kalenderwoche (1. Termin) schon ein Befall von 5,32 Spinnmilben/cm² Blattfläche gezählt, der auf 8,53 Spinnmilben/cm² Blattfläche in der 22. Kalenderwoche (2. Termin) stieg (Abb. 35). Schon ab der 24. Kalenderwoche war mehr als die Hälfte der Blattfläche durch Besaugen geschädigt (Tab. 5). Auf der schattigen Hauptstraßenseite trat die höchste Population in der 22. und 24. Kalenderwoche mit 2,25 Spinnmilben/cm² auf (Abb. 35). In der 32. Kalenderwoche wurde dort der höchste Saugschaden mit 40 % festgestellt. Die Bäume der Nebenstraße blieben nahezu befallsfrei. In 1999 baute *E. tiliarium* keine nennenswerten Populationen auf, dennoch wurde der höchste Befall wieder auf der sonnigen Hauptstraße mit 0,29 Spinnmilben/cm² in der 33. Kalenderwoche festgestellt. Der Saugschaden ging nicht über 5 % hinaus (Anhang, Tab. A2). In 2000 stieg die Spinnmilbenpopulation am sonnigen Hauptstraßenstandort von 0,2 Spinnmilben/cm² Blattfläche in der 23. Kalenderwoche auf 2,77 Spinnmilben/cm² in der 27. Kalenderwoche an, dementsprechend waren die Blätter zu 20 % ausgesaugt (Abb. 35; Anhang, Tab. A2). An den beiden anderen Standorten war der Befall nahezu identisch und lag unter 1 Spinnmilbe/cm² Blattfläche.

Tab. 5: Saugschaden [%] an *Tilia x vulgaris* 'Pallida' in Abhängigkeit von der Standortgestaltung, 1998 (KW=Kalenderwoche).

Standort	19. KW	22. KW	24. KW	26. KW	28. KW	30. KW	32. KW	35. KW	36. KW	39. KW
Hauptstraße sonnig	13	33	53	70	50	47	63	40	57	50
Hauptstraße schattig	5	10	10	30	33	33	40	20	40	33
Nebenstraße	0	0	5	8	5	5	8	5	5	8

4.1.1.2 Raubmilben

Die Raubmilben wurden von den Standortbedingungen nur unwesentlich beeinflusst (Abb. 35). Die Populationen der einzelnen Jahre zeigen stets den gleichen Rhythmus: Unabhängig vom Standort war eine Ausgangspopulation vorhanden, die bis auf maximal 0,1 Raubmilben/cm² Blattfläche im Juni/Juli stieg und daraufhin stark abnahm. In 1998 war der Besatz mit Raubmilben an den Hauptstraßenstandorten leicht höher, wohingegen in 1999 und 2000 mehr Raubmilben an der Nebenstraße gefunden wurden. Einen Zusammenhang der Anzahl von Spinnmilben und Raubmilben auf einem Blatt konnte nicht beobachtet werden. Bei starkem Spinnmilbenbefall wurden weder sehr viele noch sehr wenige

Raubmilben gefunden. Die höchste Spinnmilbenzahl pro Blatt betrug 4100 und die höchste Raubmilbenzahl pro Blatt 28 Stadien.

Der Faktor aus dem Verhältnis von Spinnmilben zu Raubmilben ist in Tab. 6 für die vergleichbaren Termine der Probennahme wiedergegeben. Auf der sonnigen Hauptstraßenseite traten im Mai und Juni 1998 Spinnmilben zu Raubmilben mit dem Faktor 267 beziehungsweise 354 auf. In 1999 waren nur vereinzelt Spinnmilben vorhanden, so dass die Faktoren bis auf eine Ausnahme (Mai, Nebenstraße) stets Null betragen. In 2000 trat die Spinnmilbe erst ab Juli verstärkt auf. Auf der sonnigen Hauptstraßenseite betrug der Faktor 131,1.

Tab. 6: Faktor aus dem Verhältnis von Spinnmilben zu Raubmilben der Monate Mai, Juni und Juli an *Tilia x vulgaris* `Pallida` in Abhängigkeit von der Standortgestaltung von 1998 bis 2000.

Jahr	Monat	Hauptstraße sonnig	Hauptstraße schattig	Nebenstraße
1998	Mai	267,0	54,0	1,0
	Juni	354,0	64,0	4,7
	Juli	11,5	13,5	3,5
1999	Mai	0	0	6,0
	Juni	0	0	0
	Juli	0	0	0
2000	Mai	0	0,4	0,1
	Juni	3,8	0,4	0
	Juli	131,1	10,0	28,2

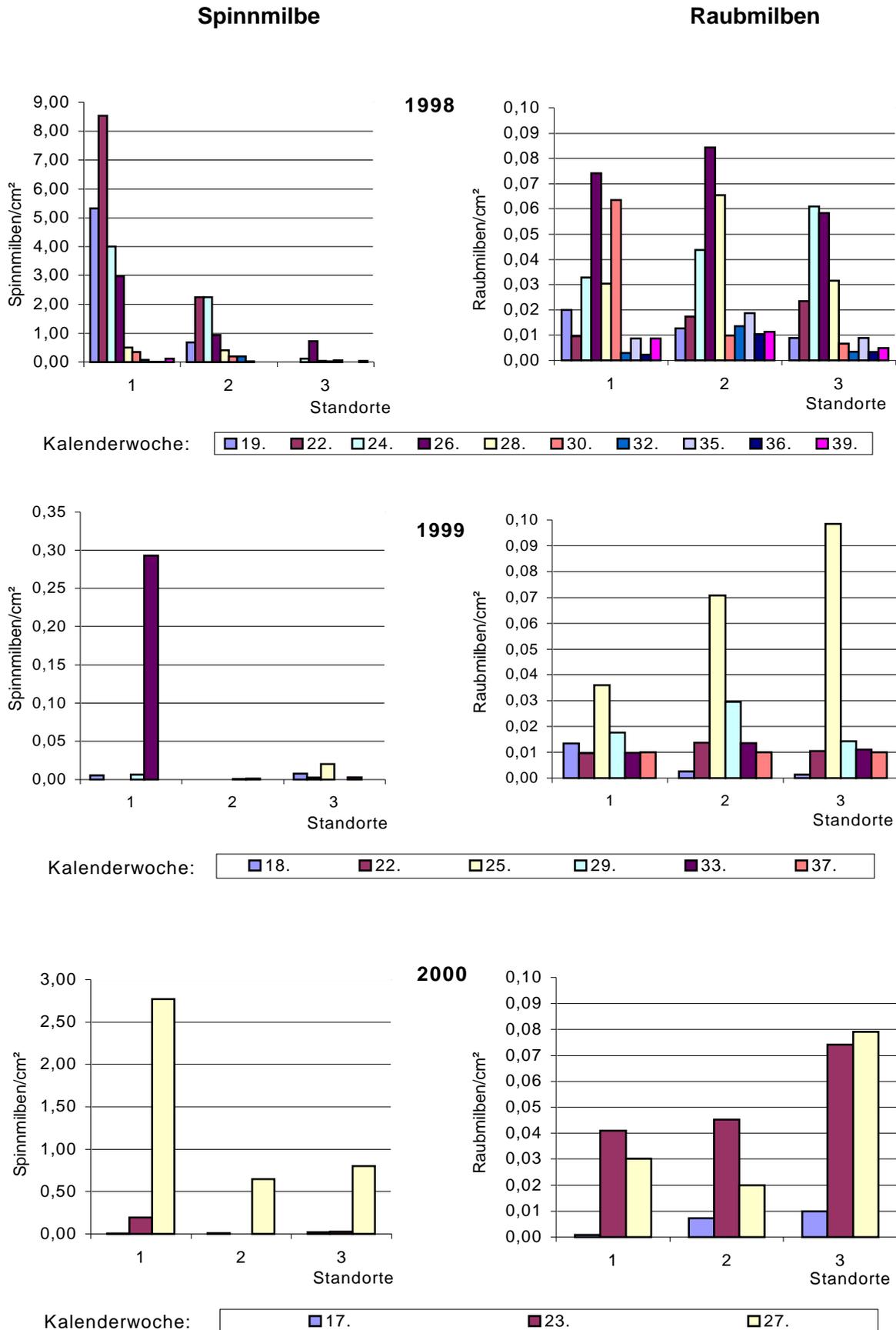


Abb. 35: Populationsentwicklung von *Eotetranychus tiliarium* Hermann (links, unterschiedliche Skalierung!) und Raubmilben (rechts) an *Tilia x vulgaris* 'Pallida' in Abhängigkeit von der Standortgestaltung, 1998-2000; 1=Hauptstraße sonnig, 2=Hauptstraße schattig, 3=Nebenstraße.

4.1.1.3 *Stethorus punctillum* Weise

S. punctillum wurde mit einer Ausnahme nur selten gefunden. Immerhin 19 Exemplare traten am sonnigen Hauptstraßenstandort in 1998 auf, an dem auch der stärkste Spinnmilbenbefall vorhanden war (Tab. 7). Ein Zusammenhang zwischen Spinnmilbendichte und Anzahl des Käfers kann damit angenommen werden.

Tab. 7: Gegenüberstellung der mittleren Anzahl aller Stadien von *Stethorus punctillum* Weise und von *Eotetranychus tiliarium* Hermann an *Tilia x vulgaris* `Pallida` in Abhängigkeit von der Standortgestaltung in den Jahren 1998 und 1999.

	1998			1999		
	Hauptstraße sonnig	Hauptstraße schattig	Neben- straße	Hauptstraße sonnig	Hauptstraße schattig	Neben- straße
<i>S. punctillum</i> (dreimaliges Schütteln von Ästen)	19	7	7	3	0	3
<i>E. tiliarium</i> (cm ² Blatt- fläche)	21,9	7	1	0,31	0	0,03

4.1.1.4 Sonstige Nützlinge

Das Nützlingsspektrum in den Jahren 1998 und 1999 zeigen die Abbildungen 37 bis 42 (Tafel 9). Nützlinge traten unabhängig von der Gestaltung an allen drei Standorten in beiden Jahren auf, kamen aber häufiger in 1999 vor (Abb. 36). Am stärksten waren die räuberisch lebenden Wanzen aus den Familien Anthocoridae und Miridae vertreten, die am häufigsten in der Nebenstraße mit durchschnittlich 9 Exemplaren pro Beprobungstermin und auf der schattigen Hauptstraßenseite mit durchschnittlich 6 Exemplaren pro Beprobungstermin in 1999 vorkamen. Auch Schlupfwespen und Spinnen wurden häufiger mit durchschnittlich 2 bis 4 Exemplaren pro Beprobungstermin in 1999 gefunden. Marienkäfer wurden vermehrt in 1998 und zwar auf der sonnigen Hauptstraßenseite und in der Nebenstraße mit durchschnittlich 3 Exemplaren pro Beprobungstermin gezählt. Die Netzflügler aus den Familien Chrysopidae und Hemerobidae traten in geringen Zahlen in beiden Jahren auf. Ohrwürmer konnten nur sehr vereinzelt (Hauptstraße sonnig, Nebenstraße) beziehungsweise gar nicht (Hauptstraße schattig) festgestellt werden.

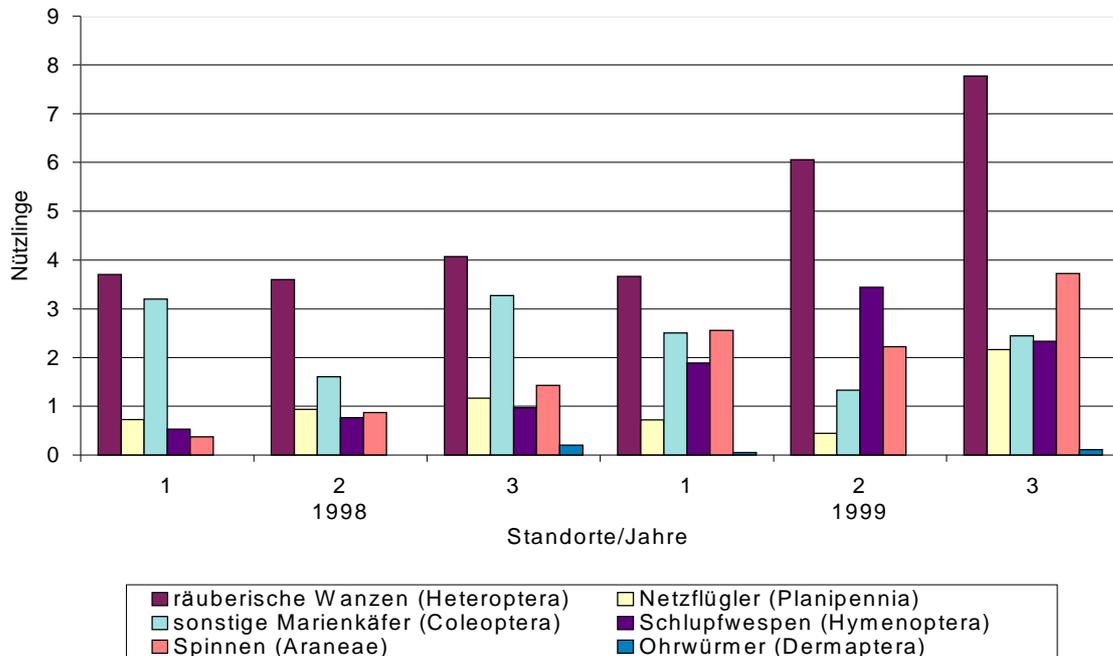


Abb. 36: Durchschnittliche Nützlingsanzahl eines Beprobungstermines (unten) in Abhängigkeit von der Standortgestaltung an *Tilia x vulgaris* 'Pallida', 1998-1999; 1=Hauptstraße sonnig, 2=Hauptstraße schattig, 3=Nebenstraße.

Es wurde kein Zusammenhang zwischen den Nützlingen und *E. tiliarium* festgestellt. Allerdings bestand eine Beziehung zwischen räuberischen Wanzen und sonstigen Marienkäfern zu Blattläusen in 1998. Die Korrelationskoeffizienten sind im Anhang, Tab. A3, angegeben. Für weitere Nützlinge ließen die Korrelationskoeffizienten keinen Zusammenhang mit Blattläusen als Beute erkennen.

Tafel 9: Verschiedene Nützlinge



Abb. 37 (oben): Netzflüglerlarve *Cunctochrysa albolineata* (Killington)
(Foto: Schaefer)

Abb. 38 (mitte): Blattlausschlupfwespe neben parasitierter Blattlaus
(Foto: Schaefer)

Abb. 39 (unten): Marienkäfer *Propylaea quatuordecimpunctata* Mulsant
(Foto: Schaefer)

Abb. 40 (oben): Radnetzspinne *Araniella cucurbitinus* (Clerck)
(Foto: Schaefer)

Abb. 41 (mitte): Gemeiner Ohrwurm *Forficula auricularia* L.
(Foto: Schaefer)

Abb. 42 (unten): Räuberische Wanze *Deraeocoris lutescens* (Schill.)
(Foto: Hasselmann)

4.1.2 Witterung

Die Wetteraufzeichnungen sollten einen Einfluss der Witterung auf die Populationsdynamik von Spinnmilben und Raubmilben an den Straßenbäumen aufzeigen. Es wurden Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie Sonnenscheindauer von 1998 bis 2000 verglichen (Dahlem). Ab Juli 1999 war es möglich, Daten direkt am Versuchsstandort mittels einer Messstation zu erhalten (Frankfurter Allee). Die Messergebnisse wurden auf Unterschiede verglichen. Der Einfluss des Mikroklimas auf den Spinnmilbenbefall in Abhängigkeit von den Standorten wurde durch Klimamessungen in der Baumkrone untersucht. Die Messung in der Baumkrone auf der schattigen Hauptstraßenseite wurde mit denen der Messstation am Versuchsstandort (Frankfurter Allee) verglichen.

4.1.2.1 Jahreswitterung

Der Witterungsverlauf während des Untersuchungszeitraums ist in Abb. 43 zusammengefasst. Das Jahr 1998 war durch einen warm-trockenen Frühling, einen feucht-kühlen Sommer und einen trockenen Herbst geprägt. In niederschlagsarmen Perioden stieg die Temperatur an. 1998 endete und 1999 startete mit sehr niedrigen Temperaturen. Die Wintermonate Dezember, Januar und Februar waren wesentlich kälter als im Jahr zuvor. Höhere Temperaturen von 15 °C wurden erst Ende Mai, im Gegensatz zu 1998 Anfang Mai, erreicht. Der Juni war etwas kühler und der Juli wärmer als in 1998. Das Jahr 2000 war durch einen milden Winter gekennzeichnet. Die Temperatur im Frühjahr stieg gleichmäßig an. Der Mai war sehr warm, der Sommer jedoch kühler als in 1999. In den drei Jahren betrug die relative Luftfeuchte bis Anfang Mai über 60 % und sank in 2000 unter 50 %. In den Jahren 1998 und 1999 sank die relative Luftfeuchte ein zweites Mal Mitte August unter 60 %. Ende August wurden stets nahezu 80 % relative Luftfeuchtigkeit erreicht, allerdings wurde ein weiterer Einschnitt in 1999 Mitte September verzeichnet. Die Sonnenscheindauer war 1999 höher als 1998 und 2000 (Abb. 43).

Mildere Temperaturen in den Wintermonaten und im Frühjahr könnten Ausschlag gebend für einen Populationsaufbau von *E. tiliarium* sein. Vielleicht konnte sich deswegen in 1999 keine Spinnmilbenpopulation aufbauen beziehungsweise die Population brach in der Nebenstraße frühzeitig zusammen (Abb. 35). *E. tiliarium* als wärmeliebender Schädling konnte sich im Gegensatz dazu nach den mildereren Wintern 1998 und 2000 gut entwickeln und in 1998 sogar sehr hohe Populationen aufbauen (Abb. 35). Es ist anzunehmen, dass für den Aufbau einer Spinnmilbenpopulation und dem daraus resultierenden Schaden vor allem das Frühjahr von Bedeutung ist. Denn trotz der höheren Temperaturen im Juli und August konnte sich in

1999 keine Spinnmilbenpopulation im Sommer aufbauen. Für die Raubmilben wurde kein jahresabhängiges Auftreten festgestellt. Ihre Populationsdynamik innerhalb der drei Jahre war ähnlich und überstieg nie 0,1 Raubmilben/cm² Blattfläche (Abb. 33).

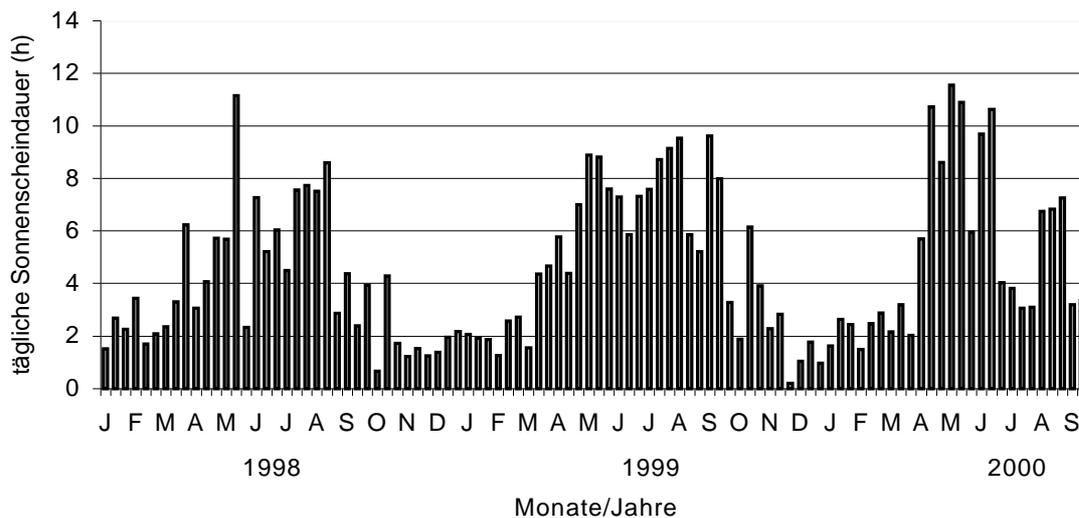
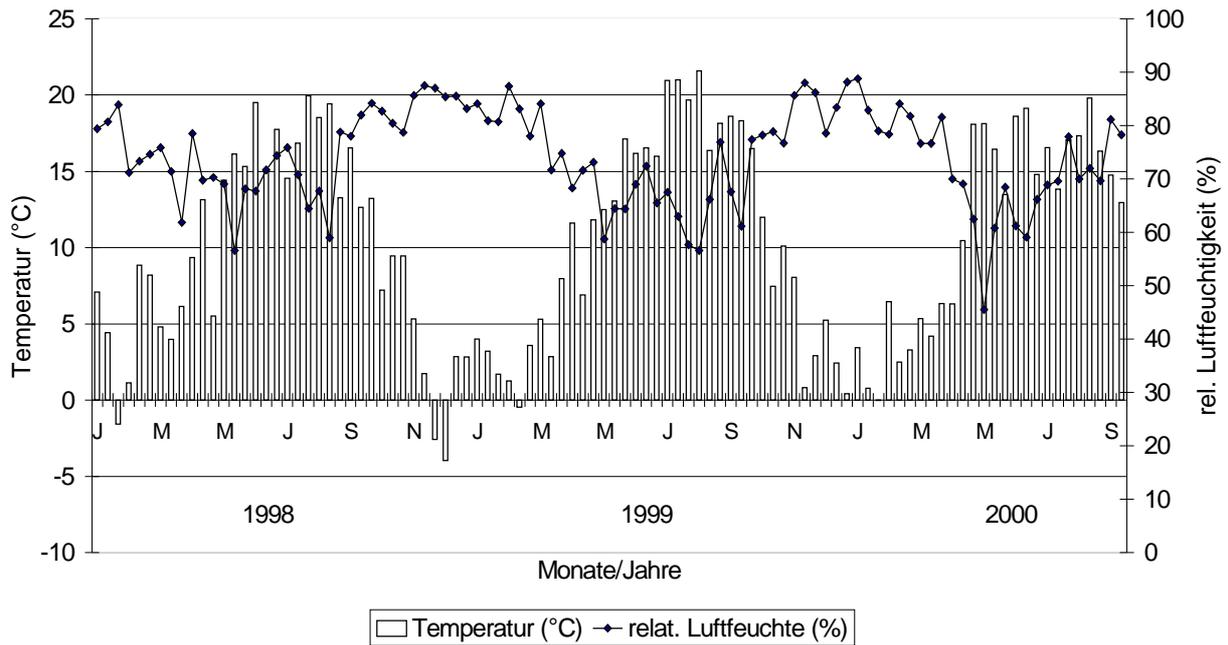


Abb. 43: Dekadische Tagesmittelwerte (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit, oben) und dekadischer Mittelwert der täglichen Sonnenscheindauer (unten) von 1998 bis 2000, Dahlem.

Mit der Messstation in der Frankfurter Allee wurden Klimadaten direkt am Versuchsstandort über einen begrenzten Zeitraum erhoben und mit den Dahlemer Werten verglichen (Abb. 44): Die Luftfeuchtigkeit war ähnlich und die Temperatur war am Versuchsstandort Hauptstraße geringfügig, aber gleichmäßig höher. Demzufolge wurden im weiteren die Klimadaten des meteorologischen Institutes verwendet.

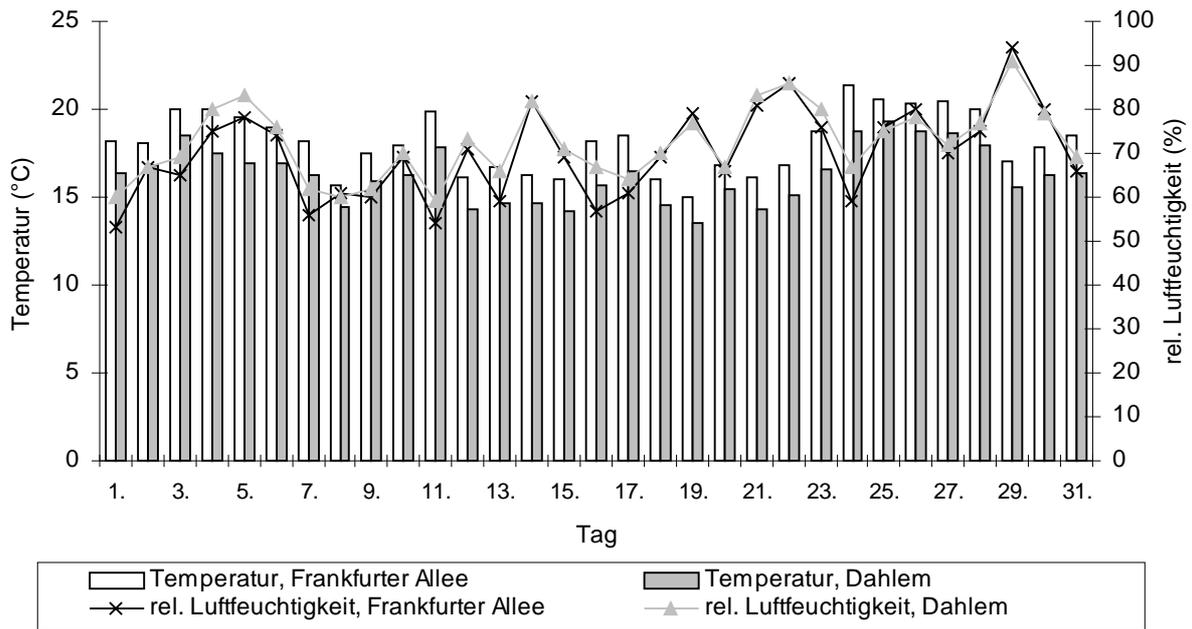


Abb. 44: Vergleich von Tagesmittelwerten (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) des Monats Juli 2000 zwischen Dahlem und Frankfurter Allee.

4.1.2.2 Mikroklima

Der Datenvergleich der Messstellen innerhalb der Krone und der Messstation am Standort (Abb. 45) ergab im Schattenbereich sehr geringe Abweichungen. Die Temperatur war in der Baumkrone häufig geringfügig niedriger als im Baumumfeld.

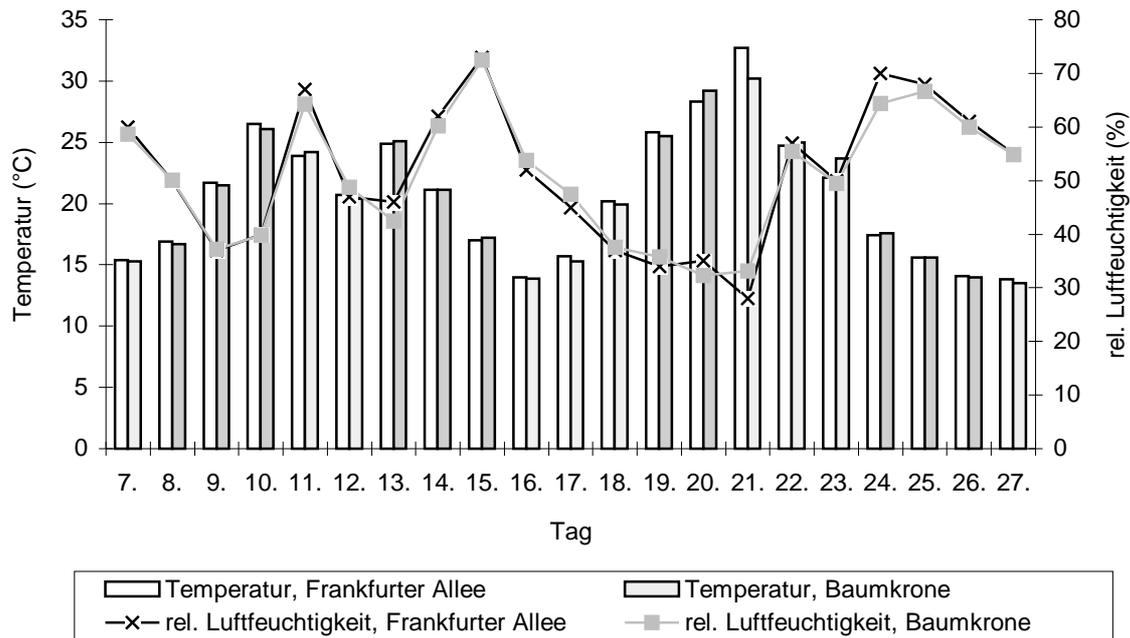


Abb. 45: Vergleich von Tagesmittelwerten (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) vom 7.-27. Juni 2000 zwischen Frankfurter Allee und der Baumkrone.

Messungen in den Baumkronen der drei Standorte ergaben im ersten Auswertungsschritt keine Unterschiede von Durchschnittstemperatur, Maximal- und Minimaltemperatur (Tab. 8). Erst eine Analyse zu bestimmten Tageszeiten (13.00 Uhr und 17.00 Uhr) ergab, dass der sonnige Standort bis zu 3 °C wärmer sein kann (Tab. 9). Allerdings sollte hieraus nicht der Schluss gezogen werden, dass die Spinnmilbenpopulation an Extremstandorten in ihrer Entwicklung allein von der Sonnenscheindauer gefördert wird. Am ebenfalls sonnigen Standort Nebenstraße wurden ähnliche Temperaturen wie an der sonnigen Hauptstraßenseite gemessen, doch war die Spinnmilbenpopulation in allen Jahren nahezu null (Abb. 35). Für die Raubmilben konnte keine Abhängigkeit von dem Mikroklima erkannt werden. Sie traten geringfügig stärker an den Hauptstraßenstandorten in 1998 und an der Nebenstraße in 1999 und 2000 auf.

Tab. 8: Vergleich von Tagesdurchschnitt, Minimum- und Maximumwerten der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit in den Baumkronen der Versuchsstandorte, 12.-28. Mai 2000.

	Temperatur [°C]			relative Luftfeuchtigkeit [%]		
	Hauptstraße		Nebenstraße	Hauptstraße		Nebenstraße
	sonnig	schattig	sonnig	sonnig	schattig	sonnig
Tagesdurchschnitt	20,4	20,3	20,3	52,3	51,1	51,5
Minimum	9,9	9,4	9,4	15,8	16,8	15,5
Maximum	37,5	36,0	37,8	99,9	99,9	99,9

Tab. 9: Vergleich von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit in der Baumkrone zwischen den Versuchsstandorten zu bestimmten Tageszeiten an drei ausgewählten Tagen im Jahr 2000 (angegeben sind die Klimadaten am schattigen Hauptstraßenstandort und die Differenzen zu den beiden anderen Standorten; Angabe der Witterung als subjektive Schätzung).

Standort	Witterung	Datum	Temperatur [°C]		relative Luftfeuchtigkeit [%]	
			13:00 Uhr	17:00 Uhr	13:00 Uhr	17:00 Uhr
Hauptstraße schattig	„kühl“	17.06.	18,2	19,2	40,3	33,1
Hauptstraße sonnig	„kühl“	17.06.	+ 2,0	+ 2,0	- 5,9	- 5,4
Nebenstraße	„kühl“	17.06.	+ 0,8	+ 1,4	- 3,5	- 4,3
Hauptstraße schattig	„mittel“	18.06.	21,8	25,3	31,3	17,6
Hauptstraße sonnig	„mittel“	18.06.	+ 2,3	+ 2,0	- 8,7	+ 0,9
Nebenstraße	„mittel“	18.06.	+ 2,0	+ 1,5	- 8,2	+ 2,0
Hauptstraße schattig	„heiß“	19.06.	29,0	32,6	31,0	21,9
Hauptstraße sonnig	„heiß“	19.06.	+ 2,9	+ 1,4	- 7,4	- 1,9
Nebenstraße	„heiß“	19.06.	+ 2,8	+ 0,7	- 7,6	- 1,0

4.1.3 Lindenart

4.1.3.1 *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Der Vergleich *T. cordata* und *T. platyphyllos* zeigt, dass sich eine Spinnmilbenpopulation in der Vegetationsperiode 1999 nur an der Sommerlinde aufbauen konnte (Abb. 46). Die Ausgangspopulation an der Winterlinde betrug allerdings mit 0,61 Milben/cm² Blattfläche das Zehnfache als an der Sommerlinde. Doch schon in der 22. Kalenderwoche war der Befall an *T. platyphyllos* deutlich stärker. In der 25. Kalenderwoche wurde fast 1 Milbe/cm² Blattfläche an *T. platyphyllos* gezählt, an *T. cordata* waren es nur 0,03 Milben/cm². In der 30. Kalenderwoche sank die Population etwas, stieg aber in der 34. Kalenderwoche an und erreichte an *T. platyphyllos* mit 2 Milben/cm² ihren Höhepunkt. Der Saugschaden betrug deshalb 23 % ab der 34. Kalenderwoche (Tab. 10).

Tab. 10: Mittlerer Saugschaden [%] an *Tilia cordata* Mill. und *Tilia platyphyllos* Scop., 1999 (KW.=Kalenderwoche).

Lindenart	18. KW.	22. KW.	25. KW.	30. KW.	34. KW.	39. KW.
<i>T. cordata</i>	5	0	0	0	3	0
<i>T. platyphyllos</i>	0	0	3	5	23	23

4.1.3.2 Raubmilben

Die Abbildung 46 zeigt deutlich, dass die Raubmilben am stärksten an *T. cordata* auftraten. In der 18. Kalenderwoche betrug die Ausgangspopulation an *T. cordata* 0,01 Milben/cm² Blattfläche, an *T. platyphyllos* Null. In der 22. und 25. Kalenderwoche wurden siebenmal so viele Raubmilben an der Winterlinde als an der Sommerlinde gezählt: 0,07 beziehungsweise 0,13 Milben/cm² Blattfläche. In der 30. und 34. Kalenderwoche wurden an beiden Lindenarten nur 0,01-0,03 Milben/cm² Blattfläche gefunden. Im September stieg die Population an der Sommerlinde auf 0,06 Milben/cm² Blattfläche an.

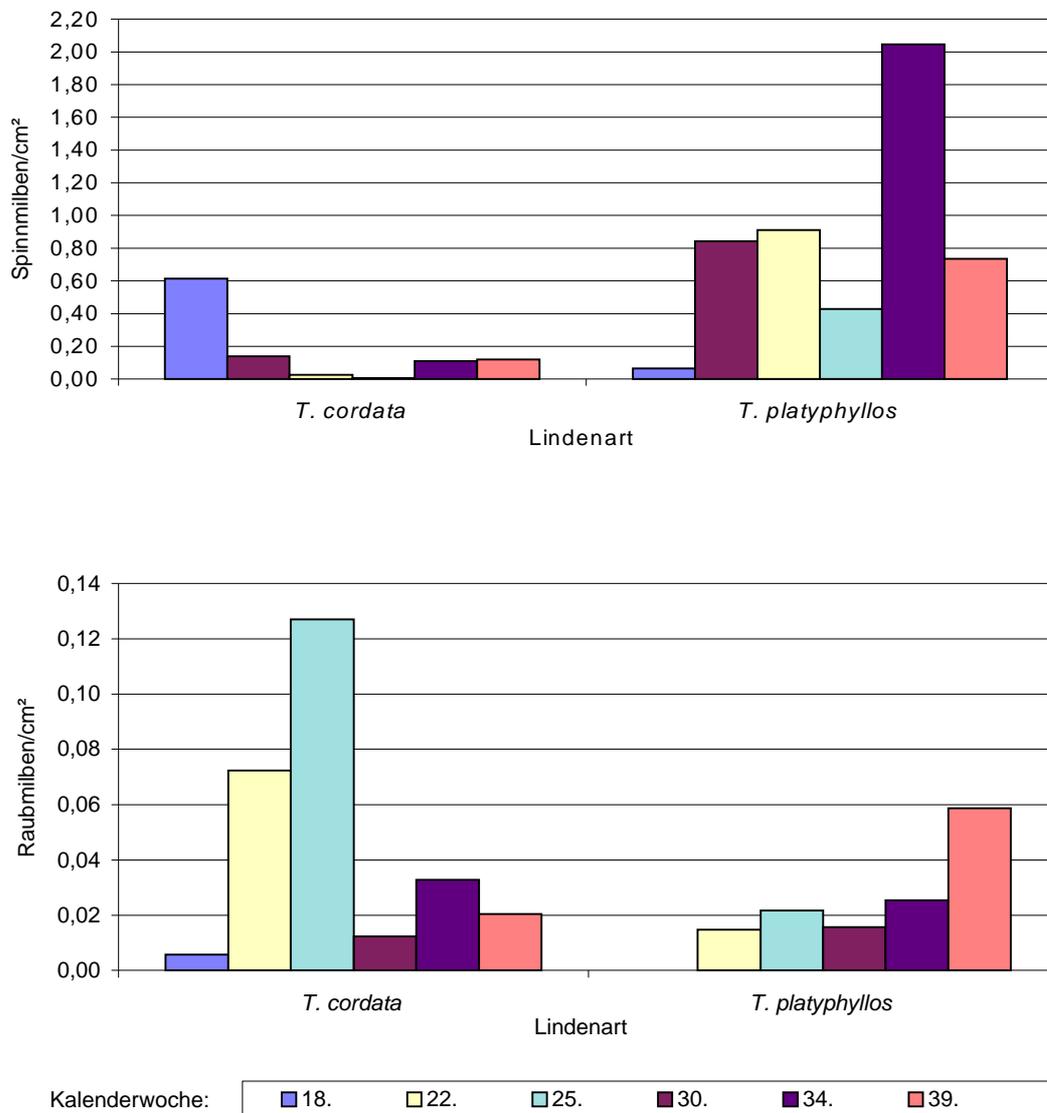


Abb. 46: Gegenüberstellung des Befalls mit *Eotetranychus tiliarium* Hermann (oben) und des Raubmilbenbesatzes (unten) an *Tilia cordata* Mill. und *Tilia platyphyllos* Scop., 1999.

Für *T. cordata* wurde anfänglich ein sehr hoher Faktor aus dem Verhältnis von Spinnmilben zu Raubmilben berechnet. Innerhalb von vier Wochen sank die Spinnmilbenpopulation und die Raubmilbenpopulation stieg an. Somit traten in der 18. Kalenderwoche Spinnmilben zu Raubmilben mit dem Faktor 108 und in der 22. Kalenderwoche nur noch mit dem Faktor 2 auf (Tab. 11). Im gleichen Zeitraum nahm der Spinnmilbenbefall an *T. platyphyllos* zu, so dass der Faktor aus dem Spinnmilben-Raubmilben-Verhältnis anfänglich noch Null, jedoch in in der 22. Kalenderwoche 57 betrug. In der 34. Kalenderwoche betrug er für *T. platyphyllos* sogar 80.

Tab. 11: Faktor aus dem Verhältnis von Spinnmilben zu Raubmilben an *Tilia cordata* Mill. und *Tilia platyphyllos* Scop., 1999 (KW=Kalenderwoche).

Lindenart	18. KW	22. KW	25. KW	30. KW	34. KW	39. KW
<i>T. cordata</i>	108,0	2,0	0,2	0,6	3,0	6,0
<i>T. platyphyllos</i>	0	57,0	42,0	27,0	80,0	13,0

4.1.3.3 *Stethorus punctillum* Weise

Der auf Spinnmilben spezialisierte Marienkäfer *S. punctillum* ist seiner Beute gefolgt und wurde am häufigsten an der Sommerlinde gefunden (Tab. 12). Schon in der 18. Kalenderwoche wurden an dieser Art 3, in der 22. Kalenderwoche 5 und in der 25. Kalenderwoche 7 Exemplare gefunden. In den darauffolgenden Wochen wurden jeweils nur 3 Exemplare gezählt. An Winterlinde wurde jeweils 1 Exemplar in der 18. und in der 22. Kalenderwoche gezählt. In den anschließenden Wochen wurden wegen des Nahrungsmangels keine Marienkäfer gefunden.

Tab. 12: Durchschnittliche Anzahl von *Stethorus punctillum* Weise an *Tilia cordata* Mill. und *Tilia platyphyllos* Scop., 1999 (KW=Kalenderwoche).

Lindenart	18. KW	22. KW	25. KW	30. KW	34. KW	39. KW
<i>T. cordata</i>	1	1	0	0	0	0
<i>T. platyphyllos</i>	3	5	7	3	3	0

4.1.3.4 Sonstige Nützlinge

Abbildung 47 zeigt das Vorkommen der polyphagen Nützlinge an beiden Lindenarten. Auffällig ist die hohe Anzahl räuberischer Wanzen aus den Familien Anthocoridae und Miridae in der 30. und 34. Kalenderwoche. An beiden Terminen war ihre Zahl an der Sommerlinde etwa doppelt so hoch wie an der Winterlinde. Dennoch wurde kein Korrelationskoeffizient zwischen Nützlingen und *E. tiliarium* berechnet, der einen Zusammenhang ergab. Blattläuse wurden maximal in die Befallsklasse 2 mit bis zu 50 Blattläusen eingeordnet. Auch hier ergab sich keine Beziehung zwischen dem Schädling und einem Nützlich.

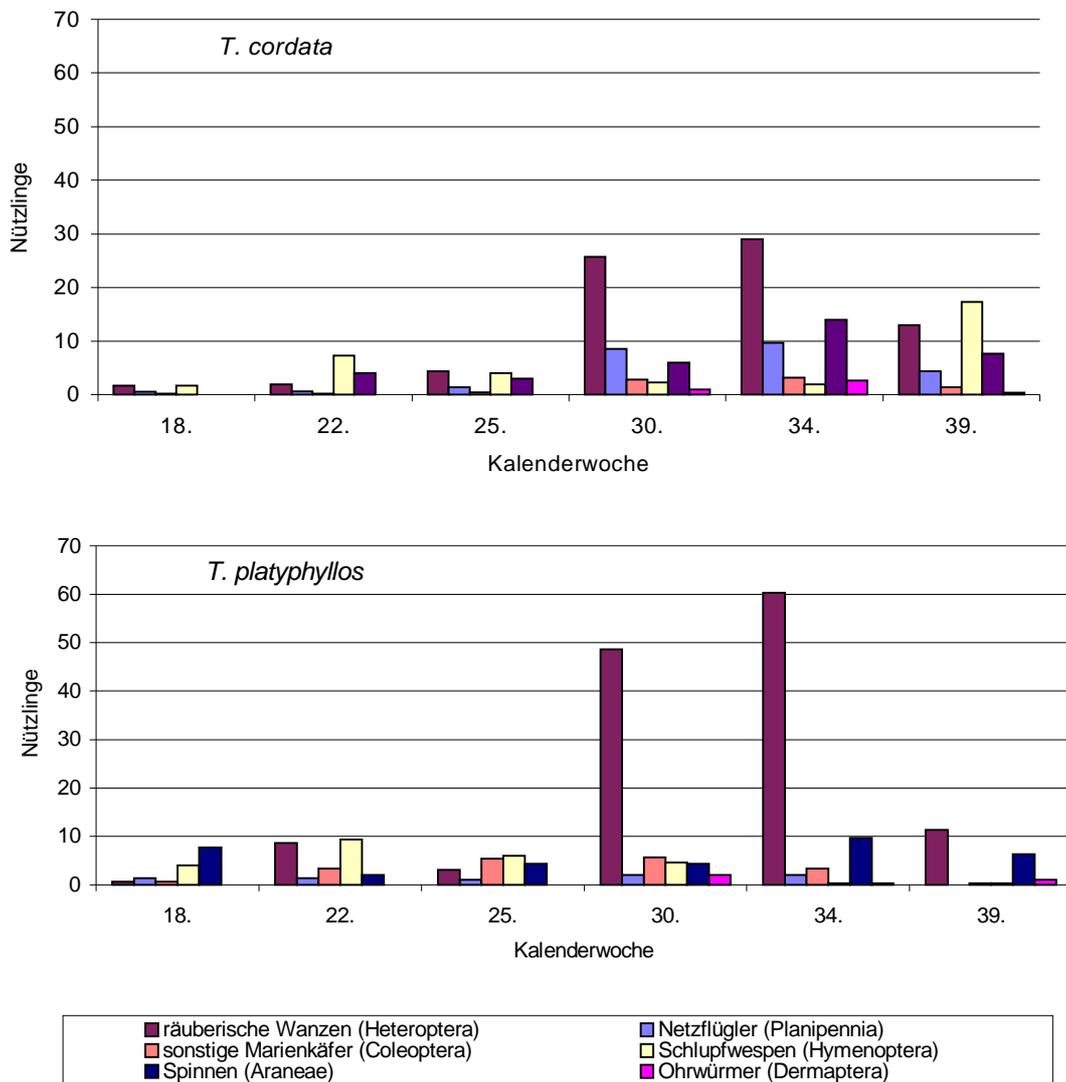


Abb. 47: Populationsdynamik einiger Nützlinge an *Tilia cordata* Mill. (oben) und *Tilia platyphyllos* Scop. (unten), 1999.

4.1.4 Nachgewiesene Arten aus den Familien Phytoseiidae, Anthocoridae und Miridae

Neben den Raubmilben traten räuberisch lebende Wanzen sehr häufig auf (s. Kap. 4.1.1.4 und 4.1.3.4), die als Antagonisten von *E. tiliarium* in Frage kommen können. Aus diesem Grund wurden nicht nur die Arten aus der Familie Phytoseiidae, sondern auch aus den Familien Anthocoridae und Miridae determiniert. An dieser Stelle sei erwähnt, dass auch die Arten aus der Familie Coccinellidae näher bestimmt wurden - eine Gesamtübersicht befindet sich im Anhang, Tab. A6.

4.1.4.1 Phytoseiidae

Neun Raubmilbenarten aus der Familie Phytoseiidae traten an *Tilia* sp. auf (Tab. 13). Am häufigsten war *E. finlandicus* mit einem Anteil von 45 % aller Individuen vertreten. *M. longipilus* und *Seiulus aceri* (Collyer) wurden zu je 15 % nachgewiesen. Alle anderen Arten waren mit weniger als 10 % vertreten. Für die Arten *Seiulus aceri* (Collyer) und *Anthoseius foenilis* (Oudemans) wurde ein Erstnachweis für Deutschland und für *S. aceri* zudem für ein Stadtgebiet erbracht.

Tab. 13: Nachgewiesene Raubmilbenarten, die Verteilung der Individuenzahlen sowie die relativen Anteile an *Tilia* sp., 1998-2000 (n=275).

Raubmilbenart	n	%
<i>Euseius finlandicus</i> (Oudemans)	125	45
<i>Metaseiulus longipilus</i> (Nesbitt)	40	15
<i>Seiulus aceri</i> (Collyer)	40	15
<i>Anthoseius foenilis</i> (Oudemans)	21	8
<i>Paraseiulus soleiger</i> (Ribaga)	12	4
<i>Paraseiulus triporus</i> Chant et Shaul	20	7
<i>Seiulus tiliarum</i> (Oudemans)	13	5
<i>Amblyseius andersoni</i> (Chant)	3	1
<i>Kampimodromus aberrans</i> (Oudemans)	1	0

Tabelle 14 gibt das Spektrum der Raubmilbenarten an den in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Versuchsstandorten wider. An jeder der drei untersuchten Lindenarten war jeweils eine Raubmilbenart am stärksten vertreten. An Kaiserlinde trat am häufigsten *E. finlandicus* mit 77 %, an Winterlinde *S. aceri* mit 63 % und an Sommerlinde *M. longipilus* mit 43 % auf. *E. finlandicus* wurde auch häufig an Winterlinde mit 31 % gefunden. Nennenswert ist das Auftreten von *A. foenilis* und *S. tiliarum* an Sommerlinde mit jeweils 15 %. Der Schwerpunkt der Untersuchungen wurde an der Kaiserlinde durchgeführt, so dass hier auch die meisten Individuen determiniert wurden (n=92, Tab. 14).

Im Rahmen des Projektes wurden an weiteren, in dieser Arbeit nicht besprochenen Versuchsstandorten, Individuen determiniert. Eine Gesamtübersicht mit den Individuenzahlen befindet sich im Anhang, Tab. A4.

Tab. 14: Nachgewiesene Raubmilbenarten, die Verteilung der Individuenzahlen sowie die relativen Anteile an *Tilia x vulgaris* `Pallida` (Frankfurter Allee, 1998-2000), *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. (Park, 1999), (n=188; die jeweils höchsten Prozentwerte sind fett gedruckt).

Arten	<i>T. platyphyllos</i> (n=61)		<i>T. cordata</i> (n=35)		<i>T. x vulgaris</i> (n=92)	
	n	%	n	%	n	%
<i>Euseius finlandicus</i> (Oudemans)	5	8	11	31	71	77
<i>Metaseiulus longipilus</i> (Nesbitt)	26	43	0	0	1	1
<i>Seiulus aceri</i> (Collyer)	2	3	22	63	1	1
<i>Anthoseius foenilis</i> (Oudemans)	9	15	0	0	4	4
<i>Paraseiulus soleiger</i> (Ribaga)	6	10	0	0	5	5
<i>Paraseiulus triporus</i> Chant et Shaul	0	0	2	6	8	9
<i>Seiulus tiliarum</i> (Oudemans)	9	15	0	0	2	2
<i>Amblyseius andersoni</i> (Chant)	3	5	0	0	0	0
<i>Kampimodromus aberrans</i> (Oudemans)	1	2	0	0	0	0

4.1.4.2 Anthocoridae und Miridae

Eine Gesamtübersicht mit 46 Wanzenarten, die an *Tilia* sp. und *Quercus* sp. unter Einbeziehung weiterer Standorte nachgewiesen wurden, befindet sich im Anhang, Tab. A5. In Tab. 15 sind ausschließlich die räuberisch lebenden Wanzenarten aufgelistet, die an *Tilia* sp. gefunden wurden. Weitaus am häufigsten traten *Deraeocoris lutescens* (Schill.) mit 36 % und *Deraeocoris flavilinea* (Costa) mit 29 % auf. Letztere Art ist ein Kulturfolger, kommt ursprünglich aus Südeuropa und tritt erst seit 1988 in Berlin auf (DECKERT, schriftliche Mitteilung, 1998). *Anthocoris confusus* Reut. war mit 11 % und alle weiteren Arten unter 10 % vertreten.

Tab. 15: Nachgewiesene Arten räuberisch lebender Wanzen, die Verteilung der Individuenzahlen sowie die relativen Anteile an *Tilia* sp., 1998-2000 (n=226).

Familie		n	%
Anthocoridae	<i>Anthocoris nemoralis</i> F.	5	2
	<i>Anthocoris sibiricus</i> H.S.	1	0
	<i>Anthocoris nemorum</i> (L.)	2	1
	<i>Anthocoris confusus</i> Reut.	25	11
	<i>Orius minutus</i> (Linnaeus)	15	7
	<i>Orius vicinus</i> (Rib.)	8	4
Miridae	<i>Blepharidopterus angulatus</i> Fall.	5	2
	<i>Campyloneura virgula</i> (H.S.)	4	2
	<i>Deraeocoris flavilinea</i> (Costa)	66	29
	<i>Deraeocoris lutescens</i> (Schill.)	80	36
	<i>Heterotoma planicornis</i> (Pallas)	1	0
	<i>Malacocoris chlorizans</i> Panz.	2	1
	<i>Megacoelum infusum</i> H.S.	4	2
	<i>Phytocoris populi</i> (L.)	2	1
	<i>Phytocoris tiliae</i> F.	6	3

4.2 Untersuchungen zu biologischen Parametern von *Eotetranychus tiliarium* Hermann und ihrer Antagonisten

Biologische Parameter von *E. tiliarium* wurden bei unterschiedlichen Temperaturen und auf unterschiedlich anfälligen Lindenarten untersucht.

4.2.1 *Eotetranychus tiliarium* Hermann

4.2.1.1 Entwicklung

Die Entwicklung zur adulten Spinnmilbe unterschied sich weder bei 20 °C noch bei 13 °C zwischen den Lindenarten signifikant. Die Spinnmilbe entwickelte sich bei der niedrigeren Temperatur wesentlich langsamer als bei der hohen Temperatur. Das zeigen auch Tab. 16 und Tab. 17.

Tab. 16: Mittlere Entwicklungszeit [Tage] mit Standardabweichung und Überlebensrate l_x der einzelnen Stadien von *Eotetranychus tiliarium* Hermann auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 20 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>			<i>T. cordata</i>		
	Tage	n	l_x	Tage	n	l_x
Ei	7,0 ± 0,3	119	1,0	6,6 ± 0,6	113	0,9
Larve	1,5 ± 0,2	118	1,0	1,8 ± 0,6	113	0,9
Nymphe	3,6 ± 0,4	84	0,7	3,6 ± 0,4	79	0,6
Total	12,1 ± 0,4			12,0 ± 0,6		
Präoviposition	2,2 ± 0,5	70	0,6	2,0 ± 0,5	66	0,5
Generationszeit (Ei bis Ei)	14,3 ± 0,4			14,0 ± 0,6		
Lebensdauer gesamt	37,3 ± 14,3	60	0,5	36,5 ± 15,5	51	0,4

Tab. 17: Mittlere Entwicklungszeit [Tage] mit Standardabweichung und Überlebensrate l_x der einzelnen Stadien von *Eotetranychus tiliarium* Hermann auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 13 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>			<i>T. cordata</i>		
	Tage	n	l_x	Tage	n	l_x
Ei	14,6 ± 1,0	140	0,9	14,2 ± 0,8	137	0,9
Larve	7,8 ± 0,9	137	0,9	8,0 ± 1,4	128	0,8
Nymphe	6,7 ± 0,9	116	0,8	6,8 ± 1,2	102	0,7
Total	29,1 ± 0,8			29,0 ± 1,2		
Präoviposition	5,0 ± 0,8	82	0,5	5,8 ± 0,8	90	0,6
Generationszeit (Ei bis Ei)	34,1 ± 1,0			34,8 ± 1,3		
Lebensdauer gesamt	55,7 ± 9,8	67	0,4	60,3 ± 12,3	71	0,5

Bei 20 °C schlüpften die Adulten nach 12 Tagen, bei 13 °C erst nach 29 Tagen. In der höheren Temperatur war die Lebensdauer um 18 beziehungsweise 24 Tage verkürzt. Die Schlupfraten der Larven waren bei beiden Temperaturen fast gleich hoch. Bei 13 °C schlüpften zwischen 90 und 91 % und bei 20 °C zwischen 92 und 96 % der Larven. Bei 20 °C entwickelte sich das Larvenstadium mit nur 1,5 beziehungsweise 1,8 Tagen am schnellsten (Tab. 16). Das Eistadium war mit 6,6 beziehungsweise 7 Tagen wesentlich länger und etwa doppelt so lang wie das Nymphenstadium. Die Überlebensraten der beiden jüngsten Stadien waren relativ hoch. Im Gegensatz dazu starben viele Nymphen und nochmals viele Adulte auf beiden Lindenarten. Bei 13 °C entwickelten sich die Larven innerhalb von 7,8 beziehungsweise 8 Tagen (Tab. 17). Das Eistadium war auch bei der niedrigen Temperatur ungefähr doppelt so lang wie das Nymphenstadium. Während der Entwicklung zur adulten Milbe nahm die Überlebensrate kontinuierlich ab. Wie bei 20 °C

starben auch hier viele Adulte, allerdings nicht mehr als bei der höheren Temperatur. Auf beiden Lindenarten war die Präovipositionszeit etwa gleich lang. Bei 20 °C betrug sie 2 beziehungsweise 2,2 Tage und bei der niedrigeren Temperatur 5 beziehungsweise 5,8 Tage (Tab. 16 und Tab. 17).

4.2.1.2 Eiablage

Die mittlere Eiablage sowie die tägliche Eiablage eines Weibchens bei 20 °C auf *T. platyphyllos* und *T. cordata* sind in Tab. 18 angegeben. Signifikante Unterschiede zwischen den Lindenarten wurden bezüglich der täglichen Eiablage festgestellt (n=60 beziehungsweise 51, t-Test, p=0,0267). Die Zahl der Spinnmilbenweibchen nahm während der Versuchsdauer bis Tag 47 auf beiden Lindenarten stetig ab (Abb. 48). Von 60 angesetzten Weibchen auf *T. platyphyllos* wurden noch 16 und von 51 angesetzten Weibchen auf *T. cordata* nur noch 11 Stück am Versuchsende gezählt. Schon sechs Tage nach der ersten Eiablage wurde das Maximum auf beiden Lindenarten mit 5 Eiern/Weibchen/Tag erreicht (Abb. 48). Auf *T. platyphyllos* blieb die Eiablage bis Tag 27 auf hohem Niveau, während sie auf *T. cordata* innerhalb von drei Tagen um 1 Ei/Weibchen/Tag sank. Auf beiden Lindenarten wurde ein kontinuierlicher Rückgang der Eiablage verfolgt. Bezüglich der gesamten Eiablage eines Weibchens bestand zwischen den Lindenarten kein signifikanter Unterschied. Auf *T. platyphyllos* wurden 109,0 und auf *T. cordata* 96,6 Eier/Weibchen gelegt, somit auf Sommerlinde pro Weibchen etwa 12 Eier mehr.

Tab. 18: Mittlere Eiproduktion mit Standardabweichung von *Eotetranychus tiliarium* Hermann auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 20 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>		<i>T. cordata</i>	
	\bar{x}	n	\bar{x}	n
Ei/Weibchen	109,0 ± 18,6	60	96,6 ± 12,2	51
Ei/Weibchen/Tag	3,2 ± 0,5	60	2,8 ± 0,4	51

Tab. 19: Mittlere Eiproduktion mit Standardabweichung von *Eotetranychus tiliarium* Hermann auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 13 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>		<i>T. cordata</i>	
	\bar{x}	n	\bar{x}	n
Ei/Weibchen	70,4 ± 19,2	67	65,9 ± 9,4	71
Ei/Weibchen/Tag	1,3 ± 0,4	67	1,2 ± 0,2	71

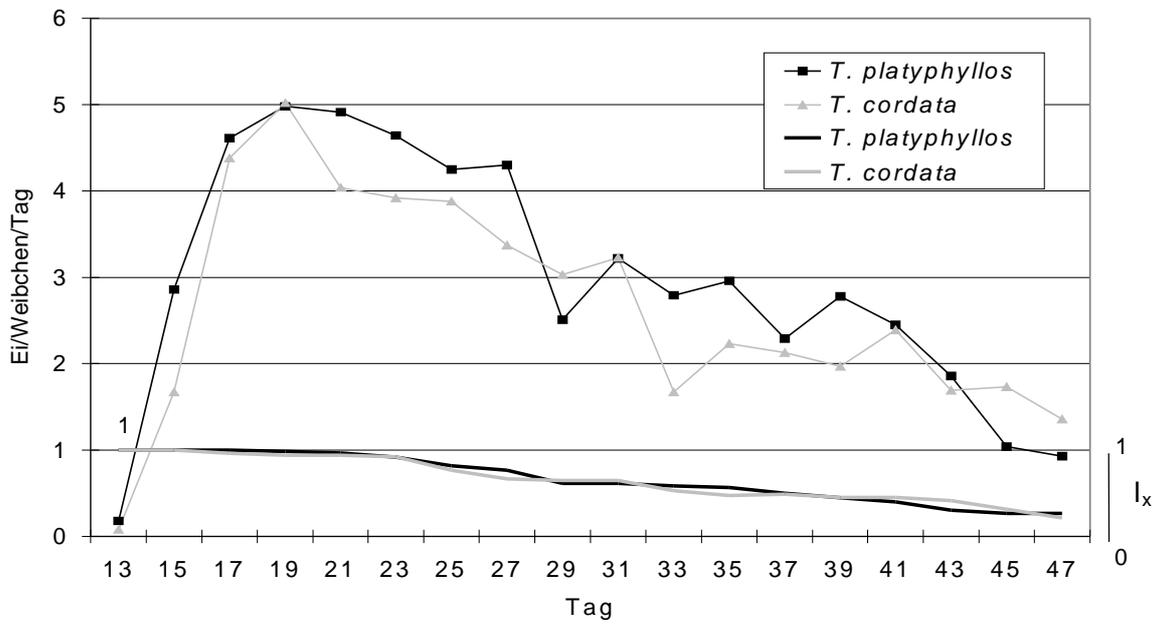


Abb. 48: Einfluss der Lindenart auf die tägliche Eiablage und die Überlebensrate I_x von *Eotetranychus tiliarium* Hermann bei 20 °C; *Tilia platyphyllos* Scop.: n=60, *Tilia cordata* Mill.: n=51.

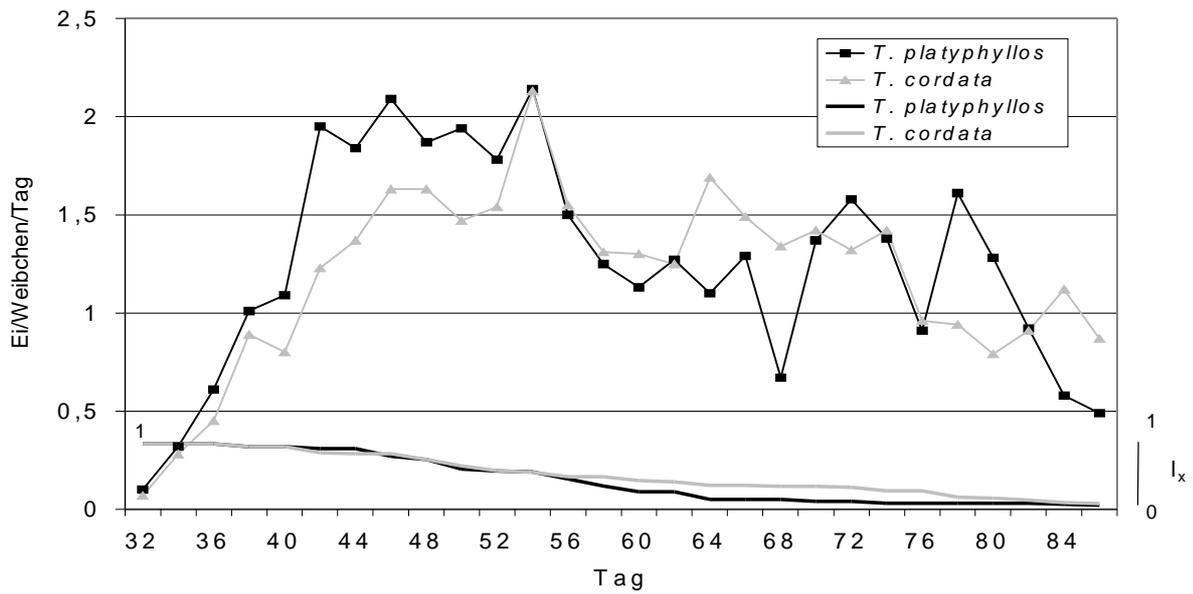


Abb. 49: Einfluss der Lindenart auf die tägliche Eiablage und die Überlebensrate I_x von *Eotetranychus tiliarium* Hermann bei 13 °C; *Tilia platyphyllos* Scop.: n=67; *Tilia cordata* Mill.: n=71.

Bei 13 °C bestand keine Signifikanz zwischen den Lindenarten, weder für die tägliche Eiablage noch für die gesamte Eiablage eines Weibchens. Die mittlere Eiablage sowie die tägliche Eiablage eines Weibchens auf beiden Lindenarten sind in Tab. 19 angegeben. Die mittlere tägliche Eiablage eines Weibchens wird in Abb. 49 gezeigt. Auf *T. platyphyllos* befand sich die tägliche Eiablage zwischen Tag 42 und 54 auf einem höheren Niveau. Auf *T. cordata* stieg die tägliche Eiablage weniger steil an, erreichte aber wie auf *T. platyphyllos* an Tag 54 ihren Höhepunkt. Die gesamte Eiproduktion eines Weibchens betrug auf *T. platyphyllos* 70,4 Eier und auf *T. cordata* 65,9 Eier. Die Verluste waren bei 13 °C noch etwas höher: Von 67 auf *T. platyphyllos* und 71 auf *T. cordata* gesetzten Weibchen wurden am Ende der Untersuchung (Tag 86) nur noch 4 beziehungsweise 6 Stück gezählt. Bis zum Tag 56 starben auf beiden Lindenarten etwa gleich viele Weibchen, danach war die Überlebensrate auf *T. cordata* stets höher (Abb. 49). Im Vergleich zu 20 °C war die Eiablage bei 13 °C auf beiden Lindenarten um etwa ein Drittel reduziert. Im Kurztag (8 h/16 h) bei 13 °C war *E. tiliarium* nicht fähig, Eier abzulegen.

4.2.2 Untersuchungen zur Biologie der Antagonisten

Um die Nützlingsleistung beurteilen zu können, müssen auch biologische Parameter wie die Entwicklung und die Eiproduktion der Räuber bekannt sein. Untersucht wurden Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae und der auf Spinnmilben spezialisierte Marienkäfer *S. punctillum*. Bis auf wenige Ausnahmen, die explizit genannt werden, diente *E. tiliarium* als Beute.

4.2.2.1 Raubmilben

Die Raubmilben sind die wichtigsten Gegenspieler von *E. tiliarium*. Aus diesem Grund wurden die gleichen Versuche zur Biologie der Lindenspinnmilbe stellvertretend mit der Raubmilbe *A. andersoni* durchgeführt. Ergänzend wurden die Arten *M. longipilus* und *E. finlandicus* in einigen Versuchen untersucht, um den Antagonisten „Raubmilbe“ nicht auf eine einzige Art zu begrenzen.

4.2.2.1.1 Entwicklung

Die Entwicklung der Raubmilbe *A. andersoni* wurde in zwei Temperaturstufen (20 °C und 13 °C) sowie auf zwei Lindenarten (*T. platyphyllos* und *T. cordata*) untersucht. Die

Schlupfraten waren geringer als die von *E. tiliarium*: Bei 20 °C schlüpften die Larven zu 81 % auf *T. platyphyllos* und zu 85 % auf *T. cordata*. Andererseits erreichten im Verhältnis mehr Raubmilben das adulte Stadium: Aus 64 beziehungsweise 60 angesetzten Raubmilbeneiern entwickelten sich immerhin 47 Adulte (Tab. 20). Nach drei Tagen schlüpften die Larven, die sich schon nach circa einem Tag in Nymphen verwandelten. Die Entwicklung verlief auf *T. platyphyllos* mit 10,3 Tagen schneller als auf *T. cordata* mit 11,7 Tagen. Die Überlebensrate des Ei-, Larven- und Nymphenstadiums war auf *T. cordata* höher. Die Präovipositionszeit betrug 3,1 beziehungsweise 3 Tage.

Tab. 20: Mittlere Entwicklungszeit [Tage] mit Standardabweichung der einzelnen Stadien von *Amblyseius andersoni* (Chant) auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 20 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>			<i>T. cordata</i>		
	Tage	n	l_x	Tage	n	l_x
Ei	3,0 ± 0,3	52	0,8	3,0 ± 0,6	51	0,9
Larve	1,2 ± 0,4	47	0,7	1,4 ± 0,9	49	0,8
Nymphe	6,1 ± 0,2	47	0,7	7,3 ± 0,6	47	0,8
Total	10,3 ± 0,2			11,7 ± 0,5		
Präoviposition	3,1 ± 0,2	43	0,7	3,0 ± 0,6	42	0,7
Generationszeit (Ei bis Ei)	13,4 ± 0,2			14,7 ± 0,5		
Lebensdauer gesamt	44,9 ± 12,9	38	0,6	49,5 ± 13,0	36	0,6

Bei 13 °C waren die Schlupfraten mit immerhin 75 % und 81 % auf *T. platyphyllos* beziehungsweise *T. cordata* relativ hoch. Im Gegensatz zu *E. tiliarium* konnte die Entwicklung von *A. andersoni* nur bis zum Nymphenstadium verfolgt werden, da sich keine adulten Milben ausbildeten (Tab. 21). Das Eistadium war auf *T. cordata* um circa einen Tag länger, wohingegen das Larvenstadium eine Entwicklungszeit von 4 Tagen auf beiden Lindenarten benötigte. Die Überlebensrate der beiden jüngsten Stadien war bei 13 °C nur geringfügig niedriger als bei 20 °C.

Tab. 21: Mittlere Entwicklungszeit [Tage] mit Standardabweichung der einzelnen Stadien von *Amblyseius andersoni* (Chant) auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 13 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>			<i>T. cordata</i>		
	Tage	n	l_x	Tage	n	l_x
Ei	5,9 ± 0,3	66	0,8	7,36 ± 0,5	39	0,8
Larve	4,0 ± 0,4	58	0,7	4,0 ± 0,4	28	0,6
Nymphe	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	-	-	-	-
Präoviposition	-	-	-	-	-	-
Generationszeit (Ei bis Ei)	-	-	-	-	-	-
Lebensdauer gesamt	-	-	-	-	-	-

Von drei untersuchten Raubmilbenarten entwickelte sich *M. longipilus* mit 7,8 Tagen am schnellsten zur adulten Milbe (Tab. 22). Signifikante Unterschiede bezüglich der Entwicklung zur adulten Milbe und zur Generationszeit wurden sowohl zwischen *M. longipilus* und *A. andersoni* (n=60 beziehungsweise 47, t-Test, p=0,0001) als auch zwischen *M. longipilus* und *E. finlandicus* (n=60 beziehungsweise 36, t-Test, p=0,0022 beziehungsweise p=0,0006) festgestellt. Die Entwicklungsgeschwindigkeit von *A. andersoni* betrug 10,3 Tage und war nur geringfügig kürzer als die von *E. finlandicus*. Auffällig war die wesentlich kürzere Entwicklung des Nymphenstadiums von *M. longipilus*. Die Schlupfrate der Larven von *M. longipilus* war mit 93 % am höchsten. Dagegen war die Schlupfrate der von *E. finlandicus* mit nur 79 % ähnlich der Schlupfrate von *A. andersoni* mit 81 %. Die Überlebensrate der einzelnen Stadien war von *M. longipilus* stets am höchsten.

Sowohl die Entwicklungsgeschwindigkeit zur adulten Milbe als auch die Generationszeit unterschieden sich signifikant zwischen der Beute *E. tiliarium* und den Raubmilben *M. longipilus* (n=60 beziehungsweise 83, t-Test, p=0,0001) und *A. andersoni* (n=47 beziehungsweise 83, t-Test, p=0,0001 und p=0,0354). *E. tiliarium* benötigte für ihre Entwicklung zur adulten Milbe 4,3 Tage länger als *M. longipilus* und 1,8 Tage länger als *A. andersoni* (Tab. 16 und 22). Obwohl sich auch *E. finlandicus* schneller als die Spinnmilbe entwickelte, lag dennoch keine Signifikanz vor. Das Eistadium der Spinnmilbe war mit 7,0 Tagen mehr als doppelt so lang wie das der Raubmilben *A. andersoni* und *E. finlandicus*, dagegen verlief die Nymphenentwicklung wesentlich schneller (Tab. 16 und 22).

Tab. 22: Mittlere Entwicklungszeit [Tag] mit Standardabweichung der einzelnen Stadien von drei Raubmilbenarten auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C.

	<i>A. andersoni</i>			<i>M. longipilus</i>			<i>E. finlandicus</i>		
	Tage	n	l_x	Tage	n	l_x	Tage	n	l_x
Ei	3,0 ± 0,3	52	0,8	3,7 ± 0,3	63	0,9	2,9 ± 0,2	42	0,8
Larve	1,2 ± 0,2	47	0,7	1,8 ± 0,2	61	0,9	2,8 ± 0,4	41	0,8
Nymphe	6,1 ± 0,2	47	0,7	2,3 ± 0,2	60	0,8	5,0 ± 0,4	36	0,7
Total	10,3 ± 0,2			7,8 ± 0,2			10,7 ± 0,4		
Präoviposition	3,1 ± 0,2	43	0,7	2,8 ± 0,2	57	0,8	3,5 ± 0,4	34	0,6
Generationszeit (Ei bis Ei)	13,4 ± 0,4			10,6 ± 0,3			14,2 ± 0,5		

4.2.2.1.2 Eiablage

Bei 20 °C wurde bezüglich der Eiablage von *A. andersoni* kein signifikanter Unterschied zwischen den Lindenarten festgestellt, weder bei der mittleren täglichen Eiablage noch bei der gesamten Eiablage eines Weibchens.

Der Höhepunkt der täglichen Eiablage eines Weibchens auf *T. platyphyllos* wurde an Tag 25 mit 0,9 Eiern/Weibchen erzielt und dieses Niveau vier Tage lang gehalten (Abb. 50). Auf *T. cordata* wurde zwar die höchste tägliche Eiablage schon an Tag 17 erreicht, sank danach aber stark ab. Die gesamte mittlere Eiablage eines Weibchens betrug auf Sommerlinde 32,5 und auf Winterlinde 29,5 Eier (Tab. 23). Im Untersuchungszeitraum verringerte sich die Zahl der Raubmilben auf beiden Arten von anfänglich 63 auf *T. platyphyllos* und 58 auf *T. cordata* auf je 16 Stück. Das Sterben setzte ab Tag 21 ein. Die Überlebensrate sank auf beiden Arten kontinuierlich, lag aber auf *T. cordata* fast durchgehend höher (Abb. 50). Im Vergleich zur Lindenspinnmilbe war die Eiablage um mehr als zwei Drittel geringer.

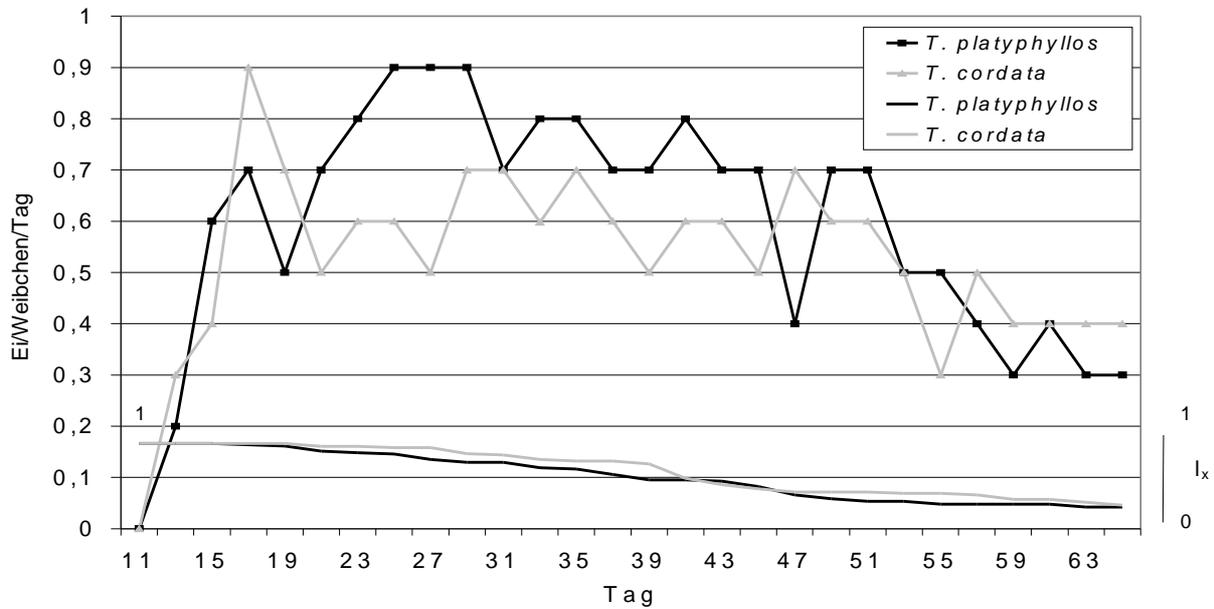


Abb. 50: Einfluss der Lindenart auf die Eiablage und die Überlebensrate l_x von *Amblyseius andersoni* (Chant) bei 20 °C; *Tilia platyphyllos* Scop.: n=63, *Tilia cordata* Mill.: n=58.

Tab. 23: Mittlere Eiproduktion mit Standardabweichung von *Amblyseius andersoni* (Chant) auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei 20 °C.

	<i>T. platyphyllos</i>		<i>T. cordata</i>	
	\bar{x}	n	\bar{x}	n
Ei/Weibchen	32,5 ± 10,0	63	29,5 ± 4,9	58
Ei/Weibchen/Tag	0,6 ± 0,2	63	0,5 ± 0,1	58

Die mittlere tägliche Eiablage eines Weibchens von *A. andersoni* und *M. longipilus* unterschied sich von Tag 11 bis Tag 43 signifikant (n=63 beziehungsweise 69, t-Test, p=0,0001). Ein signifikanter Unterschied wurde auch für die gesamte Eiablage eines Weibchens festgestellt (n=63 beziehungsweise 69, t-Test, p=0,0059). *M. longipilus* legte im selben Zeitraum etwa doppelt so viele Eier ab wie *A. andersoni* (Tab. 24).

Tab. 24: Mittlere Eiproduktion mit Standardabweichung von *Amblyseius andersoni* (Chant), *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) und *Eotetranychus tiliarium* Hermann auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C (bis Tag 43) .

	<i>A. andersoni</i>		<i>M. longipilus</i>		<i>E. tiliarium</i>	
	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n
Ei/Weibchen	22,5 ± 4,7	63	43,5 ± 4,5	69	105,1 ± 17,3	60
Ei/Weibchen/Tag	0,7 ± 0,1	63	1,6 ± 0,2	69	3,4 ± 0,6	60

In Abb. 51 ist die mittlere tägliche Eiablage der beiden Raubmilben dargestellt. Es ist unverkennbar, dass *M. longipilus* mehr Eier ablegte: Nach einem Anstieg auf 1,7 Eier an Tag 19 sank die tägliche Eiablage bis Tag 27 auf 1,0 Ei ab und stieg nochmals bis Tag 35 auf 1,8 Eier an. Die Kurve für *A. andersoni* verläuft homogener, bleibt aber unter der täglichen Eiablage von 1 Ei/Weibchen. Das Maximum wurde an Tag 25 mit 0,9 Eiern/Weibchen/Tag erreicht. Die Überlebensrate der beiden Raubmilbenarten sank kontinuierlich, wobei die Überlebensrate von *M. longipilus* stets niedriger war.

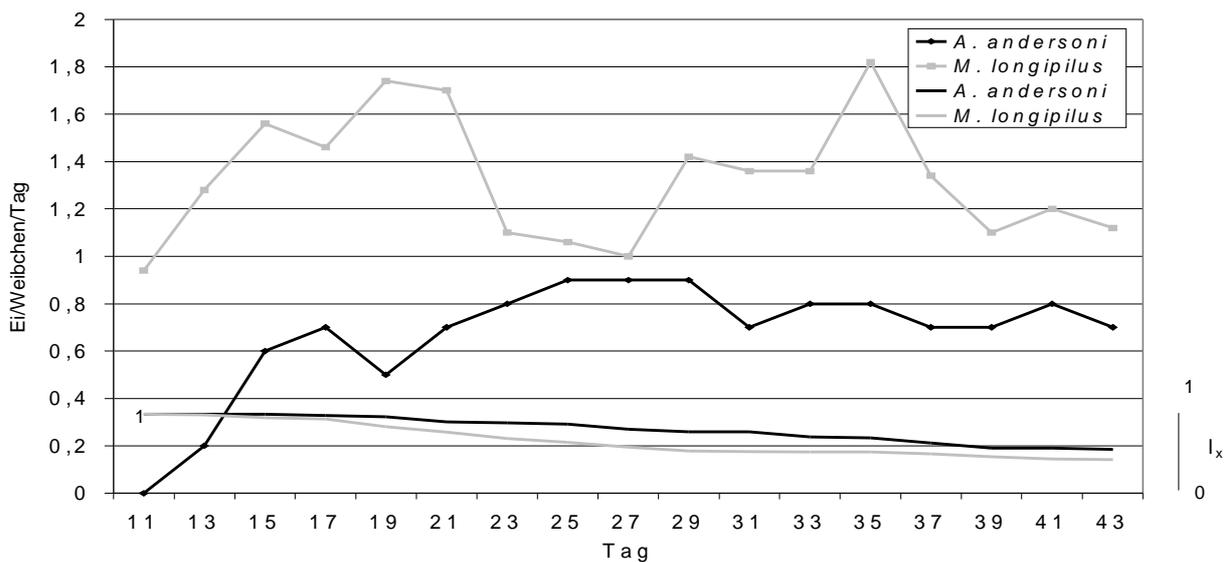


Abb. 51: Vergleich der Eiablage und der Überlebensrate I_x zweier Raubmilbenarten auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C; *Amblyseius andersoni* (Chant): n=63, *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt): n=69.

Die tägliche Eiablage eines Weibchens von *E. tiliarium* unterschied sich signifikant von der tägliche Eiablage der Raubmilben *A. andersoni* (n=60 beziehungsweise 63, Welch-Test, p=0,0001) und der Raubmilbe *M. longipilus* (n=60 beziehungsweise 69, Welch-Test, p=0,0001). Die gesamte Eiablage eines Weibchens der Lindenspinnmilbe unterschied sich signifikant von der gesamten Eiablage eines Weibchens der beiden Raubmilben *A. andersoni* (n=60 beziehungsweise 63, Welch-Test, p=0,0028) und *M. longipilus* (n=60 beziehungsweise 69, Welch-Test, p=0,0037). Ein Weibchen von *E. tiliarium* produzierte in diesem Zeitraum im Mittel 105,1 Eier und damit weitaus mehr als die Räuber (Tab. 24). Andererseits war die Mortalität bei der Spinnmilbe höher: Bei *E. tiliarium* überlebten nur 18 von 60, bei *A. andersoni* 35 von 63 und bei *M. longipilus* 32 von 69 Weibchen.

Zur Überprüfung der Eiablage im Langtag bei 13 °C wurden 280 Eier von *A. andersoni* auf Sommerlinde gesetzt. Davon erreichten allerdings nur 4 % (10 Tiere) das adulte Stadium. Eine Eiablage wurde erst erreicht, als die Raubmilben einer Wechseltemperatur ausgesetzt wurden: Freitag bis Montag 20 °C und Montag bis Freitag 13 °C. Die erste Eiablage wurde nach 17 Tagen beobachtet, d. h. nur vier Tage später als bei einer gleichbleibenden Temperatur von 20 °C.

Im Kurztag dagegen wurde bei der niedrigen Temperatur von 13 °C überhaupt keine Eiablage festgestellt. Dies wurde auch für *E. tiliarium* beobachtet (s. Kap. 4.2.1.2).

4.2.2.2 *Stethorus punctillum* Weise

Neben den Versuchen zur Entwicklung von *S. punctillum* bei 20 °C und 13 °C wurde die Eiablage bei 13 °C untersucht. Zudem wurde überprüft, ob der Marienkäfer in geeigneten Verstecken direkt am Baum überwintern kann.

4.2.2.2.1 Entwicklung

Die bei 20 °C auf *T. platyphyllos* erstellte Lebensstafel von *S. punctillum* ist in Tabelle 25 wiedergegeben. Die Entwicklung bis zur Imago dauerte 24,6 Tage und damit 10,3 Tage länger als die Entwicklungsdauer der Beute *E. tiliarium*. Sowohl das Ei- als auch das Puppenstadium benötigten 6 Tage für die Entwicklung. Die Larvenentwicklung dagegen dauerte 12,6 Tage, wobei das L₄-Stadium mit 4,8 Tagen am längsten war.

Tab. 25: Mittlere Entwicklungszeit [Tage] mit Standardabweichung der einzelnen Stadien von *Stethorus punctillum* Weise auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C; n=60.

Stadium	Tage
Ei	6,0 ± 1,8
L ₁	2,9 ± 1,1
L ₂	2,3 ± 1,0
L ₃	2,6 ± 1,2
L ₄	4,8 ± 1,6
Puppe	6,0 ± 1,3
Entwicklungszeit zur Imago	24,6 ± 1,8

Aus den 150 angesetzten Eiern schlüpften 80 % Larven. Daraus wiederum entwickelten sich 51 %, also 60 Imagines. Auffällig war die hohe natürliche Mortalität des empfindlichen L₁-Stadiums (Tab. 26).

Tab. 26: Natürliche Mortalität [%] während der Entwicklung von *Stethorus punctillum* Weise auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C.

Stadium	natürliche Mortalität (%)
L1	13
L2	6
L3	6
L4	9
Puppe	1

Im Gegensatz zu *E. tiliarium* scheint eine Entwicklung für *S. punctillum* bei 13 °C nicht möglich zu sein. Zwar schlüpfte ungefähr die Hälfte der angesetzten Eier (Tab. 27), doch starben die Larven in einem Zeitraum von 21 Tagen.

Tab. 27: Anzahl geschlüpfter Larven von *Stethorus punctillum* Weise bei 13 °C in Zuchtgefäßen.

Wiederholung	Anzahl Eier	Anzahl geschlüpfter Larven
1	16	8
2	21	9
3	9	4
gesamt	46	21

4.2.2.2 Eiablage

Die Fähigkeit von *S. punctillum* zur Eiablage bei 13 °C wurde über 50 Tage untersucht. Allerdings wurde keine Eiablage beobachtet. Etwa 15 % der Käfer starben in dieser Zeit.

4.2.2.3 Überwinterung

Von 102 direkt am Baum oder im Wurzelbereich ausgebrachten Käfern hatten 23,5 %, nämlich 24 Stück, überlebt (Tab. 28). Die höchste Überlebensrate wurde mit 38 % für die im Wurzelbereich ausgesetzten Imagines beobachtet. Immerhin 27 % überlebten den Winter am Zweigende. Die Überwinterungsmöglichkeit an der Rinde am Stamm wurde schlecht angenommen, nur 9 % der Käfer überlebten. Das Eingazen von Astlöchern führte zu einer Überlebensrate von 13 %. Für diese Variante wird angenommen, dass weitere Käfer den Winter unbeschadet überstanden haben, jedoch angesichts der schwierigen Erfassung unentdeckt blieben. Das Ergebnis des Versuches hat dennoch gezeigt, dass für *S. punctillum* die Möglichkeit besteht, direkt am Baum beziehungsweise im lockeren Erdreich zu überwintern.

Tab. 28: Auswertung des Überwinterungsversuches von *Stethorus punctillum* Weise an verschiedenen Bereichen eines Altbaumes *Tilia platyphyllos* Scop., März 2000.

Variante	Anzahl eingesetzter Käfer	Anzahl überwinterter Käfer	überwinterter Käfer in %
Astloch	15	2	13
Zweig	15	4	27
Stamm	32	3	9
Boden	40	15	38
gesamt	102	24	23,5

4.2.2.3 Verhaltensweisen der Antagonisten

In diesem Kapitel werden auffällige Verhaltensweisen der Antagonisten beschrieben. Registriert wurden diese Beobachtungen vorrangig während der Arbeit mit den Zuchten.

4.2.2.3.1 Raubmilben

Die gezüchteten Raubmilben wurden bezüglich ihrer Eignung für das Züchten, ihrer Mobilität, ihrer bevorzugten Eiablageorte, ihrer Aggressivität gegenüber der Beute und ihres Kannibalismus beurteilt (Tab. 29). Die Raubmilbe *E. finlandicus* zeichnet sich durch Schnelligkeit aus. Wird sie gestört, so versucht sie schnell über das Blatt hinweg zu flüchten. *A. andersoni* zeigt ähnliches Verhalten (Abb. 55, Tafel 10). Dagegen sucht *M. longipilus* (Abb. 52, Tafel 10) bevorzugt Haare der Blattachseln als Versteck auf, die zudem als Eiablageort dienen (Abb. 54, Tafel 10). Eier werden dort in großen Mengen neben- und übereinander gelegt. Auch die Weibchen von *A. andersoni* platzieren ihre Eier gerne geschützt in Blattachseln oder an -adern. *E. finlandicus* wiederum legt einzelne Eier an der Spitze von Blatthaaren ab (Abb. 56, Tafel 10). Der Grund dafür könnte sein, dass solche Eier vor Feinden oder Kannibalismus besser geschützt sind. Den gleichen Grund nennt CANARD (1984), zitiert in BAY et al. (1993), für die an der Spitze eines Sekretfadens sitzenden Eier von *C. carnea*. Hohe Aggressivität wurde besonders bei *M. longipilus* beobachtet (Abb. 53, Tafel 10). Schon die Larven beißen sich an den großen Spinnmilbenweibchen fest und lassen nicht davon ab. Dies wurde auch für die größere Spinnmilbenart *T. urticae* beobachtet. Raubmilben gelten zwar als Individualisten, trotzdem wurde in der Zucht beobachtet, dass mehrere Raubmilben ein Beutetier gleichzeitig angriffen. Dieses Verhalten kann eventuell durch die unnatürlich hohe Anzahl Raubmilben pro Zuchtblatt begründet werden. Kannibalismus wurde bei allen drei Arten beobachtet. Zudem scheint die Aufnahme von Wasser von großer Bedeutung zu sein. Es wurde in den Zuchten beobachtet, dass sich die Raubmilben gerne an Wasserquellen aufhielten, die ihnen durch kleine Löcher im Blatt zur Verfügung gestellt wurden, s. auch MORI und CHANT (1966).

Tab. 29.: Beurteilung von Eigenschaften der Raubmilben *Amblyseius andersoni* (Chant) *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) und *Euseius finlandicus* (Oudemans).

	Eignung für das Züchten	Mobilität	Eiablageorte	Aggressivität	Kannibalismus
<i>A. andersoni</i>	sehr gut	sehr agil	in den Haaren der Blattachseln oder an Blattadern	hoch	beobachtet
<i>M. longipilus</i>	sehr gut	agil	im Pulk in den Haaren der Blattachseln	sehr hoch	beobachtet
<i>E. finlandicus</i>	weniger gut	sehr agil	einzelnen an der Spitze der Blatthaare	hoch	beobachtet

4.2.2.3.2 *Stethorus punctillum* Weise

Die Aufnahme von Wasser in flüssiger Form ist wahrscheinlich für *S. punctillum* genauso wichtig wie für Raubmilben. Untersuchungen zur Notwendigkeit von Wasser wurden allerdings nicht durchgeführt.

Wie aus der Literatur bekannt, wurde folgendes beobachtet:

- Eine erste Eiablage wurde bei 20 °C nach etwa sechs Tagen registriert. Nach PUTMAN (1955) kann bei frühzeitiger Befruchtung wenige Tage nach dem Schlupf der Imago die Eiablage erfolgen.
- Die Eier werden bevorzugt in Spinnmilbenkolonien abgelegt, s. auch PUTMAN (1955).
- Bei Ersatznahrung mit den Blattläusen *Aphis fabae* und *Myzus persicae* blieb eine Vermehrung aus, s. auch KLAUSNITZER (1997).
- Von 37 auf Bohnenblättern (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* Aschers.) geschlüpften Larven starben alle nach kurzer Zeit. Nach PUTMAN (1955) kann *S. punctillum* auf Bohnenblättern nicht überleben.

Tafel 10: Raubmilben aus der Familie Phytoseiidae und Eiablageorte



kaudales Haarpaar



Abb. 52 (oben): *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt)
(Foto: Hasselmann)

Abb. 53 (mitte): Aussaugen von *Tetranychus urticae*
(Koch) durch eine Nymphe von *Metaseiulus longipilus*
(Nesbitt)
(Foto: Hasselmann)

Abb. 54 (unten): Eiablage von *Metaseiulus longipilus*
(Nesbitt)
(Foto: Hasselmann)

Abb. 55 (oben): *Amblyseius andersoni*
(Chant) mit langem kaudalem Haarpaar
(Foto: Hasselmann)

Abb. 56 (unten): Eiablage von *Euseius finlandicus*
(Oudemans)
(Foto: Hasselmann)

4.3 Untersuchungen zur Effektivität der Antagonisten von *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Untersucht wurde sowohl die kurzzeitige Fraßleistung (Räuber und Beute konnten sich in dieser Zeit nicht weiterentwickeln) als auch die Effektivität in längeren Zeiträumen (Räuber und Beute konnten sich weiterentwickeln) von Antagonisten. Bei der Beute handelte es sich stets um *Eotetranychus tiliarium* Hermann.

4.3.1 Raubmilben

4.3.1.1 Kurzzeitige Fraßleistung

Die Fraßleistung in Abhängigkeit von Beutedichte, Lindenart und Temperatur wurde ausführlich bei *A. andersoni* untersucht. Zudem wurde die Fraßleistung von drei Raubmilbenarten bei eingeschränkten Bedingungen verglichen.

4.3.1.1.1 Beutedichte

Die Betrachtung der Mediane ließ nur vermuten, dass Unterschiede zwischen den Beutedichten auf *T. cordata* bestehen (Abb. 57). Signifikante Unterschiede wurden zwischen den Beutedichten sowohl für Winterlinde (n=34 beziehungsweise 32, t-Test, $p=0,0001$) als auch für Sommerlinde (n=34, Welch-Test, $p=0,0171$) berechnet. Zwischen den Lindenarten wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

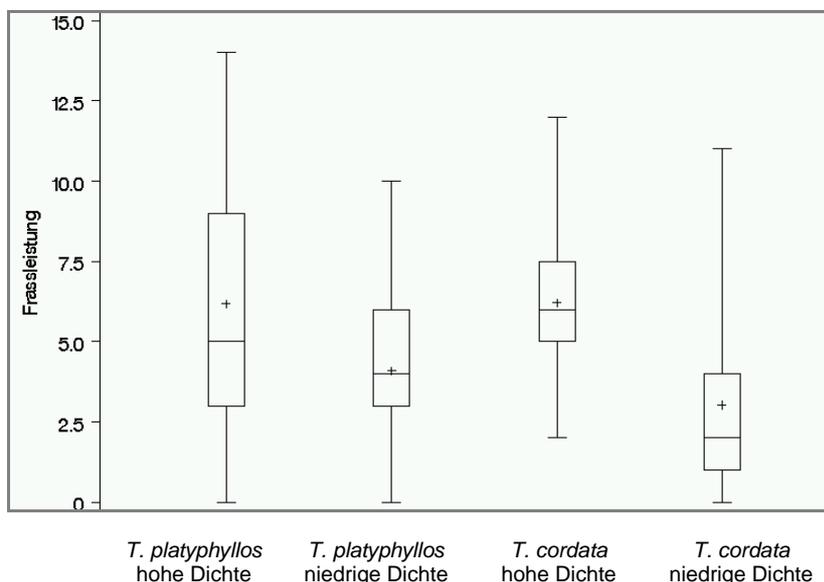


Abb. 57:
Mittlere Fraßleistung der Raubmilbe *Amblyseius andersoni* (Chant) innerhalb von drei Stunden in Abhängigkeit von der Beutedichte auf *Tilia* sp. bei 20 °C mittels Boxplots.

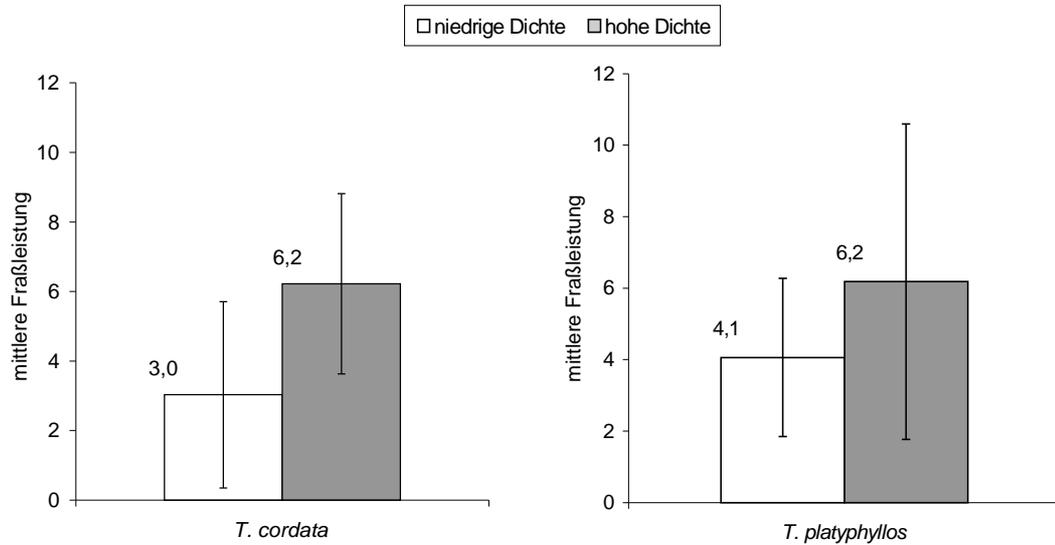


Abb. 63: Mittlere Fraßleistung der Raubmilbe *Amblyseius andersoni* (Chant) mit Standardabweichung innerhalb von drei Stunden in Abhängigkeit von der Beutedichte auf *Tilia* sp. bei 20 °C.

Bei hohem Beuteangebot wurde die gleiche Anzahl Beute auf beiden Lindenarten verzehrt, bei niedrigem Angebot waren es im Mittel 1,1 Beutestadien auf *T. platyphyllos* mehr (Abb. 63).

4.3.1.1.2 Temperatur

Bei 13 °C wurde nur die Fraßleistung bei niedriger Beutedichte untersucht. Diese unterschied sich von der Fraßleistung bei 20 °C signifikant ($n=35$ beziehungsweise 34, Welch-Test, $p=0,0009$). Auch der Vergleich der Mediane ließ auf dieses Ergebnis schließen (Abb. 59). Bei 13 °C wurden im Mittel 2,5 Stadien und bei 20 °C 4,1 Stadien auf Sommerlinde bei niedriger Beutedichte gefressen. Eine Bevorzugung von beweglichen Nymphen beziehungsweise von unbeweglichen Spinnmilbeneiern als Beute konnte nicht gezeigt werden (Abb. 60). Aufgrund der hohen Variabilität wurde auf einen Test verzichtet. Die mittlere Zahl dezimierter Beutestadien ist in Tab. 30 angegeben.

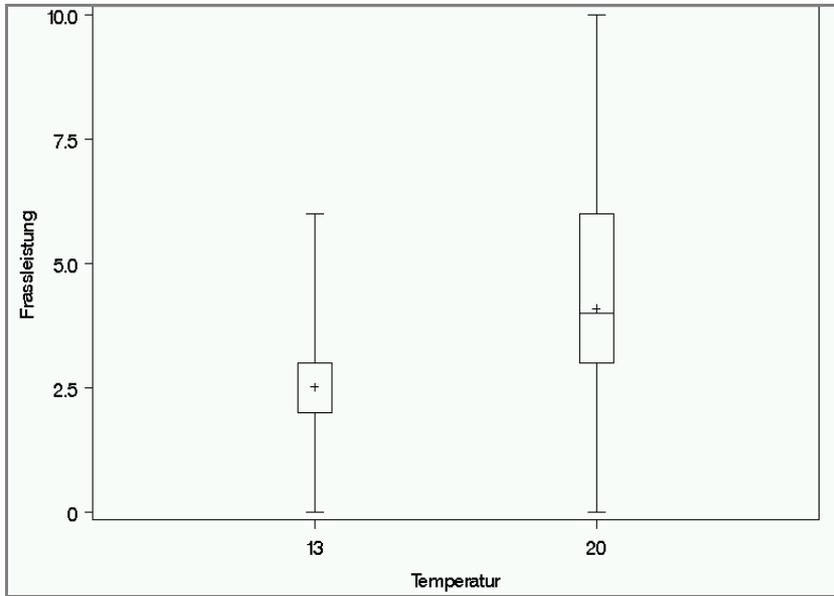
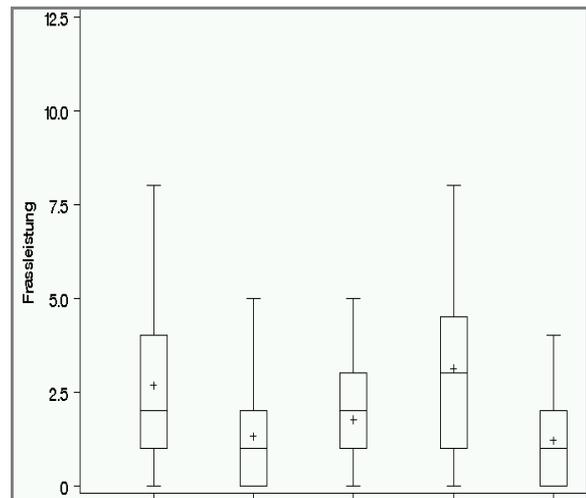
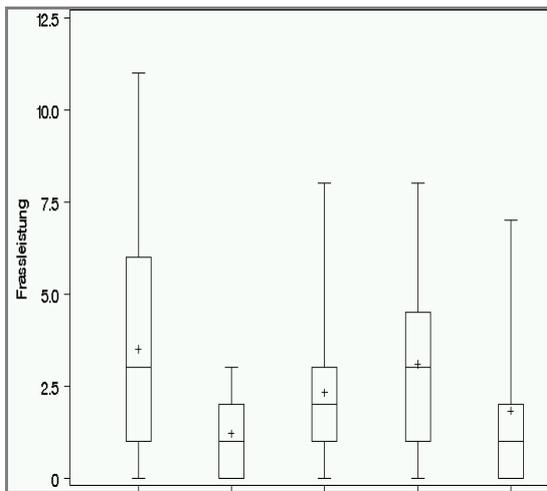


Abb. 59: Mittlere Fraßleistung von *Amblyseius andersoni* (Chant) innerhalb von drei Stunden in Abhängigkeit von der Temperatur bei niedriger Beutedichte auf *Tilia platyphyllos* Scop. mittels Boxplots.

Beute: Nymphe

Beute: Ei



<i>T. p.</i>	<i>T. p.</i>	<i>T. p.</i>	<i>T. c.</i>	<i>T. c.</i>
20 °C	13 °C	20 °C	20 °C	20 °C
hohe	niedrige	niedrige	hohe	niedrige
Dichte	Dichte	Dichte	Dichte	Dichte

<i>T. p.</i>	<i>T. p.</i>	<i>T. p.</i>	<i>T. c.</i>	<i>T. c.</i>
20 °C	13 °C	20 °C	20 °C	20 °C
hohe	niedrige	niedrige	hohe	niedrige
Dichte	Dichte	Dichte	Dichte	Dichte

Abb. 60: Untersuchung zur Bevorzugung beweglicher und unbeweglicher Beute durch *Amblyseius andersoni* (Chant) innerhalb von drei Stunden auf *Tilia platyphyllos* Scop. (*T. p.*) und *Tilia cordata* Mill. (*T. c.*) bei unterschiedlichen Beutedichten und Temperaturen mittels Boxplots.

Tab. 30: Mittlere Fraßleistung mit Standardabweichung beweglicher und unbeweglicher Beute durch *Amblyseius andersoni* (Chant) innerhalb von drei Stunden auf *Tilia platyphyllos* Scop. und *Tilia cordata* Mill. bei unterschiedlichen Temperaturen.

Lindenart	Temperatur	niedrige Beutedichte (15 Nymphen und 15 Eier)				hohe Beutedichte (30 Nymphen und 30 Eier)			
		g	N	E	n	g	N	E	n
cordata	20 °C	3,0 ± 2,7	1,8 ± 1,9	1,2 ± 1,2	34	6,2 ± 2,6	3,1 ± 2,3	3,1 ± 2,3	32
platyphyllos	20 °C	4,1 ± 2,2	2,3 ± 1,7	1,8 ± 1,3	34	6,2 ± 4,4	3,5 ± 3,1	2,7 ± 2,4	34
platyphyllos	13 °C	2,5 ± 1,4	1,2 ± 1,1	1,3 ± 1,3	35	-	-	-	-

g : Spinnmilbenstadien (Nymphen und Eier) gesamt
 N : Spinnmilbennymphen
 E : Spinnmilbeneier
 n : Anzahl Wiederholungen

Signifikante Unterschiede zwischen der Fraßleistung der Raubmilben *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* konnten nicht festgestellt werden. Die Betrachtung der Mediane läßt ebensowenig auf einen Unterschied schließen (Abb. 61). In Tabelle 31 sind die Mittelwerte dargestellt: Demnach war die mittlere Fraßleistung von *A. andersoni* am höchsten.

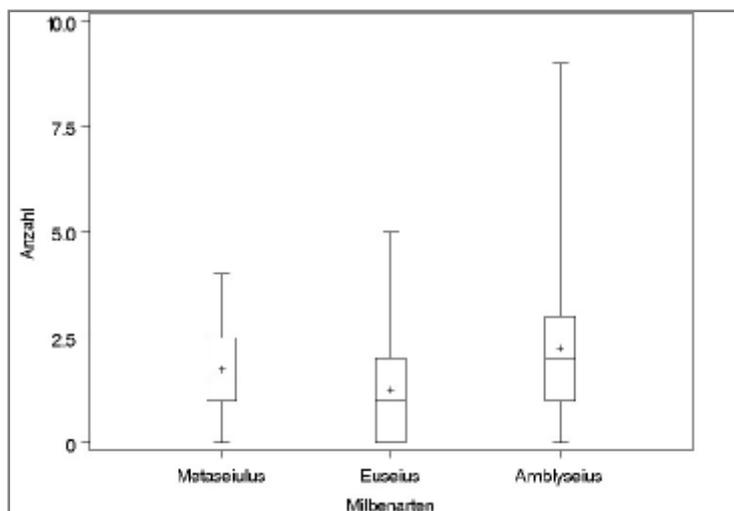


Abb. 61:
 Mittlere Fraßleistung von
Amblyseius andersoni (Chant),
Metaseiulus longipilus (Nesbitt)
 und *Euseius finlandicus*
 (Oudemans) innerhalb von drei
 Stunden bei niedriger Beutedichte
 und 20 °C auf *Tilia platyphyllos*
 Scop. mittels Boxplots.

Tab. 31: Mittlere Fraßleistung mit Standardabweichung von *Amblyseius andersoni* (Chant), *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) und *Euseius finlandicus* (Oudemans) innerhalb von drei Stunden bei niedriger Beutedichte und 20 °C auf *Tilia platyphyllos* Scop.

Raubmilbe	Beute (Nymphen und Eier)
<i>A. andersoni</i>	2,3 ± 2,2
<i>M. longipilus</i>	1,8 ± 1,2
<i>E. finlandicus</i>	1,3 ± 1,2

4.3.1.2 Untersuchungen zur Effektivität unter Berücksichtigung der Populationsdynamik von Räuber und Beute

Die Populationsentwicklung von Räuber und Beute wurde bei definierten Bedingungen über einen Zeitraum von 16 Tagen untersucht, um Rückschlüsse auf die tatsächlichen Verhältnisse am Baum ziehen zu können. Verglichen wurde die Effektivität der Raubmilben *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* bei 20 °C auf *T. platyphyllos* bei niedrigem Beuteangebot in einem Zeitraum von 16 Tagen. Abbildung 62 zeigt, dass *M. longipilus* am effektivsten war und sich von den beiden anderen Arten abhebt. Die Spinnmilbenpopulation stieg in den Varianten *A. andersoni* und *E. finlandicus* bis Tag 16 beziehungsweise Tag 13 kontinuierlich an, wenn auch schwächer als in der Kontrolle. Am Versuchsende wurden deswegen in der Variante *A. andersoni* 356,3, in der Variante *E. finlandicus* 294,0 und in der Variante *M. longipilus* 16,7 Spinnmilbenstadien gefunden. In allen Varianten waren am Versuchsende die Blätter durch Besaugen der Spinnmilben mehr als 50 % geschädigt: 60 % bei *M. longipilus*, 70 % bei *E. finlandicus* und 80 % bei *A. andersoni*.

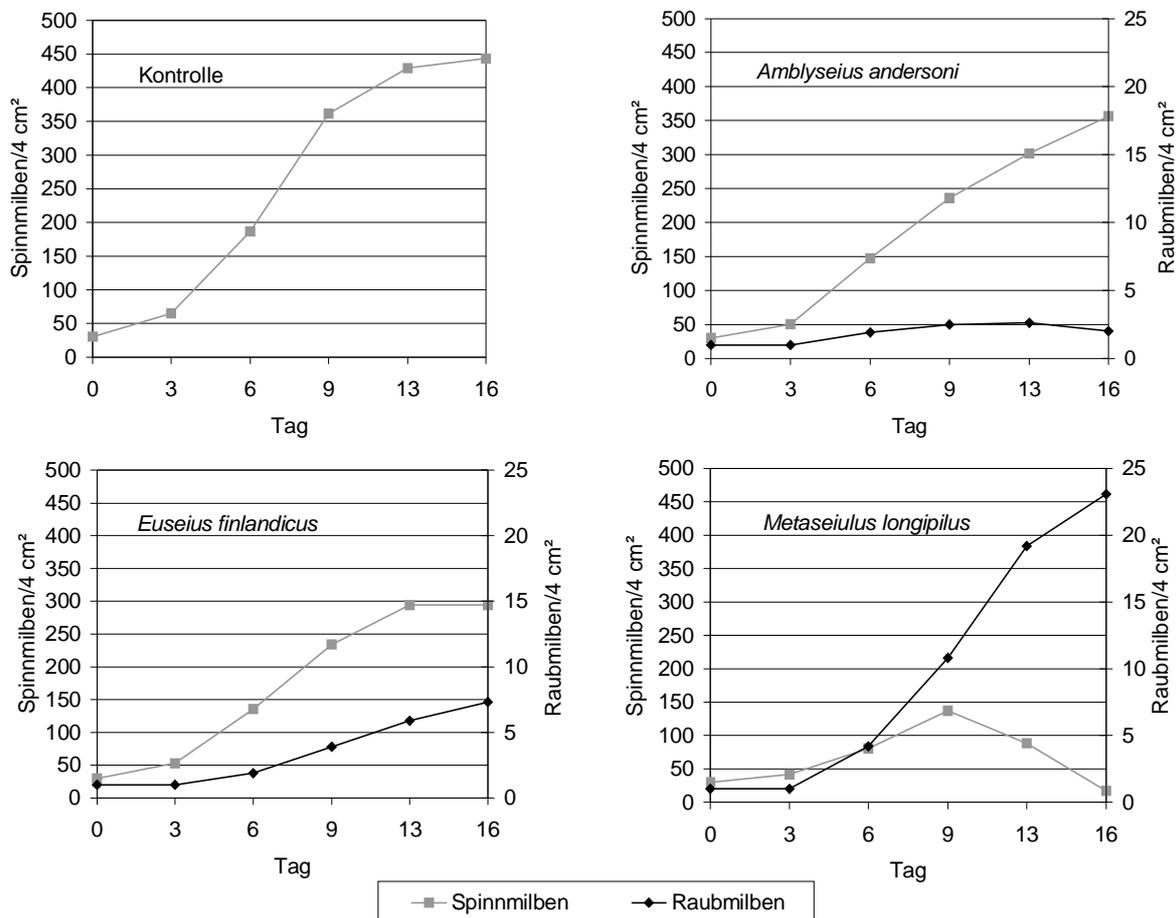


Abb. 62: Effektivität verschiedener Raubmilben (bewegliche Stadien) bei niedriger Beutedichte (bewegliche Stadien und Eier) und 20 °C auf *Tilia platyphyllos* Scop.; n=10.

In einem weiteren Versuch wurde die Effektivität von *M. longipilus* bei unterschiedlicher Dichte der Ausgangspopulation untersucht. Die Kontrollvarianten sind in Abbildung 63 gezeigt. Je höher die Ausgangspopulation der Beute, desto schneller war ihr Populationswachstum. Allerdings nähern sich die Kurven der höheren Ausgangspopulationen gegenseitig an. Auf eine Kontrollvariante mit einer Dichte von 60 Spinnmilbenstadien wurde verzichtet, hier wird auf die stark ansteigende Kontrollvariante 30 verwiesen. Die Bonitur der Saugschäden ergab für Variante 2 einen Wert von 15 %, für Variante 10 von 40 %, für Variante 20 von 75 % und für Variante 30 von 100 %.

In allen Varianten wurden die Spinnmilbenpopulationen von *M. longipilus* stets zerstört. In den Varianten 2 und 10 konnte sich *E. tiliarium* erst gar nicht vermehren. In den übrigen Varianten 20, 30 und 60 stiegen die Schädlingpopulationen bis Tag 9 an und sanken dann

kontinuierlich. In der Variante 30 konnte *E. tiliarium* bis auf 138 Stadien ansteigen, in der Variante 60 sogar auf 325 Stadien. Betrachtet man neben der Anzahl Spinnmilben auch die Saugschäden, so war *M. longipilus* in den Varianten 2, 10 und 20 ausreichend effektiv in der Bekämpfung, denn der Schaden lag unter 10 %. Die Variante 30 wies am Ende des Versuches einen Blattschaden von 60 % und die Variante 60 sogar von 100 % auf.

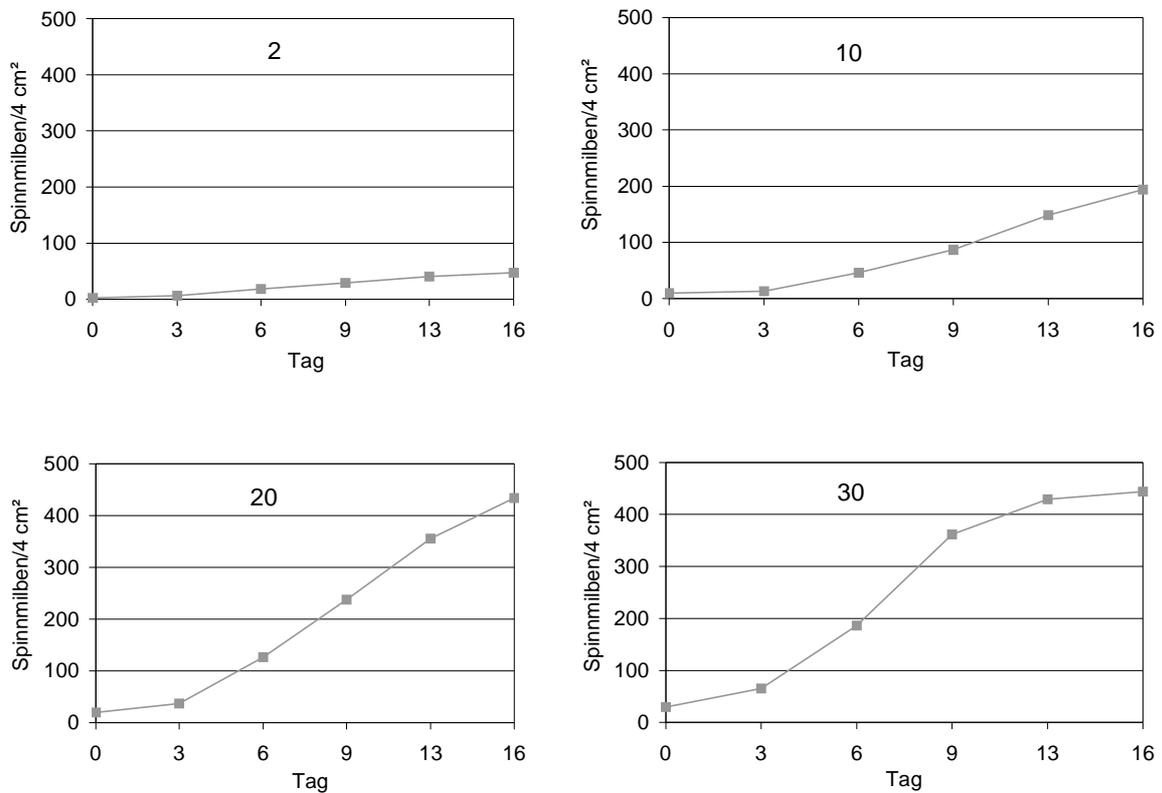


Abb. 63: Kontrollvarianten zur Untersuchung der Effektivität von *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) bei unterschiedlicher Ausgangspopulation der Beute und 20 °C auf *Tilia platyphyllos* Scop.; n=10.

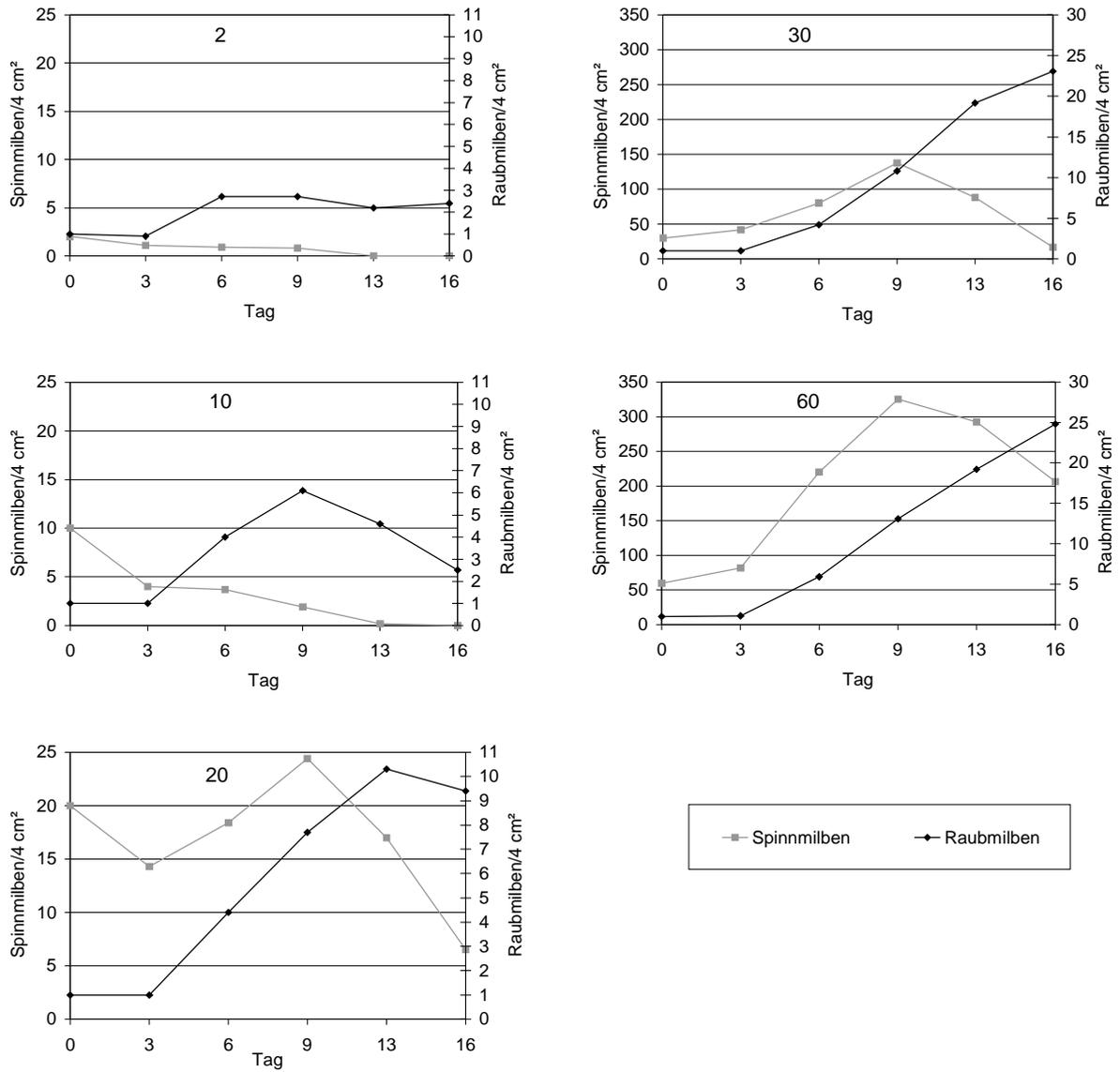


Abb. 64: Varianten zur Untersuchung der Effektivität von *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) (bewegliche Stadien) bei unterschiedlicher Ausgangspopulation der Beute (bewegliche Stadien und Eier) und 20 °C auf *Tilia platyphyllos* Scop.; n=10.

4.3.2 *Stethorus punctillum* Weise

Die kurzzeitige Fraßleistung für die Imago und das vierte Larvenstadium wurde in Abhängigkeit von der Beutedichte bei 20 °C auf *T. platyphyllos* untersucht. Die Variante „Imago und niedrige Beutedichte“ wies wegen der Häufung der Null eine sehr schiefe Verteilung auf (Abb. 65), weswegen hier auf einen Test verzichtet wurde. Signifikante Unterschiede bestanden bezüglich der Beutedichte für die Fraßleistung der Larve ($n=31$ bzw. 32, Welch-Test, $p=0,0017$). Bei höherem Nahrungsangebot stieg die Fraßleistung der Larve fast auf die doppelte Menge und die der Imago auf mehr als das Vierfache (Abb. 66). Die Imago fraß bei niedriger Beutedichte 3,1 und bei hoher Beutedichte 14,7 Stadien, die Larve bei niedriger Beutedichte 11,5 und bei hoher Beutedichte 20,9 Stadien. Insgesamt war die Fraßleistung der Larve höher, trotzdem ergab der Vergleich der Fraßleistung von Larve und Imago bei hoher Beutedichte keine signifikanten Unterschiede. Eine Bevorzugung von beweglichen bzw. unbeweglichen Spinnmilbenstadien als Beute konnte weder für die Imago noch für die Larve gezeigt werden (Abb. 67). In Tabelle 32 ist die mittlere Fraßleistung hinsichtlich der Beutestadien aufgeführt.

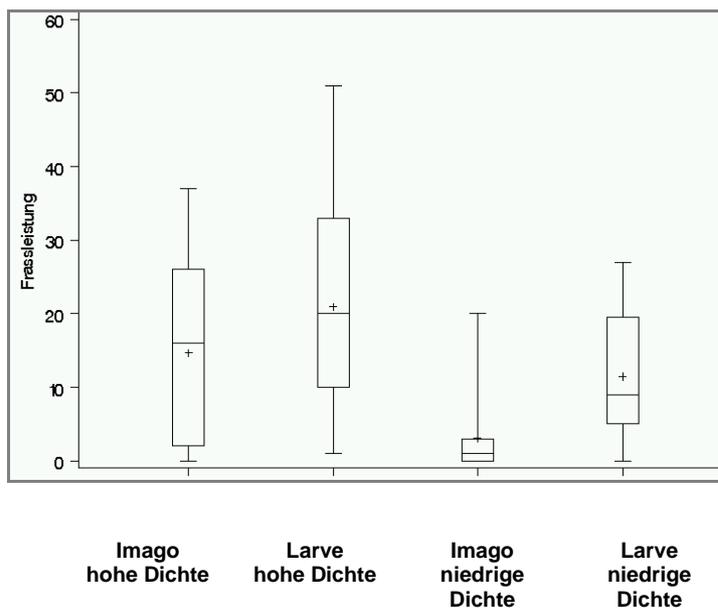


Abb. 65: Mittlere Fraßleistung der Imago und des L₄-Stadiums von *Stethorus punctillum* Weise innerhalb von drei Stunden in Abhängigkeit von der Beutedichte auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C mittels Boxplots.

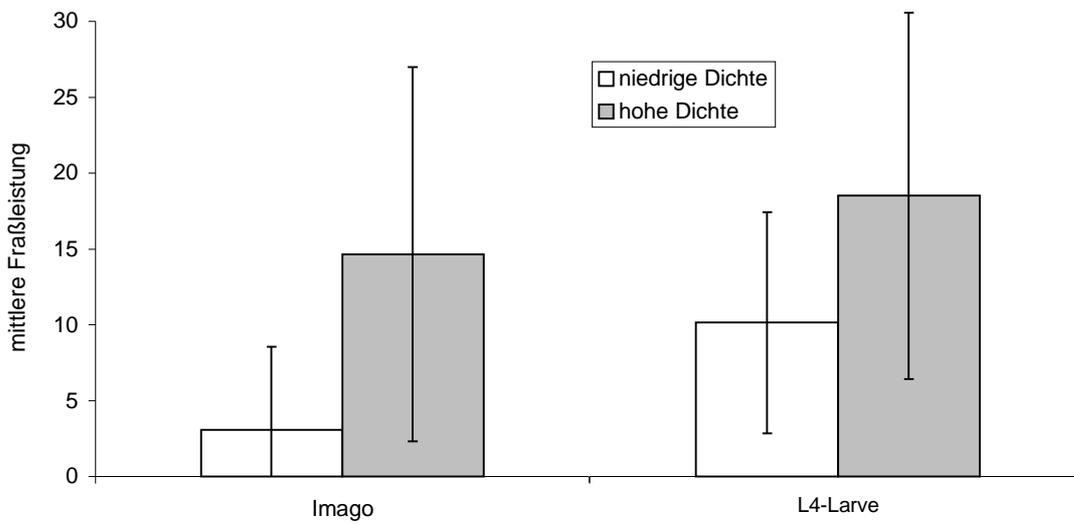
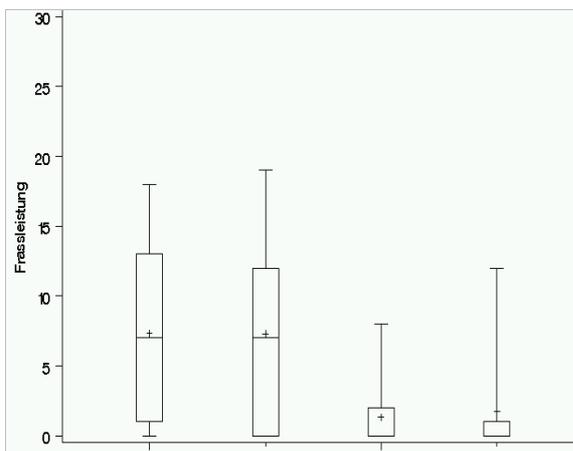
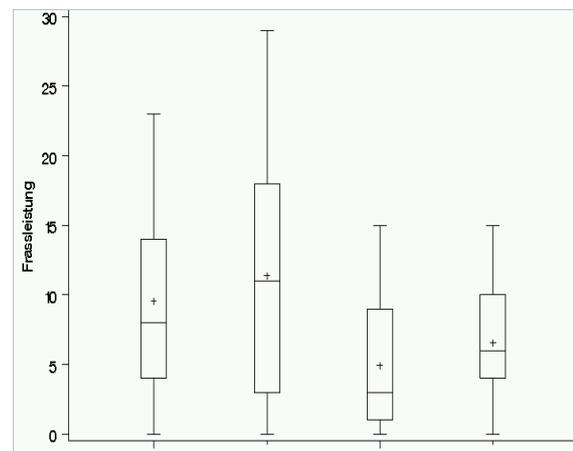


Abb. 66: Mittlere Fraßleistung mit Standardabweichung der Imago und des L₄-Stadiums von *Stethorus punctillum* Weise innerhalb von drei Stunden in Abhängigkeit von der Beutedichte auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C.

Räuber: Imago



Räuber: Larve



Ei hohe Dichte Nymphe hohe Dichte Ei niedrige Dichte Nymphe niedrige Dichte

Ei hohe Dichte Nymphe hohe Dichte Ei niedrige Dichte Nymphe niedrige Dichte

Abb. 67: Untersuchung zur Bevorzugung beweglicher und unbeweglicher Beute durch die Imago und das L₄-Stadium von *Stethorus punctillum* Weise innerhalb von drei Stunden auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei unterschiedlicher Beutedichte und 20 °C mittels Boxplots.

Tab. 32: Mittlere Fraßleistung mit Standardabweichung beweglicher und unbeweglicher Beute durch die Imago und das L₄-Stadium von *Stethorus punctillum* Weise innerhalb von drei Stunden auf *Tilia platyphyllos* Scop. bei 20 °C.

	niedrige Beutedichte (15 Nymphen und 15 Eier)				hohe Beutedichte (30 Nymphen und 30 Eier)			
	g	N	E	n	g	N	E	n
Käfer	3,1 ± 5,5	1,8 ± 3,4	1,3 ± 2,2	36	14,7 ± 12,3	7,3 ± 6,5	7,4 ± 6,5	29
Larve	11,5 ± 8,3	6,6 ± 4,0	4,9 ± 4,8	32	20,9 ± 13,7	11,4 ± 8,1	9,5 ± 6,4	31

- g : Spinnmilbenstadien (Nymphen und Eier) gesamt
 N : Spinnmilbennymphen
 E : Spinnmilbeneier
 n : Anzahl Wiederholungen

5 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit war, an einem Beispiel die Räuber-Beute-Beziehung zwischen einem für Straßenbäume bedeutenden Schädling und seinen Gegenspielern zu untersuchen. Die Ergebnisse sollten Erkenntnisse für das Potential natürlicher Regulation von Schädlingen im öffentlichen Grün liefern und eine Bewertung der Nutzung von Antagonisten im biologischen Pflanzenschutz ermöglichen.

An *Tilia* sp. wurde in den dreijährigen Erhebungen nur die Spinnmilbe *E. tiliarium* aus der Familie Tetranychidae gefunden. Dagegen konnten mehrere Arten räuberischer Milben und Insekten als potentielle Nützlinge an den Straßenbäumen nachgewiesen werden. Die wichtigsten Antagonisten der Spinnmilbe sind Raubmilben, von denen neun Arten identifiziert wurden, wobei auch Erstnachweise für Deutschland und ein Stadtgebiet erbracht werden konnten. Daneben traten als mögliche bedeutende Gegenspieler der monophag von Spinnmilben lebende *S. punctillum* sowie polyphag lebende Arthropoden wie räuberische Wanzen, Florfliegen, Spinnen und Ohrwürmer auf. Weitere Gegenspieler wie Raubthripse und Kurzflügler waren nur in sehr geringen Zahlen vorhanden.

Große Schwierigkeiten bereitete die Auswahl der Versuchsobjekte. Der Schwerpunkt bei der Wahl der Bäume für Wiederholungen lag darin, möglichst gleich alte und große Bäume unter gleichen Bedingungen (Verkehrsbelastung, Versiegelung, Sonnenexposition et cetera) zu finden. Zudem sollten die Standorte je nach Versuchsfrage nahe beieinander liegen, um die gleichen regionalen Einflüsse zu erhalten. Am Straßenstandort befinden sich keine entsprechenden homogenen Pflanzenbestände, so dass mit relativ heterogenem Untersuchungsmaterial gearbeitet werden musste. Dadurch und durch den gewaltigen Arbeitsaufwand bei den Freilandhebungen waren für vergleichbare Wiederholungen so enge Grenzen gesetzt, dass eine profunde biostatistische Auswertung nicht zu realisieren war. Die Schwierigkeit der statistischen Auswertung von Freilanddaten benennt auch FREIER (1999a und 1999b). Probleme stellen demnach auch in anderen vergleichbaren Untersuchungen die Streuung zwischen den Jahren, unzureichend praktikable Methoden zur Erfassung der absoluten Abundanz von Arthropoden und die Wechselwirkungen innerhalb und zwischen den Trophieebenen dar.

Raubmilben – *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Nachweise

Es wurden neun Raubmilbenarten an *Tilia* sp. nachgewiesen. Am häufigsten trat *E. finlandicus* mit 46 % auf. Diese Art wurde ebenfalls von KROPCZYNSKA et al. (1985) in Warschau und KOLODOCHKA und VASSILIEVA (1996) in Kiew für das dortige Stadtgebiet nachgewiesen. Sie ist auch im Obstbau weit verbreitet (u. a. KARG, 1990; NIKUSCH und DIEHL, 1992; VOGT, 1995). Der Grund für die weite Verbreitung und den Individuenreichtum von *E. finlandicus* liegt nach SCHRUF (1967) darin, dass diese Art ein breites ökologisches Reaktionsspektrum bezüglich Temperatur und Luftfeuchtigkeit besitzt. Einige von den weiterhin nachgewiesene Arten, zum Beispiel *P. soleiger*, *S. tiliarum*, *A. andersoni*, *K. aberrans* scheinen recht charakteristisch für die Milbenfauna von Stadtbäumen zu sein, denn sie wurden entsprechend auch in anderen Städten sowie im Obst- und Weinbau nachgewiesen (SCHRUF, 1967; KARG, 1972; KROPCZYNSKA et al., 1988; KARG, 1990; NIKUSCH und DIEHL, 1992; VOGT, 1995; KOLODOCHKA und VASSILIEVA, 1996). Überraschend war das geringe Auftreten von *S. tiliarum*, die an *T. europaea* nur mit 2 % und insgesamt an allen untersuchten *Tilia* sp. nur mit 6 % nachgewiesen werden konnte, obwohl DOSSE (1956) neben Apfel und Birne gerade die Linde als einzige Wirtsbäume nennt. Auf den Lindenarten war sehr selektiv jeweils eine Raubmilbenart auffällig häufig vertreten: *E. finlandicus* mit 77 % an *T. europaea*, *M. longipilus* mit 43 % an *T. platyphyllos* und *S. aceri* mit 63 % an *T. cordata*. Diese Ergebnisse beziehen sich allerdings nur auf eine Vegetationsperiode. Die Bindung von Raubmilbenarten an Wirtspflanzen ist bekannt, aber bisher liegen nur wenige quantitative Untersuchungen dazu vor (BEARD und WALTERS, 2001; KOLODOCHKA und VASSILIEVA, 1996). Bezüglich des Artenspektrums wurde für die Standorte Straße und Park kein Unterschied festgestellt. Das Gleiche beobachteten FRANKIE und EHLER (1978) für *Quercus* sp. auf einem natürlichen Standort, einem Parkplatz und einem Universitätsgelände in Texas (USA).

Biologische Parameter

Viele Raubmilbenarten entwickeln sich schneller als ihre Beute aus der Familie der Tetranychiden (SABELIS, 1985a). Im Rahmen dieser Arbeit konnten neben den Freilandstudien nur wenige ausgewählte Raubmilbenarten auch unter Laborbedingungen näher untersucht werden. Trotzdem wurde deutlich, dass sich die Arten bezüglich der Biologie und des Verhaltens unterscheiden. Alle drei untersuchten Arten entwickelten sich schneller als *E. tiliarium*, die für ihre Entwicklung zur adulten Milbe 12,1 Tage auf *T. platyphyllos* und 12 Tage auf *T. cordata* benötigte bei 20 °C. Von den Raubmilben entwickelte sich *M. longipilus* mit 7,8 Tagen auf *T. platyphyllos* und 20 °C am schnellsten.

Damit war ihre Entwicklung 4,3 Tage kürzer als die ihrer Beute. Dagegen entwickelten sich *A. andersoni* und *E. finlandicus* mit 10,3 beziehungsweise 10,7 Tagen deutlich langsamer. Die Präovipositionszeit von *E. tiliarium* war mit 2,2 Tagen am kürzesten und von *E. finlandicus* mit 3,5 Tagen am längsten. Dadurch war die Generationszeit von beiden Milben fast identisch und die Differenz betrug lediglich 0,1 Tage. *A. andersoni* hatte eine Präovipositionszeit von 3,1 Tagen und somit betrug der Unterschied der Generationszeit zwischen *E. tiliarium* und *A. andersoni* nur 0,9 Tage. Nur *M. longipilus* hatte eine wesentlich kürzere Generationszeit als *E. tiliarium*. Der Unterschied betrug 3,7 Tage.

Ein ähnliches Ergebnis für die Entwicklung von *E. tiliarium* erhielten auch BOZAI und BREAM (1996) mit 11,8 Tagen bei 23,8 °C und die mit dieser Arbeit identischen Generationszeit von 14,3 Tagen. Ihre Entwicklung ist demnach kürzer als die der Gemeinen Spinnmilbe *T. urticae*, zu deren Wirtspflanzen viele Bäume und Sträucher zählen (SCHWENKE, 1972). Sie entwickelt sich bei 20 °C innerhalb von 14,9 Tagen zur adulten Milbe (SABELIS, 1981). Auch BOZAI und BREAM (1996) ermittelten für die Raubmilben *M. longipilus* und *E. finlandicus* wesentlich kürzere Entwicklungsgeschwindigkeiten als für *E. tiliarium*. Für *M. longipilus* waren dies 5,7 Tage und für *E. finlandicus* 7,9 Tage bei 23 °C. Für die Generationszeit nennen die Autoren 8,3 Tage bei *M. longipilus* und 7,9 Tage bei *E. finlandicus*. GOTOH (1986) gibt 12,4 und 12,9 Tage für die Entwicklung von *E. tiliarium* auf *Alnus* sp. bei 25 °C an. KROPCZYNSKA et al. (1988) erhielten etwas längere Entwicklungszeiten für *E. tiliarium* mit 14,4 Tagen bei 23 bis 25 °C. Etwas längere Entwicklungszeiten für *M. longipilus* (8,6 Tage) und *E. finlandicus* (12,8 Tage) stellten BREAM und BOZAI (1996) bei 20 °C fest. Obwohl KROPCZYNSKA et al. (1988) zwei unterschiedliche Temperaturspannen wählten, ermittelten sie für *E. finlandicus* eine fast identische Entwicklungszeit: Bei 23 bis 25 °C 7,8 Tage und bei 12 bis 20 °C 7,9 Tage. Ergebnisse zur Entwicklung von *A. andersoni* mit *E. tiliarium* als Nahrung liegen nicht vor. Nach AMANO und CHANT (1977) beträgt die Entwicklungszeit dieser Raubmilbenart bei 23 °C 7,4 Tage mit der Beute *Tetranychus pacificus* McGregor. DUSO und CAMPORESE (1991) erhielten nur 5,5 Tage mit *P. ulmi* als Futter und 5,3 Tage mit *Eotetranychus carpini* (Oud.), allerdings bei hohen Temperaturen von 25 bis 27 °C.

E. tiliarium entwickelte sich zwar langsamer als die Raubmilben, legte dafür aber weitaus mehr Eier ab. Die gesamte Eiablage eines Weibchens von *E. tiliarium* betrug bei 20 °C je nach Wirtspflanze 97 Eier/Weibchen (*T. cordata*) und 109 Eier/Weibchen (*T. platyphyllos*). Dies entspricht in etwa dem Ergebnis von KROPCZYNSKA et al. (1988). Sie konnten bei 23 bis 25 °C pro Weibchen 88 bis 100 Eier zählen. Dagegen geben BOZAI und BREAM (1996) die Ablage von nur 54,4 Eier/Weibchen an. Der Vergleich der täglichen Eiablage von *E. tiliarium* mit den Raubmilben *M. longipilus* und *A. andersoni* zeigte, dass die Spinnmilbe mehr als doppelt beziehungsweise dreifach so viele Eier ablegte. *M. longipilus* wies sich

gegenüber *A. andersoni* durch eine wesentlich höhere Eiablage aus. In einem Zeitraum von 43 Tagen legte diese Art bei 20 °C doppelt so viele Eier ab, dies war dennoch weniger als die Hälfte der Eier von *E. tiliarium*. Die Gesamteiablage in diesem Zeitraum (43 Tage) betrug für die Raubmilben *M. longipilus* 43,5, für *A. andersoni* 22,5 und für *E. tiliarium* 105,1 Eier. Die höchste tägliche Eiablage wurde für *M. longipilus* mit 1,8 Eiern und für *A. andersoni* mit 0,9 Eiern ermittelt. Durchschnittlich legte *E. tiliarium* 3,4 Eier pro Tag, *M. longipilus* 1,6 Eier/Tag und *A. andersoni* 0,7 Eier pro Tag in diesem Zeitraum ab.

Auch BOZAI und BREAM (1996) nennen eine wesentlich höhere Eiablage für *E. tiliarium* (54,5 Eier) als für *M. longipilus* (35,7 Eier) und *E. finlandicus* (34,8 Eier). Ebenso war die Eiablage von *E. tiliarium* (70 bis 100 Eier) unvergleichbar höher als die von *E. finlandicus* (7,2 bis 7,6 Eier) und weiterer untersuchter Raubmilben (KROPCZYNSKA et al., 1988). Andere Autoren arbeiteten mit anderen Beutetieren als *E. tiliarium*. Für *M. longipilus* werden von BURELL und McCORMICK (1964) bei 25 °C und BRAVENBOER (1959) bei 22 °C eine Eiablage von 46 beziehungsweise 38 Eier pro Weibchen genannt. Die Autoren erhielten einen Wert für die maximale tägliche Ablage von 1,9 beziehungsweise 2 Eier pro Weibchen und Tag, der nahe an dem Ergebnis der vorliegenden Arbeit (1,8 Eier/Weibchen/Tag) ist. Dagegen erhielt BALL (1980) eine maximale tägliche Eiablage von 3,1 Eier pro Weibchen und Tag, aber nur eine gesamte Eiablage von 28,1 Eier pro Weibchen. AMANO und CHANT (1977) stellten für *A. andersoni* bei 23 °C eine maximale tägliche Ablage von 1,3 Eier pro Weibchen und eine gesamte Eiablage von 46,3 Eier pro Weibchen fest. Weitere Autoren geben relativ geringe Zahlen für die Eiablage von *E. finlandicus* an. AMANO und CHANT (1986) geben 7,1 Eier pro Weibchen bei 23 °C und SCHAUSBERGER (1991) 21,3 Eier pro Weibchen bei 25 °C an.

Die Reproduktion von *E. tiliarium* war auch bei niedrigen Temperaturen relativ hoch. Bei 13 °C betrug die Eiablage etwa zwei Drittel der Eiablage bei 20 °C. Im Gegensatz dazu konnte sich *A. andersoni* bei 13 °C nur geringfügig entwickeln: Aus 280 angesetzten Eiern erreichten nur 10 Tiere das Adultstadium. Darunter waren acht Weibchen, die insgesamt 15 Eier ablegten. Auch für andere Raubmilbenarten ist geringe Reproduktion bei niedrigen Temperaturen bekannt. DOSSE (1956) konnte für *T. soleiger* (= *P. soleiger*) bei 10 bis 11 °C eine Gesamteiablage eines Weibchens von nur zwei Eiern feststellen. Zudem war die Entwicklung stark gehemmt. Von 17 angesetzten Eiern schlüpfen zwei Larven, die wie die übrigen Eier starben. Andere Arten sind noch weniger tolerant gegenüber niedrigen Temperaturen. DOSSE (1956) stellte für *Typhlodromus vitis* (Oudemans) schon bei 15 bis 16 °C Entwicklungsschwierigkeiten fest. Bei 15 °C immerhin entwickelte sich *M. longipilus* innerhalb von 24,5 Tagen und *E. finlandicus* innerhalb von 20,9 Tagen (BREAM und BOZAI, 1996). Konstante Temperaturen sind im Freien nicht vorhanden, so dass *A. andersoni* zusätzlich Temperaturen von 13 °C und 20 °C im Wechsel ausgesetzt wurde: Dabei war sie

in der Lage, sich zu entwickeln und zu vermehren. Dies ist besonders bedeutsam im Frühjahr und Herbst, wenn niedrigere Temperaturen herrschen, aber die Temperaturen auch über 13 °C steigen.

E. tiliarium entwickelte sich zwar langsamer, ist aber in ihrer Populationsentwicklung durch die hohe Eiablage gegenüber den Raubmilben bevorteilt. Dies vor allem auch bei niedrigen Temperaturen. Unterstützt wird dieses Ergebnis durch Untersuchungen von KROPCZYNSKA et al. (1988), BOZAI und BREAM (1996) und BREAM und BOZAI (1996), die auch mit *E. tiliarium* und Raubmilben von *Tilia* sp. arbeiteten.

Biologische Parameter in Abhängigkeit von der Wirtspflanzenart

Im Labor wurde untersucht, ob die Wirtspflanze einen Einfluss auf die Biologie von *E. tiliarium* oder *A. andersoni* hat. In Freilandhebungen wurde ein höherer Spinnmilbenbefall an *T. platyphyllos* festgestellt. In Laboruntersuchungen konnte kein Einfluss der Wirtspflanze auf *A. andersoni* festgestellt werden. Dagegen legte *E. tiliarium* im Mittel 12 Eier mehr auf *T. platyphyllos* ab. Bisher sind die Mechanismen der unterschiedlichen Eiablage und Entwicklung nicht analysiert worden. Ergebnisse von GOTOH (1987 und 1988), SAITO (1985), McMURTRY und JOHNSON (1966) und LARSON und BERRY (1984) weisen darauf hin, dass die Behaarung oder auch die Inhaltsstoffe der Blätter dafür verantwortlich sein können. Die Behaarung wird primär das Verhalten auf der Pflanze beeinflussen, die Inhaltsstoffe die Nahrungsaufnahme oder Nahrungsverwertung.

Interessant sind die Untersuchungen von GOTOH (1987 und 1988) zu biologischen Parametern von *E. tiliarium* auf unterschiedlich behaarten Erlenarten *Alnus* sp. Interessant deswegen, weil *T. platyphyllos* im Gegensatz zu *T. cordata* stark behaart ist. Der Autor fand zwar keinen Unterschied bezüglich der Eiablage heraus, allerdings ein schnelleres Populationswachstum auf der stärker behaarten Art *Alnus hirsuta* Turcz. Die Milben bildeten auf dieser Art kein Netz und bewohnten mehrere Orte des Blattes. *Alnus japonica* (Thunb.) hat kleinere Blätter, auf denen sich die Milben unter den entlang der Mittelrippe gesponnenen Netzen befanden. In der vorliegenden Arbeit wurde für beide Lindenarten eher ein konzentriertes Auftreten von *E. tiliarium* festgestellt. Unterschiede in der Netzbildung wurden nicht untersucht. Die unterschiedliche Netzstruktur und das davon abhängige Verhalten von *E. tiliarium* auf verschiedenen Wirtspflanzen ist für SAITO (1985) der Beweis für die Spezialisierung der Subtypen auf ihre Wirtspflanzen. Daneben haben das Blattalter und die davon abhängigen Inhaltsstoffe einen Einfluss auf die Biologie von Spinnmilben. McMURTRY und JOHNSON (1966) wiesen höhere Eiablage von *Oligonychus punicae* (Hirst) auf unbeschädigten reifen Blättern als auf jungen hellgrünen oder älteren geschädigten Avocadoblättern nach. LARSON und BERRY (1984) führen höhere

Phenolgehalte in den jungen, noch ausreifenden Blättern auf die langsamere Entwicklung von *T. urticae* zurück. Vielleicht ist hier ein Zusammenhang zu den untersuchten Linden zu sehen, denn ausgereifte Blätter von *T. cordata* sind fester als die von *T. platyphyllos*.

Die biologischen Parameter der Raubmilben werden durch weitere abiotische und biotische Faktoren beeinflusst, die nicht näher untersucht werden konnten. Vielmehr fanden die Versuche zur Biologie unter optimalen Bedingungen (hohe Luftfeuchte, hohe Beutedichte, Zufütterung mit Pollen) statt. Unberücksichtigt geblieben sind zum Beispiel die Auswirkung unterschiedlicher Beutedichte, die intraspezifische Konkurrenz und die raubmilbenspezifische Vorzugsnahrung auf die Entwicklung und Reproduktion. Bei zu geringer Beutedichte kann die Entwicklung mancher Arten, zum Beispiel *E. finlandicus* und *A. andersoni*, zum Stillstand kommen (AMANO und CHANT, 1986). Auch die Eiproduktion wird von der Beutedichte beeinflusst und steigt mit zunehmendem Beuteangebot (u. a. BRAVENBOER, 1959; BRAVENBOER und DOSSE, 1962; McMURTRY und SCRIVEN, 1966). Andererseits kann durch intraspezifische Konkurrenz die Reproduktion abnehmen und die Fluchtrate der Raubmilben zunehmen (KUCHLEIN, 1966; EVELEIGH und CHANT (1982a und 1982b). Auch SCHAUSBERGER (1992a) ermittelte bei 20 °C und einem Nahrungsangebot von Apfelpollen eine tägliche Eiablage für *E. finlandicus* von 1,9 Eier pro Weibchen, wenn eine Raubmilbe allein, und von 1,1 Eier pro Weibchen, wenn acht Raubmilben zusammen gehalten wurden.

Ein weiterer Faktor ist die Beuteart. In der vorliegenden Arbeit wurde als Nahrung ausschließlich *E. tiliarium* sowie Kiefer- und Birkenpollen angeboten. Unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeit bei unterschiedlicher Nahrung wiesen zum Beispiel ENGEL und OHNESORGE (1994a), SCHAUSBERGER (1991) und DUSO und CAMPORESE (1991) nach. Aber auch Pollen oder Honigtau können sich positiv auf die Entwicklung und Reproduktion auswirken (ZHAO und McMURTRY, 1990; SCHAUSBERGER, 1992b; KLAUSNITZER, 1997). Dabei ist auch die Art des Pollens von Bedeutung. BROUFAS und KOVEOS (2000) fanden zum Beispiel heraus, dass für *E. finlandicus* der Pollen von Kirsche, Pfirsich, Aprikose, Walnuss und Mohn wertvoller ist als von Apfel und Birne. ZHAO und McMURTRY (1990) nehmen aufgrund des breiten Nahrungsspektrums an, dass allein deswegen Laborversuche nicht die natürliche Eiablage widerspiegeln.

Effektivität in Laborversuchen

Die kurzzeitige Fraßleistung von *A. andersoni*, *M. longipilus* und *E. finlandicus* war ähnlich und betrug bei 20 °C zwischen 1,25 und 2,25 Beutestadien. Allerdings wird bei solchen Versuchen deutlich, wie variabel selbst Laborversuche sein können. Denn die Mittelwerte der Fraßleistung von *A. andersoni* in zwei unabhängigen Versuchen zu verschiedenen

Zeitpunkten, aber unter gleichen Bedingungen, unterscheiden sich signifikant (s. Kap. 4.3.1.1). Dies kann nur mit der Variabilität der Milben, verstärkt durch die schnelle Generationsfolge, erklärt werden. Die Fraßleistung von *A. andersoni* erhöhte sich mit steigender Beutedichte und war abhängig von der Temperatur. Bei 13 °C wurden im Mittel 2,5 Stadien (Nymphen und Eier) und bei 20 °C 4,1 Stadien von *E. tiliarium* vertilgt. Die relativ hohe Fraßleistung bei 13 °C ist um so erstaunlicher, als dass die Entwicklung stark gehemmt war. KROPCZYNSKA et al. (1988) ermittelten für die tägliche Fraßleistung von *E. finlandicus* während der Eiablagezeit 5,2 Stadien und während des gesamten Lebenszeitraumes 108,9 Beutestadien. Die Autoren untersuchten die Fraßleistung weiterer Raubmilbenarten mit *E. tiliarium* als Beute: Die tägliche Fraßleistung während der Eiablagezeit differierte in Abhängigkeit von der Art zwischen 4,5 (*T. pyri*) und 8,7 (*Paraseiulus soleiger* (Ribaga)) Spinnmilben (Larven und Protonymphen). Während ihres Lebens verzehrten die Weibchen durchschnittlich 106 (*Phytoseius macropilis* (Banks)) bis 215 (*P. soleiger*) Spinnmilben. Nach BOZAI und BREAM (1996) verzehren *M. longipilus* täglich 2,3 und *E. finlandicus* täglich 2,2 Weibchen von *E. tiliarium*. *M. occidentalis* frisst täglich 1 bis 14 Stadien von *T. urticae* in Abhängigkeit von der Beutedichte (BRAVENBOER, 1959). Die Bevorzugung der Eier als essenzielle Nahrung für Raubmilbenweibchen konnte in keiner Variante festgestellt werden. Allerdings ist die Körpergröße von *E. tiliarium* relativ klein, so dass die Raubmilben beim Fangen und Festhalten ihrer Beute keine Schwierigkeiten hatten.

Die räuberische Leistung der Raubmilben in Laborversuchen wurde als ausreichend bezeichnet, wenn weniger als 50 % des Blattes durch Besaugen der Spinnmilben nekrotisiert war. Die Ausgangspopulation der Spinnmilbe bestand stets aus Eiern und Nymphen. Ausgezählt wurden bei *E. tiliarium* alle Stadien, bei den Raubmilben nur bewegliche Stadien. Über einen Zeitraum von 16 Tagen gelang es nur *M. longipilus* einen größeren Blattschaden zu verhindern. Für diese Art, die die kleinste der drei gezüchteten Arten ist, wurde auch in der Zucht eine hohe Aggressivität beobachtet. Selbst Larven griffen adulte Weibchen von *E. tiliarium* an. CROFT et al. (1999) konnten das Gleiche für die Larven der nahe verwandten Art *M. occidentalis* feststellen, nämlich dass sie große Nymphen und Weibchen von *T. urticae* angreifen. Die Größe der Raubmilben ist also für das Fangen und Verzehren von Spinnmilben nicht so bedeutsam wie ihre „Stärke“. In den Varianten *A. andersoni* und *E. finlandicus* stieg bei gleicher anfänglichen Beutedichte von 30 Stadien die Spinnmilbenpopulation auf 356 beziehungsweise 294 stetig an. Beide Raubmilbenarten konnten sich nur geringfügig vermehren. *M. longipilus* dagegen vermehrte sich stärker als die Spinnmilbe und zeigte ein kontinuierliches Populationswachstum. Am Ende des Versuches wurden 23 Stadien von *M. longipilus* und nur 16,7 Stadien von *E. tiliarium* gezählt. Auf dem höchsten Punkt der Spinnmilbenpopulation wurde ein Verhältnis von Raubmilben zu Spinnmilben von 1:12 (11 Raubmilben und 137 Spinnmilben) festgestellt, das

innerhalb von vier Tagen auf 1:5 (19 Raubmilben und 88 Spinnmilben) abfiel. Allerdings wurde auch in der Variante *M. longipilus* ein Saugschaden von 60 % der Blattfläche ermittelt, der nicht zu akzeptieren war. Die differenzierteren Versuche mit *M. longipilus* und abgestuften Ausgangspopulationen von *E. tiliarium* zeigten, dass das Verhältnis von Raubmilbe zu Spinnmilbe über 1:20 liegen darf. Denn es ergab sich bei diesem Räuber-Beute-Verhältnis ein Populationsanstieg von *E. tiliarium* auf maximal 24 Stadien, und es entstand ein Blattschaden von nur 10 %. Am Versuchsende wurden 6 Spinnmilben und 9 Raubmilben gezählt. Für die Verhinderung einer Massenvermehrung des Schädlings muss demnach unter kontrollierten Laborbedingungen ein Verhältnis von *M. longipilus* zu *E. tiliarium* zwischen 1:20 und 1:30 vorliegen

Effektivität im Freiland

Eine enge Räuber-Beute-Beziehung besteht dann, wenn hohe Raubmilbendichten mit niedrigen Spinnmilbendichten korrelieren und umgekehrt. Sie ist Voraussetzung für eine effiziente Beeinflussung der Populationsentwicklung von Spinnmilben (KARG, 1972). An den Parkstandorten wurde an *T. platyphyllos* Spinnmilbenbefall festgestellt, der sich am Ende der Vegetationsperiode mit einem Saugschaden von 23 % auswirkte. Für *T. cordata* wurde während der Beprobungszeit kein nennenswerter Saugschaden festgestellt. Raubmilben wurden hier schon bei der ersten Bonitur an *T. cordata* nachgewiesen und erreichten ein Maximum von 0,13 Milben/cm² Blattfläche. *E. tiliarium* trat zwar in höheren Dichten auf, ausgenommen die Bonituren in der 25. und 30. Kalenderwoche, die Population blieb aber unter 1 Milbe/cm² Blattfläche. Dagegen trat der Schädling auf *T. platyphyllos* schon ab der 22. Kalenderwoche in einer Dichte von 0,84 Milben/cm² Blattfläche auf, die auf ein Maximum von 2,05 Milben/cm² Blattfläche anstieg. Die Raubmilbenpopulation stieg zwar auch an, aber nur sehr langsam und erreichte auch nur eine Dichte von 0,06 Milben/cm² Blattfläche. Die Labordaten bestätigen die Erhebung im Freiland, denn *E. tiliarium* legte auf *T. platyphyllos* wesentlich mehr Eier ab. Damit kann der Schädling auf dieser Lindenart höhere Populationen aufbauen.

Es wird angenommen, dass vor allem die Winter- und Frühjahrestemperaturen für den Populationsaufbau der Spinnmilbe von entscheidender Bedeutung sind. STEINER (1987) stellte für *P. ulmi* im Weinbau fest, dass nicht die Anzahl der überwinterten Eier, sondern die Witterung im Mai über die Stärke des Ausgangsbefalls entscheidet. Nach dem milden Winter (1997/1998) und dem folgenden warmen Frühjahr konnten sich an den Straßenstandorten hohe Schädlingpopulationen aufbauen. Der Grund dafür ist vermutlich in der hohen Reproduktivität von *E. tiliarium* auch bei niedrigen Temperaturen zu sehen. Dagegen war die Entwicklung des Antagonisten *A. andersoni* bei niedriger Temperatur ganz eingestellt. (s.

Biologische Parameter). Besonders gut entwickelte sich die Spinnmilbenpopulation an den Bäumen der sonnigen Hauptstraßenseite, was sich schon in der 24. Kalenderwoche mit einem Saugschaden von 53 % und in der 26. Kalenderwoche von 70 % ausdrückte. Der höchste Saugschaden an der schattigen Hauptstraßenseite wurde mit 40 % in der 32. Kalenderwoche festgestellt. Die niedrigeren Temperaturen im Winter 1998/1999 und im darauffolgenden Frühjahr könnten sich negativ auf die Spinnmilbenentwicklung ausgewirkt haben. Der Saugschaden überstieg nicht 5 %. Im Gegensatz dazu scheinen die Raubmilbenpopulationen während der Vegetationsperiode wenig von der Witterung beeinflusst zu werden. Diese wiesen stets einen gleichmäßigen Rhythmus mit einem Höhepunkt im Juni/Juli auf, der nicht über 0,1 Milbe/cm² Blattfläche hinausging. Die Untersuchungen begannen im Monat Mai, der in Berlin eine Durchschnittstemperatur von 14 °C aufweist. Im Labor war die Entwicklung von *A. andersoni* bei 13 °C stark gehemmt (s. Biologische Parameter), konnte aber durch den Wechsel mit der höherern Temperatur von 20 °C aufgehoben werden. Eine Reaktion der Raubmilbenpopulationen auf eine Veränderung der Spinnmilbenpopulation wurde nicht erkannt. In Laborversuchen wurde eine relativ hohe Fraßleistung von *A. andersoni* auch bei niedrigen Temperaturen festgestellt. Auch die steigende Fraßleistung mit höherem Beuteangebot könnte sich positiv auf die Prädatorleistung zu Vegetationsbeginn auswirken. Jedoch wurde im Freiland eine unzureichende räuberische Leistung zu Beginn der Vegetationsperiode 1998 an den Hauptstraßenstandorten festgestellt. Der Spinnmilbenbefall unterschied sich zu Vegetationsanfang und –ende zwischen beiden Standorten.

Populationsdynamische Erhebungen anderer Autoren bestätigen, dass Raubmilben nicht generell ausreichend effektiv sind (unter anderem BERKER, 1958, McMURTRY und JOHNSEN, 1966; McMURTRY et. al, 1970, STEINER, 1987 und ENGEL, 1994b). In solchen Untersuchungen erreichten die Raubmilben ihre höchste Populationsdichte (etwa Juli) vor ihrer Beute, deren Befallsdichte oftmals erst im August am höchsten war. Selbst, wenn dann noch ein Anstieg der Raubmilben erfolgte, war der verursachte Schaden hoch. Ein wichtiger Grund für unzureichende Effektivität polyphager Raubmilben im Freiland ist neben weiteren abiotischen und biotischen Faktoren das breite Nahrungsangebot. *T. pyri* ernährt sich bis Spätsommer hauptsächlich von Pollen, Thripsen und Blattgallmilben und dann erst bei Nahrungsmangel und höheren Spinnmilbendichten von *P. ulmi* (ENGEL und OHNESORGE, 1994b). Dies würde auch die mangelnde räuberische Leistung der Raubmilben in der vorliegenden Untersuchung erklären. Denn bei den nachgewiesenen Raubmilbenarten handelt es sich zumindest um oligophage Arten, nur für *S. aceris* ist bisher über das Beutespektrum noch nichts bekannt (KARG, 1991; KARG, schriftliche Mitteilung, 1999). Demnach bevorzugt *E. finlandicus* freilebende Gallmilben und bewegliche Stadien von Spinnmilben. Außerdem besteht eine Beziehung zu Weichhautmilben. Nach McMURTREY

et al. (1992) und ZHAO und McMURTREY (1990) sind *Euseius* sp. Generalisten. Für *M. longipilus* konnten bisher Beziehungen zu Spinnmilben und Gallmilben beobachtet werden. *A. andersoni* bevorzugt bewegliche Stadien von Spinnmilben, es besteht nach bisherigen Kenntnissen auch eine Beziehung zu Weichhautmilben (KARG, 1994). CROFT und CROFT (1996) ordnen *A. andersoni* als Generalist ein. Wesentlich für die Entwicklung der polyphagen Räuber ist offenbar eine ausgewogene Mischung verschiedener Nahrungsgrundlagen. Die Einteilung der Beute in Haupt-, Alternativ- und Ersatznahrung von OVERMEER (1985) wurde bereits beschrieben (s. Kap. 2.1). Dies bedeutet, dass dieselbe Nahrung für einzelne Generalisten einen unterschiedlichen Nährwert besitzen kann und bei einem vielfältigen Angebot keine einseitige Versorgung entsteht. Eine Auswahl an Nahrung war auf den untersuchten Blättern stets gegeben. Es wurden sowohl freilebende Gallmilben, als auch kleine Insekten wie Larven von Blattthripsen und –flöhen beobachtet. Pollen war während der Vegetationsperiode fast immer vorhanden. Somit bestand in den Baumkronen eine Auswahl an Nahrung und darunter für einige Raubmilbenarten auch die Präferenznahrung. Deshalb muss angenommen werden, dass die im Labor ermittelte räuberische Leistung gegenüber *E. tiliarium* im Freiland niedriger ist. Allgemein gilt, dass Generalisten weniger effizient in der Kontrolle sind, da sie eine geringere funktionale und numerische Reaktion aufweisen (HUFFAKER et al., 1970). Im Gegensatz dazu zeichnen sich Spezialisten wie zum Beispiel *P. persimilis* durch hohe Such- und Fraßleistung aus. Desweiteren konnte in den Laborversuchen nicht das inter- und intraspezifische Konkurrenzverhalten berücksichtigt werden. ZHANG und CROFT, 1995; CROFT und CROFT, 1996 nehmen an, dass sich am besten große Arten durchsetzen, die sich polyphag ernähren wie *A. andersoni*. Die interspezifische Konkurrenz ist ihrer Meinung nach abhängig von der Räubergröße, der Nahrungsspezialisierung und der Beutedichte. DUSO und VETTORAZZO (1999) stellten jedoch fest, dass die Konkurrenzfähigkeit einer Art nicht allein von deren Körpergröße abhängt. Eine Koexistenz zwischen *K. aberrans* und den Arten *T. pyri* und *A. andersoni* war nicht möglich. Die beiden letztgenannten Arten wurden von *K. aberrans* verdrängt, obwohl diese Art kleiner ist. Sie war außerdem in der Lage, die natürlich vorkommenden Arten *A. andersoni* und *Phytoseius finitimus* (Ribaga) im Weinbau zu verdrängen. Bezüglich der intraspezifischen Konkurrenz stellten CROFT und CROFT (1996) und CROFT und ZHANG (1994) große Unterschiede fest, die besonders bei Beutemangel von Bedeutung sind. So ernährt sich zwar *M. occidentalis* bei mangelnder Beute kannibalistisch, greift aber weder Larven noch Nymphen anderer Raubmilben (zum Beispiel *T. pyri*, *A. andersoni* und *Amblyseius fallacis* (Garman)) an (CROFT und CROFT, 1996). Die Weibchen von *M. occidentalis* haben eine Überlebensstrategie gefunden, um kurzzeitigen Beutemangel überleben zu können: Sie reagieren mit Eiablage, welche sie dann neben Eiern von anderen Raubmilbenweibchen verzehren (CROFT et al., 1996; CROFT und CROFT, 1996). Auch *E. finlandicus* reagiert bei wenig Futterangebot kannibalistisch

(SCHAUSBERGER, 1992a). Die Reaktion der Raubmilbenarten auf Nahrungsmangel ist unterschiedlich: So fraß *E. finlandicus* zwar *K. abberans*, umgekehrt war dies nicht der Fall (SCHAUSBERGER, 1992a).

Die Hypothese, dass das Mikroklima durch die Umgebung des Standortes beeinflusst wird und somit am sonnigen Hauptstraßenstandort weitaus höhere Temperaturen und niedrigere Luftfeuchte besteht als an den anderen Standorten, konnte nicht bestätigt werden. Die Messungen ergaben zwar Differenzen zwischen Sonnen- und Schattenseite, einen Unterschied zwischen der sonnigen Hauptstraße und der sonnigen Seitenstraße mit Begrünung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Diese Aussage beschränkt sich allerdings auf Messungen am Stamm im unteren Kronenbereich. Um differenziertere Aussagen zum Einfluss des Mikroklimas in der Baumkrone machen zu können, sind Messungen direkt an den Blättern notwendig. Am Straßenbaum kann die relative Luftfeuchtigkeit unter 20 % absinken. Selbst wenn HOLTZER et al. (1988) davon ausgehen, dass die relative Luftfeuchtigkeit in der das Blatt umgebenden Luftschicht stets höher ist als die der weiteren Umgebung (Atmosphäre), wird sie an warmen, niederschlagsarmen Tagen sehr gering sein. Die meisten Raubmilben beanspruchen jedoch eine relative Luftfeuchtigkeit von 70 bis 95 % und sind somit weniger an niedrige Luftfeuchtigkeit angepasst als Spinnmilben (HOLTZER et al. 1988 und KARG, 1994). Am Beispiel von Raubmilbeneiern macht SCHAUSBERGER (1998) die Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung deutlich. Der Autor stellte fest, dass die relative Luftfeuchtigkeit, bei der 50 % der Eier schlüpfen, in Abhängigkeit von der untersuchten Raubmilbenart zwischen 50,4 % und 57,5 % lag.

E. tiliarium wird stärker von der Standortgestaltung beeinflusst als die Raubmilben. Der höchste Befall wurde am sonnigen Hauptstraßenstandort notiert, dagegen konnte sich in der Nebenstraße in den drei Jahren des Versuchs kein Befall aufbauen. Die Raubmilbenpopulation war in der Nebenstraße nur geringfügig höher als an den Hauptstraßenstandorten. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Raubmilben effektiv waren. Es wurde kein Saugschaden festgestellt. Eine Erhöhung der Raubmilbenpopulation durch Immigration aus der begrünten Umgebung, wie es BOLLER und REMUND (1986a) für *T. pyri* aus nahe gelegenen Hecken in die Weinberge beschreiben, war nicht gegeben. Auch STEINER (1987) stellte keine unterschiedliche Dichte von *T. pyri* zwischen begrünten und nicht begrünten Weinbergen fest. Die positive Wirkung von Verkehrsimmissionen auf Schädlingspopulationen, wie sie FLÜCKIGER et al. (1991) an Straßenrandgehölzen nachwies, wurde nicht untersucht. Weitere Autoren fanden heraus, dass sich erhöhter Stickstoff- und Ozongehalt positiv auf die Entwicklung von Spinnmilben auswirkt (HUMMEL et al., 1998; BADEGANA und PAYNE, 2000). In der Hauptstraße, wo der

höchste Spinnmilbenbefall festgestellt wurde, war der Verkehr um ein Vielfaches höher als in der Nebenstraße.

Zusammenfassend lässt sich über die an den Straßenbäumen lebenden Raubmilben sagen, dass sie bis zu einem bestimmten Raubmilben-Spinnmilben-Verhältnis den Schädling kontrollieren können, wobei noch nicht geklärt ist, wie hoch die Spinnmilbendichte sein darf. Dies ist vor allem von der Raubmilbenart abhängig. Die Laborversuche machten deutlich, wie sehr sich die Raubmilben bezüglich der Effektivität unterscheiden. Die am häufigsten an *T. europaea* 'Pallida' vorkommende Art *E. finlandicus* schnitt am schlechtesten ab. Dass die Häufigkeit einer Raubmilbenart nicht mit deren Effektivität gleichzusetzen ist, bestätigen auch KROPCZYNSKA et al. (1985). Dort, wo *E. finlandicus* dominant war, wurden hohe Dichten mit *E. tiliarium* beobachtet. Findet *E. tiliarium* zum Beispiel aufgrund der Witterung oder der Prädisposition des Baumes günstige Bedingungen vor, so sind die Raubmilben nicht in der Lage, den Schädling zu kontrollieren. Der Begriff Nutzenschwelle wurde von WETZEL et al. (1987) eingeführt und gibt an, ab welcher Populationsdichte eines Nützlings der Befall des Schädlings kontrolliert beziehungsweise unter der ökonomischen Schadensschwelle gehalten werden kann (FREIER, 1993). Im Obstbau wird eine Nutzenschwelle von 0,1 bis 1 Raubmilbe pro Blatt angegeben, damit der Befall von *Panonychus ulmi* (Koch) in Apfelanlagen um 70 % reduziert wird (KARG, 1991; CROFT und MACRAE, 1992). Für die Räuber-Beute-Beziehung an den Straßenbäumen ist es wichtig, die Spinnmilbendichte in die Nutzenschwelle miteinzubeziehen. Nur die Angabe der Raubmilbendichte oder des Raubmilben-Spinnmilben-Verhältnisses reicht für eine Aussage über die Effektivität der Raubmilben nicht aus. Denn die Raubmilbendichte war an stark und weniger stark befallenen Bäumen nahezu gleich hoch bei unterschiedlichem Spinnmilbenbefall. Die Bildung des Raubmilben-Spinnmilben-Verhältnisses verschweigt die realen Populationsdichten. Wesentlich aussagekräftiger sind deshalb Angaben zur Spinnmilben- und Raubmilbenpopulation wie zum Beispiel die Aussage von GARCIA-MARÍ und GONZALEZ-ZAMORA (1999) für *Amblyseius* (= *Neoseiulus*) *californicus* (McGregor) in Stachelbeere: Bei einem Spinnmilbenbefall zwischen 0,1 und 1 Milbe pro Blatt sollte das Räuber-Beute-Verhältnis zwischen 1 und 5 liegen. Solche Angaben fehlen bisher für die Räuber-Beute-Beziehung im öffentlichen Grün.

***Stethorus punctillum* Weise – *Eotetranychus tiliarium* Hermann**

Biologische Parameter

Bei 20 °C wurde eine Entwicklungszeit vom Ei bis zur Imago von 24,6 Tagen ermittelt. Damit dauert die Entwicklung des Käfers 11 Tage länger als die der Spinnmilbe. Wie schon

PUTMAN (1955) feststellte, durchlaufen die Stadien Ei und Puppe eine etwa gleich lange Entwicklungszeit. Die Larvenentwicklung dagegen dauert ungefähr doppelt so lang. Die Entwicklungszeit nimmt mit steigender Temperatur stark ab, parallel sinkt die Eiablage (PUTMAN, 1955; SEKEROGLU und YIGIT, 1992). Die Eiablage wird auch dann eingestellt, sobald die Weibchen kaum Futter vorfinden (BRAVENBOER, 1959). Bei Futtermangel kann *S. punctillum* nur wenige Tage bis Wochen mit Ersatznahrung überleben (MOTER, 1959). Besonders ist das erste Larvenstadium bei schwachem Milbenbesatz gefährdet, da es wegen seiner geringen Beweglichkeit nicht in der Lage ist, einzelne Beute zu finden (MOTER, 1959). Auch bei bei ausreichend vorhandener Nahrung wurde in der vorliegenden Arbeit die höchste Mortalität für das erste Larvenstadium festgestellt. Die älteren Larven zeigten sich sehr agil und suchaktiv.

An anderer Stelle wurde bereits die Bedeutung des schnellen Populationsanstiegs von *E. tiliarium* unter günstigen Bedingungen diskutiert. Aber auch bei niedrigen Temperaturen kann der Schädling relativ hohe Populationen aufbauen, während der Marienkäfer in der Entwicklung gehemmt ist. Bei 13 °C konnte sich *S. punctillum* nicht weiter entwickeln. Zwar schlüpfen 21 Larven aus 46 Eiern, diese starben allerdings innerhalb von drei Wochen. Außerdem wurde bei dieser Temperatur keine Eiablage beobachtet. Dieses Ergebnis bestätigt die Angabe von MOTER (1959), der einen artspezifischen Entwicklungsnullpunkt bei 12 °C angibt und von BRAVENBOER (1959), der für das Ei einen Entwicklungsnullpunkt bei 13 °C und für die anderen Stadien bei 15 °C nennt. FELLAND et al. (1995) untersuchten *S. punctillum* bezüglich der Überwinterung und geben an, dass die Temperatur für die Befruchtung und Eiproduktion von überwinterten Weibchen über 8 °C betragen muss. Aber auch zu hohe Temperaturen führen zu einem Entwicklungsstopp. BRAVENBOER (1959) gibt hierfür die Maximaltemperatur von 35 °C an. Nicht selten liegen die Temperaturen im Sommer, auch in den Kronen der Straßenbäume, über diesem Wert.

Effektivität

Mit höherem Nahrungsangebot steigt die Fraßleistung. Die L₄-Larve fraß bei höherer Beutedichte fast die doppelte Menge und die Imago mehr als das Vierfache. Ein Unterschied der Fraßleistung von Imago und Larve wurde nicht nachgewiesen. Bei hoher Dichte wurden innerhalb von drei Stunden 20,9 Stadien von der Larve und 14,7 Stadien von der Imago gefressen. In der vorliegenden Arbeit konnte keine Bevorzugung von Beutestadien festgestellt werden. Dagegen wies HOUCK (1991) nach, dass von Imagines Milbeneier und vom 3. Larvenstadium Nymphen bevorzugt werden. Diese Tatsache wird mit dem reichhaltigen Gehalt an essenziellen Nährstoffen in den Spinnmilbeneiern begründet. Untersuchungen zur stündlichen Fraßleistung von *S. punctum* liegen von COLBURN und ASQUITH (1971) und HULL et al. (1977) vor. Demnach werden von Larven (2./3. Stadium)

9,7 aktive Spinnmilbenstadien beziehungsweise maximal 6 Stadien pro Stunde gefressen. In der letztgenannten Untersuchung war die Fraßleistung der Sommerweibchen mit maximal 11 Stadien pro Stunde höher. Desweiteren wird mit steigender Temperatur mehr Beute verzehrt (PUTMAN, 1955 und BRAVENBOER, 1959; COLBURN und ASQUITH, 1971). ROTT und PONSONBY (2000) stellten steigende Fraßleistung in einem Vergleich der Temperaturen 20 °C, 25 °C und 30 °C fest. Eine Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit (33 %, 65 %, 90 %) konnten die Autoren dagegen nicht nachweisen, bezeichnen aber in diesem Zusammenhang ihre Methode als unzureichend. Es ist wahrscheinlich, dass vor allem Wasser von großer Bedeutung für *S. punctillum* ist. Diese Vermutung wurde bei Beobachtungen der Zucht im Labor aufgestellt.

Desweiteren ist die Pflanzenart von Bedeutung. Dabei ist besonders die Behaarung wichtig. Die starke Behaarung von Bohnenblättern zerstört die feine Haut der hinteren Segmente der Bauchunterseite von *S. punctillum* (PUTMAN, 1955 und WALTERS, 1974). Larven sind wesentlich empfindlicher als adulte Tiere und sterben sofort nach Kontakt mit den Blättern. Die starke Behaarung der Tomaten nennt RAWORTH et al. (1998) als möglichen Grund dafür, dass der Einsatz von *S. punctillum* zwar an Pfeffer und Gurke, aber nicht an Tomate funktioniert. Andererseits fanden ROTT und PONSONBY (2000) eine höhere Effektivität auf Tomate und Pfeffer als auf Aubergine. In beiden Untersuchungen handelte es sich um Tomatenpflanzen der Art *Lycopersicon esculentum* L. Ein negativer Einfluss auf *S. punctillum* von der stark behaarten Sommerlinde im Vergleich zur wenig behaarten Winterlinde wurde nicht festgestellt.

Die Freilandhebungen zeigen, dass *S. punctillum* seiner Beute folgt und deshalb dort häufiger anzutreffen ist, wo Spinnmilbenbefall vorhanden ist. Am Straßenstandort wurde die höchste Anzahl von *S. punctillum* mit 13 Exemplaren auf der sonnigen Hauptstraßenseite (1998) gefunden. Die Abhängigkeit des Auftretens von der Beutedichte wurde vor allem an den Parkstandorten deutlich. Auf Winterlinde, die nur geringfügigen Spinnmilbenbefall aufwies, wurden nur 2 Exemplare gezählt. Im Gegensatz dazu wurden auf der anfälligen und befallenen Sommerlinde 21 Exemplare festgestellt. Geht man davon aus, dass ein *Stethorus* maximal 250 Milben täglich frisst, so könnten 13 Exemplare pro Tag 3250 und 21 Exemplare 5250 Milben fressen. Die höchste Zahl Spinnmilbenstadien auf einem Blatt wurde im Juni 1998 auf der sonnigen Hauptstraßenseite mit 4100 Exemplaren gezählt. Hier wird deutlich, dass *S. punctillum* in wesentlich höherer Zahl auftreten müsste, um *E. tiliarium* kontrollieren zu können.

Trotz der geringen Dichte des Käfers sollte nicht der Schluss gezogen werden, dass seine räuberische Leistung zu vernachlässigen sei. BREAM (1996) nimmt aufgrund seiner Beobachtungen an, dass *S. punctillum* ein wirksamer Gegenspieler von *E. tiliarium* an *Tilia* sp. ist. Nach PUTMAN (1955) kann *S. punctillum* einen Schaden nur verzögern, aber bei

hohem Befall den Schädling nicht kontrollieren. Dennoch trage *S. punctillum* maßgeblich zur Reduzierung der Wintereier von *P. ulmi* bei (PUTMAN und HERNE, 1966).

Damit der Käfer zum Verweilen und Vermehren auf einer Pflanze Spinnmilbenpopulationen aufsucht, müssen nach HULL et al. (1976) für *S. punctum* mindestens 2 bis 3 mobile Spinnmilben und nach McMURTRY et al. (1970) mindestens 10 Spinnmilbenweibchen pro Blatt vorhanden sein. Diese so genannte Mindestmenge war in 1998 gegeben, denn hier wurden bis zu 9 Spinnmilben pro cm² Blattfläche gezählt. Trotzdem fanden sich nur wenige *S. punctillum* ein. Für eine effektive Bekämpfung müssen sich nach OBERHOFER (1984), HULL et al. (1976) und MOWERY et al. (1975) auf einem Apfelblatt 3,5 bewegliche Stadien des Käfers pro Spinnmilbe befinden. SENGONCA (schriftliche Mitteilung, 2001) nimmt an, dass die ausbleibende Wirksamkeit des Räubers in Deutschland auf das „kühle“ Klima zurückzuführen ist. Positive Ergebnisse wurden erzielt bei dem Versuch, Imagines zur Überwinterung am Baum auszubringen. Allerdings bleibt die Frage offen, ob die Käfer nach der Diapause auf dem Baum oder in der Nähe bleiben, um den Schädling zu Vegetationsbeginn bekämpfen zu können.

Weitere Nützlinge – *Eotetranychus tiliarium* Hermann

Weitere beobachtete Nützlinge, die in nennenswerten Zahlen auftraten, waren räuberische Wanzen (Heteroptera: Anthocoridae, Miridae), Netzflügler (Planipennia: Chrysopidae, Hemerobiidae), Schlupfwespen (Hymenoptera), weitere Marienkäfer (Coleoptera: Coccinellidae), Spinnen (Araneae) und Ohrwürmer (Dermaptera). Diese Räuber sind Beutefolger und verlassen bei niedriger Beutedichte die Pflanzen – trotzdem sind viele Beutefolger von Bedeutung bei der Regulierung von Spinnmilben (COLLYER, 1953).

Obwohl keine Korrelation zwischen den polyphagen Nützlingen und *E. tiliarium* vorlag, sollte trotzdem nicht ausgeschlossen werden, dass einige von ihnen am Straßenbaum von Bedeutung sein könnten. Zum einen fehlen weitere Untersuchungen und zum andern ist anzunehmen, dass aufgrund der vereinheitlichten Beprobungsmethodik nicht die absolute Anzahl der Nützlinge erfasst wurde. Auffallend häufig traten räuberisch lebende Wanzen auf. Im ersten Untersuchungsjahr trat *D. flavilinea* sehr häufig auf. Diese Weichwanze kommt ursprünglich aus Südeuropa. Sie ist ein Kulturfolger und tritt besonders in Städten auf. In Berlin wurde sie erstmals in 1988 nachgewiesen (DECKERT, schriftliche Mitteilung, 1998). Am stärksten war *D. lutescens* mit 36 % vertreten, die nach WAGNER (1952) vor allem an *Tilia* sp. auftritt. Von allen Miriden wurde dieser Art schon von BERKER (1958) die größte Bedeutung als Spinnmilbenräuber beigemessen und sehr häufig an *Tilia* sp. nachgewiesen.

Eine enge Beziehung von *Deraeocoris* sp. und *P. ulmi* stellten auch FAUVEL und ATGER (1981) fest. Desweiteren trat vermehrt *A. confusus* auf, die Arten *O. vicinus* und *O. minutus*, *P. tiliae* und *B. angulatus* traten weniger häufig auf (s. Kap. 4.1.4). Die Untersuchungen zur Populationsdynamik an Sommer- und Winterlinde lassen vermuten, dass die erhöhte Abundanz räuberischer Wanzen an *T. platyphyllos* nicht nur mit dem Blattlausbefall, sondern auch mit der hohen Spinnmilbendichte zu begründen ist. Denn auf *T. platyphyllos* wurden etwa doppelt so viele Wanzen gezählt als auf *T. cordata*, obwohl der Blattlausbefall etwas geringer war.

Weichwanzen reagieren oftmals erst im folgenden Jahr auf die Abundanzveränderung der Spinnmilben, wohingegen Blumenwanzen im selben Jahr reagieren können (SOLOMON, 1982). Der Grund dafür ist, dass viele Weichwanzen nur eine, dagegen die meisten Blumenwanzen zwei Generationen im Jahr bilden. Nach NIEMCZYK (1999) sollten räuberische Wanzen als Generalisten angesehen werden, die auch in geringen Zahlen erscheinen können. Der Autor geht davon aus, dass sie im Fall von hoher Spinnmilbendichte aus naturnaher Umgebung immigrieren, weswegen die Präsenz in der Umgebung für die Effektivität bedeutsam ist. Wenn in jungen Apfelanlagen eine Raubwanzenlarve *A. nemorum* auf maximal 50 Blätter kam, konnte die Spinnmilbenpopulation *P. ulmi* auf eine Dichte von 0,5 bis 3 Exemplare pro Blatt reduziert werden. Dagegen war *O. minutus* nur effektiv, wenn die Spinnmilbendichte noch nicht zu hoch war: Wenn maximal sieben Milben auf einem Blatt waren, konnte diese Art mit einem Exemplar pro 5 bis 10 Blättern erfolgreich sein. (NIEMCZYK, 1999). An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass die polyphagen Nützlinge natürlich auch andere Räuber fressen können: *O. minutus* gilt als der wichtigste unter 38 Feinden von Raubmilben. Für alle Stadien dieser Blumenwanze stellen die Phytoseiden vollwertige Nahrung dar (KRÄMER, 1961).

Weichwanzen fehlen meist in intensiv bewirtschafteten Apfelanlagen im Gegensatz zu den Anthocoriden (GERNOTH, 1988 und NIEMCZYK (1999). Demnach scheinen sie sensibler auf Pflanzenschutzmittel zu reagieren. Straßenbäume werden in der Regel nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt, sind aber stärker Immissionen von Verkehr, Industrie und Haushalten ausgesetzt. Es wäre zu überprüfen, ob und inwieweit die Weichwanzen dadurch negativ beeinflusst werden. HILL und SCHLAMP (1985) beobachteten Raubwanzen vor allem in trockenen, warmen Weinhängen und Raubmilben in feuchteren Anlagen. Die höhere Toleranz von niedriger Luftfeuchte könnte ein Vorteil der Wanzen gegenüber Raubmilben am Straßenstandort sein. Es wäre interessant, in dieser Richtung weiter zu forschen.

Die Florfliegenlarven sind nach BERKER (1958) die wichtigsten Insekten bei der Bekämpfung von Spinnmilben. Eine Beziehung der Netzflügler zu *E. tiliarium* konnte nicht festgestellt werden, nur eine Abhängigkeit vom Blattlausbefall. Andere Nützlinge sind aufgrund ihrer starken Nahrungspräferenz wahrscheinlich für die Spinnmilbenbekämpfung

nahezu unbedeutend (s. Kap. 2.2.3). Spinnen traten stärker zu Vegetationsende hin auf. Aufgrund ihrer relativ geringen Anzahl konnte eine Beziehung weder zu *E. tiliarium* noch zu Blattläusen beobachtet werden. Ohrwürmer traten nur geringfügig auf, Kurzflügler und Raubthripse waren sehr selten.

Aussicht

Diese Arbeit leistet einen Beitrag zu den wenig erforschten Räuber-Beute-Beziehungen an Straßenbäumen. Dieses Thema ist sehr komplex, so dass nur ein Ausschnitt bearbeitet werden konnte. Deutlich wurde, dass die Beziehung zwischen *E. tiliarium* und Raubmilben stark von abiotischen und biotischen Faktoren abhängt, die einen stärkeren Einfluss auf den Schädling als auf dessen Antagonisten zu haben scheinen. Neben der Witterung ist dies die Umfeldgestaltung, die einen Baum schwächen kann und ihn weniger oder stärker anfällig macht. Dagegen scheinen die Raubmilben nur geringfügig von der Umfeldgestaltung beeinflusst zu werden. Um einem Schädlingsbefall vorzubeugen, sollte der Standort vor der Pflanzung eines Straßenbaumes begutachtet und, wenn nötig, verändert werden. Denkbar wäre einen Standort bezüglich relevanter Schädlinge als „schädlingfördernd“ oder „schädlingneutral“ einzustufen, was allerdings schwierig und relativ subjektiv ist. Von den Verfahren des Integrierten Pflanzenschutzes werden im Stadtgrün bisher hauptsächlich mechanische Verfahren, besonders Pflegearbeiten, angewandt. Dabei könnte vorbeugend für die Gesunderhaltung der Bäume weitaus mehr getan werden. Schon bei der Planung sollte stärker die Pflanzenauswahl und –herkunft auf den neuen Standort abgestimmt werden. Außerdem sollten Bäume fachgerecht gepflanzt und gepflegt werden. Diese Forderungen an Planer, Garten- und Landschaftsbauer und Grünflächenämter scheitern oftmals an den Kosten. Dabei bleibt unberücksichtigt, dass vorzeitige Neupflanzungen einen hohen finanziellen Aufwand für Städte und Gemeinden darstellen (BALDER, 1997). BALDER (2002) fordert, nur Pflanzen mit Resistenzeigenschaften unter anderem gegenüber Schaderregern und städtischen Belastungssituationen am innerstädtischen Standort einzusetzen. Diese Arbeit beweist, dass es sinnvoll wäre, in Zukunft ein Pflanzenschutzmanagement für das öffentliche Grün einzuführen, das von Beginn der Planung an die Pflanzen betreut.

Die Anwendung biologischer Pflanzenschutzverfahren im Rahmen dieser Arbeit war bisher nur unbefriedigend und wird deshalb nur zum Teil und im Anhang besprochen. Aufgrund der etwas höheren Raubmilbendichte an den Parkbäumen im Jahr 1999 wurden Straßenbäume und deren Baumscheiben raubmilbenfördernd ausgestattet sowie Raubmilben in die Bäume umgesetzt. Fördernd sollte eine Bepflanzung der Baumscheiben und das Anbringen von

Filzstreifen sein. Für das Umsetzen aus Parkbäumen wurden Filzstreifen verwandt (BALDER et al., 2001; BALDER et al., im Druck; JÄCKEL et al., 2002). Es stellte sich heraus, dass *E. tiliarium* die Filzstreifen als Überwinterungsquartiere nutzte und damit transportiert wurde. Im Obstbau ist diese Methode durchaus praktikabel, da *P. ulmi* als Ei-Stadium überwintert und nicht wie *E. tiliarium* als adulte Milbe. Erste Tests zum Aussetzen von Raubmilben waren ohne Erfolg (s. Anhang, Test 1). Dies betraf sowohl gezüchtete, zuvor vom Straßenbaum entnommene Arten, als auch eine nicht am Straßenbaum nachgewiesene Art *A. cucumeris*. Freilandanwendungen von gewächshausspezifischen Nützlingsgruppen sind ohnehin als kritisch zu betrachten, da sie aufgrund ihrer anderweitigen Lebensgebiete hierfür nicht geeignet sind (JÄCKEL, 1999). Nützlinge, die in Gewächshäusern eingesetzt werden, sind in der Regel wärmeliebend und somit nicht an die Temperaturen im Freiland angepasst. Von SENGONCA und SCHARWÄCHTER (1993) wurde im Obstbau festgestellt, dass die Flächenumsetzung aus gut besiedelten Weinbergen in Apfelplantagen nicht durchweg positiv zu bewerten war. Dennoch werden allgemein im Obst- und Weinbau gute Erfolge durch das Umsetzen von Raubmilben erzielt (s. Kap. 2). Über einen Einsatz gezüchteter Raubmilben berichten bisher nur McMURTRY et al. (1992): Gegenüber kleinen Spinnmilbenpopulationen war *Euseius stipulatus* Athias-Henriot in einer Citrusplantage erfolgreich. Es wurden mehrmals bis zu 200 Milben pro Baum ausgesetzt.

An Straßenbäumen fehlen umfassende Untersuchungen zur biologischen Schädlingsbekämpfung. Voraussetzungen für praxisnahe Versuche sind Kenntnisse zur Biologie, dem Verhalten und der Effektivität weiterer Raubmilben, um die geeignetste Art/Arten als Gegenspieler von *E. tiliarium* zu finden. Ferner muss das Räuber-Beute-Verhältnis verifiziert werden, ab dem eine ausreichende Kontrolle durch die am Ort vorhandenen Raubmilben nicht mehr gegeben ist. Desweiteren ist zu prüfen, ob eine Massenvermehrung dieser Art/Arten möglich ist und ob sie ausreichend konkurrenzfähig sind.

Der Beutefolger *S. punctillum* scheint in unserem Klima zu unständig zu sein. In der Literatur werden *Stethorus* sp. zum Teil große räuberische Leistung zugesprochen, so dass weitere Erhebungen zur Abundanz dieses Marienkäfers, besonders in milderer Gebieten, wichtig erscheinen. Versuche zur Freilassung und Etablierung in Apfelanlagen im Bonner Raum (Deutschland) verliefen ohne Erfolg (SENGONCA, schriftliche Mitteilung, 2001). Im Gegensatz dazu konnten BANGKAN et al. (1988) im Südosten Chinas eine Regulierung von *Stethorus siphonulus* Kapur durch Umsetzen von einer Orangenplantage in eine andere nachweisen. Erfolge stellten sich demnach ein, wenn bei einer Spinnmilbenpopulation von 10 Stück pro Blatt 20 Käfer pro Baum umgesetzt wurden. Schwierigkeiten bei der Freilassung von *Stethorus* sp. sehen McMURTRY et al. (1969) darin, den genauen Zeitpunkt des Einsetzens zu finden. Wird der Käfer zu früh eingesetzt, ist die Gefahr groß, dass er bei

Beutemangel flieht. Wird er zu spät eingesetzt, ist der Schaden schon zu groß. Auch RAWORTH (schriftliche Mitteilung, 2001) führt die Unstetigkeit als Grund dafür an, dass der Käfer in der Praxis nicht im Freiland ausgebracht wird. Als weiteres Problem nennen McMURTRY et al. (1969) den Kostenfaktor bei der Züchtung. Zumindest der letzte Punkt wurde gelöst, denn 1996 begann die kommerzielle Produktion von *S. punctillum*. Eingesetzt wird er vor allem zur erfolgreichen Bekämpfung von *T. urticae* an Pfeffer und Gurke im Gewächshaus (RAWORTH et al., 1998).

Sehr interessant könnten auch die räuberischen Blumen- und Weichwanzen für die Bekämpfung der Spinnmilbe sein. Besonders häufig traten Weichwanzen aus der Gattung *Deraeocoris* auf. In Zukunft sollte untersucht werden, inwieweit diese Arten regulierend wirken.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Räuber-Beute-Beziehung wichtiger Antagonisten zur Lindenspinnmilbe *Eotetranychus tiliarium* Hermann im Hinblick auf die biologische Spinnmilbenbekämpfung an Straßenbäumen zu untersuchen. Es wurde deutlich, wie komplex das tritrophe System Pflanze-Schädling-Nützling ist. Viele abiotische und biotische Einflussfaktoren bedingen Entwicklung, Vermehrung und räuberische Leistung. Besonders schwierig ist die Beschreibung der Standorte, deren Umfeldgestaltung die Populationsdynamik von Arthropoden beeinflussen kann. Es wird aber auch deutlich, dass durchaus Chancen für den biologischen Pflanzenschutz an Straßenbäumen bestehen. Denn dieses Biotop besitzt ein breites Artenspektrum mit vielen Nützlingen. Einige Antagonisten wurden neben *E. tiliarium* näher untersucht. Dabei wurden Ergebnisse zur Effektivität und zum Einsatz von Nützlingen erarbeitet. Trotzdem zeigt diese Arbeit nur Ausschnitte der Räuber-Beute-Beziehung auf. Wünschenswert sind weitere umfangreiche Untersuchungen auf diesem wenig erforschten Gebiet.

Folgende Ergebnisse können zusammengefasst werden:

1. An *Tilia* sp. trat als einzige Spinnmilbe *E. tiliarium* auf. Bei den Raubmilben wurden 9 Arten nachgewiesen. Für *Anthoseius foenilis* (Oudemans) und *Seiulus aceri* (Collyer) wurde der Erstnachweis für Deutschland und für letztere zusätzlich für ein Stadtgebiet erbracht. Dies beweist, dass populationsdynamische Erhebungen unbedingt notwendig und vorhandene Daten aus anderen Kulturen nicht ohne weiteres übertragbar sind.
2. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der untersuchten Raubmilbenarten war verschieden. Alle drei Arten entwickelten sich aber schneller als *E. tiliarium*. Hohe Spinnmilbendichten sind auf die hohe Reproduktion sowohl bei 20 °C als auch bei 13 °C zurückzuführen. Damit ist dieser Schädling in der Lage, schon zu Vegetationsbeginn oder bei niedrigeren Temperaturen im Sommer und Herbst hohe Populationen aufzubauen. *Amblyseius andersoni* (Chant) konnte sich dagegen bei 13 °C nur unzureichend vermehren. Unterschiede wurden auch zwischen der Reproduktion der Raubmilben festgestellt: *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) legte deutlich mehr Eier ab als *A. andersoni*. Dennoch war die Eiablage von *E. tiliarium* wesentlich höher.
3. Als Grund für die Anfälligkeit von *Tilia platyphyllos* L. wird die schnelle Vermehrung von *E. tiliarium* angenommen. Die Spinnmilbe legte auf dieser Art 12 Eier mehr ab als auf *Tilia cordata* Mill. Die Ursachen wurden allerdings nicht untersucht. Bei ihnen könnte es sich unter anderem um die Blattbehaarung und die Blatthaltsstoffe handeln. Für

- A. andersoni* konnten keine eindeutigen Unterschiede bezüglich der Biologie und der Fraßleistung in Abhängigkeit der Lindenart festgestellt werden. Aufgrund ihrer Abundanz, wird eine Bindung der Raubmilben an eine Lindenart angenommen. Diesbezüglich bedarf es weiterer Untersuchungen an Bäumen mit größerem Stichprobenumfang.
4. Die Fraßleistung von *A. andersoni* ist von der Temperatur abhängig. Es bestanden eindeutige Unterschiede zwischen 20 °C und 13 °C. Trotzdem war die Fraßleistung bei niedriger Temperatur im Vergleich zu der eingeschränkten Entwicklung hoch. Es wurde in dieser Arbeit bestätigt, dass nicht allein die Quantität eines Räubers für die Effektivität von Bedeutung ist. Am häufigsten trat *Euseius finlandicus* (Oudemans) auf, die in Laborversuchen jedoch weniger effektiv war. Die beste räuberische Leistung erbrachte *M. longipilus*. Für diese Art wurde ein Räuber-Beute-Verhältnis zwischen 1:20 und 1:30 errechnet, um eine ausreichende Bekämpfung der Spinnmilbe zu gewährleisten und gleichzeitig den Blattschaden unter 50 % zu halten.
 5. Eine Räuber-Beute-Beziehung für Raubmilben und *E. tiliarium* konnte an *T. platyphyllos* und *T. cordata* im Park festgestellt werden, aber nicht an den Straßenstandorten (*Tilia x europaea* 'Pallida'). Hier war die Verteilung der Raubmilben zwischen den Jahren und den Standorten nahezu gleichmäßig (maximal 0,1 Milbe/cm² Blattfläche). Damit scheinen sie sehr stabile und anpassungsfähige biologische Eigenschaften zu haben, zumal die gefundenen Arten nicht auf Spinnmilben als Nahrung angewiesen sind. Es wurde weder eine Abhängigkeit von der Gestaltung, noch vom Mikroklima oder der Nahrungsquelle *E. tiliarium* erkannt. Dagegen wird die Spinnmilbenpopulation von der Jahreswitterung und vom Umfeld beeinflusst. Vor allem die Winter- und Frühjahrestemperaturen scheinen von entscheidender Bedeutung zu sein. Der stärkste Befall wurde stets auf der sonnigen Hauptstraßenseite gefunden (1998: 9 Milben/cm² Blattfläche). Im Gegensatz dazu konnten sich in der Nebenstraße keine Populationen aufbauen.
 6. *S. punctillum* ist bei niedrigen Temperaturen gegenüber *E. tiliarium* in der Entwicklung benachteiligt. Die Entwicklung war bei 13 °C stark eingeschränkt, eine Eiablage wurde nicht beobachtet. *S. punctillum* zeichnet sich durch sehr hohe Fraßleistung aus, die mit der Beutedichte ansteigt. Die Fraßleistung der Imago und des L₄-Stadiums ergab keinen Unterschied. Die Vermutung, dass *S. punctillum* durch die starke Behaarung der Sommerlinde negativ beeinflusst wird, bestätigte sich nicht.
 7. *Stethorus punctillum* Weise erwies sich als Beutefolger und trat in Abhängigkeit von der Spinnmilbenpopulation auf. Insgesamt wurden relativ wenig Exemplare gefunden. Es wird davon ausgegangen, dass der Käfer nur einen Beitrag zur Spinnmilbenbekämpfung

leisten kann, aber einen Befall nicht kontrolliert. Es wurde erprobt, ob *S. punctillum* am Baum überwintern kann, um den Schädling zu Vegetationsbeginn regulieren zu können. Die Versuche verliefen positiv.

8. Es wird vermutet, dass Wanzen auch an der Regulierung von *E. tiliarium* teilhaben. Hier besteht allerdings weiterer Forschungsbedarf.

7 Literatur

- AMANO, H. und CHANT, D. A. (1977): Life history and reproduction of two species of predacious mites, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 55, 1978-1983.
- AMANO, H. und CHANT, D. A. (1986): Laboratory studies on the feeding habits, reproduction and development of three phytoseiid species, *Typhlodromus pomi*, *Phytoseius macropilis* and *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae), occurring on abandoned apple trees in Ontario, Canada. Exp. Appl. Acarol. 2 (4), S. 299-314.
- ATCHESON, W. C. (1953): An ecological study of three species of mites on American Linden. J. econ. ent. 46 (4), S. 705.
- BADEGANA, A. M. und PAYNE, V. K. (2000): The effect of leaf contents of N, P, K, Ca and Mg nutrients on the population of the two-spotted spider mite *Tetranychs urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Medelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent 65 (2a), S. 221-226.
- BALDER, H. (2002): Pflanzenschutz im Stadtgrün – Wohin führt der Weg? Gesunde Pflanzen 54, S. 209-217.
- BALDER, H., EHLEBRACHT, K. und MAHLER, E. (1997): Straßenbäume: Planen, Pflanzen, Pflegen. Patzer Verlag, Berlin und Hannover.
- BALDER, H., JÄCKEL, B. und HASSELMANN, K. (im Druck): Untersuchungen zur Populationsdynamik von Nützlingen an Straßenbäumen und Möglichkeiten der Nutzung im Rahmen biologischer Bekämpfungsstrategien. In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Reihe A: Angewandte Wissenschaft.
- BALDER, H., HASSELMANN, K., JÄCKEL, B. und PRADEL, B. (2001): Nützlinge im Straßengrün und Möglichkeiten ihrer Nutzung im biologischen Pflanzenschutz. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 13, S. 161-164.
- BAILEY, P. und CAON, G. (1986): Predation on twospotted mite, *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) by *Haplothrips victoriensis* Bagnall (Thysanoptera: Phlaeothripidae) and *Stethorus nigripes* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae) on seed lucerne crops in South Australia. Aust. J. Zool. 34, S. 515-525.
- BALL, J. C. (1980): Development, fecundity and prey consumption of four species of predaceous mites (Phytoseiidae) at two constant temperatures. Environ. Entomol. 9, S. 298-303.
- BANGKAN, H., XIAONAN, L. und SHOULING, S. (1988): Biological control of citrus red mite (*Panonychus citri*) by releasing *Stethorus siphonulus* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae) in southeast china. Acta Phytophylacica Sinica 15 (1), S. 1-6 (in chinesisches mit englischer Zusammenfassung).
- BAY, T., HOMMES, M. und PLATE, H.-P. (1993): Die Florfliege *Chrysoperla carnea* (Stephens). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin. Heft 288.
- BEARD, J. J. und WALTER, G. H. (2001): Host plant specificity in several species of generalist mite predators. Ecological Entomology 26, S. 562-570.

- BERKER, J. (1958): Die natürlichen Feinde der Tetranychiden. Z. ang. Ent. 43 (2), S. 115-172.
- BOGATKO, W. (1990): Przhdziorek lipowiec – groźny szkodnik lip w nasadzeniach miejskich; poln. Ochrona Roslin 8, S. 15-17.
- BÖHM, H. (1960): Untersuchungen über Spinnmilben in Österreich. Pflanzenschutzberichte 25, S. 23-46.
- BOLLER, E. (1978a): Abschätzung des Spinnmilbenrisikos und Schonung der Raubmilben im ostschweizerischen Weinbau. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- Weinbau 114, S. 257-264.
- BOLLER, E. (1978b): Zunehmende Aktualität von Raubmilben im Weinbau. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- Weinbau 114, S. 87-91.
- BOLLER, E. und REMUND, U. (1986a): Der Rebberg als vielfältiges Agro-Ökosystem. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- Weinbau 122, S. 45-50.
- BOLLER, E. und REMUND, U. (1986b): Methoden der Raubmilben-Ansiedlung in Rebbergen der Ostschweiz. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- Weinbau 122, S. 287-291.
- BOZAI, J. und BREM, A. S. (1996): Life history and natural rate of increase of *Typhlodromus tiliarum*, *Typhlodromus longipilus*, *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) and their prey *Schizotetranychus tiliarum* (Acari: Tetranychidae). Medelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent (Belgium) 61 (3b), S. 999-1006.
- BRAVENBOER, L. (1959): De chemische en biologische bestrijding van de Spintmijt *Tetranychus urticae* Koch. Publikatie van het Proefstation voor de Groenten – en Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk. Dissertation.
- BRAVENBOER, L. und DOSSE, G. (1962): *Phytoseiulus riegeli* Dosse als Prädator einiger Schadmilben aus der *Tetranychus urticae*-Gruppe. Entomologia exp. appl. 5, S. 291-304.
- BREM, A. S. und BOZAI, J. (1996): Effect of temperature and humidity on the development of the predaceous mites *Typhlodromus tiliarum*, *Typhlodromus longipilus*, *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) and their prey *Schizotetranychus tiliarum* (Acari: Tetranychidae). Medelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent (Belgium) 61 (3a), S. 703-708.
- BREM, A. S. (1999): Predaceous insects occurring on lime trees in Keszthely (Hungary), with reference to their abundance. Medelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent (Belgium) 64 (3a), S. 219-227.
- BROD, H.-G., (1991), (Hrsg.): Straßenbäumschäden – Ursachen und Wirkungen. ECOMED Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg/Lech.
- BROHMER, P., EHRMANN, P. und ULMER, G. (1961): Die Tierwelt Mitteleuropas. Heteroptera, Hemiptera. Verlag von Quelle und Meyer, Leipzig.

- BROUFAS, G. D. und KOVEOS, D. S. (2000): Effect of different pollens on development, survivorship and reproduction of *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae). *Environ. Entomol.* 29 (4), S. 743-749.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2000), (Hrsg.): Statusbericht „Biologischer Pflanzenschutz“.
- BURELL, R. W. und McCORMICK, W. J. (1964): *Typhlodroms* and *Amblyseius* (Acarina: Phytoseiidae) as predators on orchard mites. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, S. 483-487.
- CHARLET, L. D. und McMURTRY, J. A. (1977): Systematics and bionomics of predaceous and phytophagous mites associated with pine foliage in California. *Hilgardia* 45 (7), S. 173-236.
- CHINERY, M. (1984): Insekten Mitteleuropas. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- CHINERY, M. (1993): Pareys Buch der Insekten. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- COLBURN, R. und ASQUITH, D. (1971): Observations on the morphology and biology of the ladybird beetle *Stethorus punctum*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 64 (6), S. 1217-1220.
- COLLYER, E. (1953): Biology of some predatory insects and mites associated with the fruit tree red spider mite (*Metatetranychus ulmi* (Koch)) in South-eastern England. IV. The predator-mite relationship. *Jour. Hort. Sci.* 28, S. 246-259.
- CONGDON, B. D., SHANKS, C. H., Jr. und ANTONELLI, A. L. (1993): Population interaction between *Stethorus punctum picipes* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in red raspberries at low predator and prey densities. *Environmental Entomology* 22 (6), S. 1302-1307.
- CROFT, B. A. und CROFT, M. B. (1996): Intra- and interspecific predation among adult female phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae): Effects on survival and reproduction. *Environmental Entomology* 25 (4), S. 853-858.
- CROFT, B. A. und MACRAE, I. V. (1992): Biological control of apple mites by mixed populations of *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) and *Typhlodromus pyri* (Scheuten) (Acari: Phytoseiidae): *Environmental Entomology* 21, S. 202-209.
- CROFT, B. A. und ZHANG, Z. Q. (1994): Walking, feeding and interspecific interaction of larvae of *Metaseiulus occidentalis*, *Typhlodromus pyri*, *Neoseiulus fallacis*, *Amblyseius andersoni* held with and without eggs of *Typhlodromus pyri* Koch. *Exp. Appl. Acarol.* 18, S. 567-580.
- CROFT, B. A., KIM, S. S. und KIM, D. I. (1996): Intra- and interspecific predation on four life stage groups *Metaseiulus occidentalis*, *Typhlodromus pyri*, *Neoseiulus fallacis*, *Amblyseius andersoni*. *Exp. Appl. Acarol.* 20 (8), S. 435-444.
- CROFT, B. A., LUH, H.-K. und SCHAUSBERGER, P. (1999): Larval size relative to larval feeding, cannibalism of larvae, egg or adult female size and larval-adult setal patterns among 13 phytoseiid mite species. *Exp. Appl. Acarol.* 23, S. 599-610.
- DECKERT, J. (1998), (Schriftliche Mitteilung): Kurzbericht über Untersuchungen von Wanzen aus Proben von Stadtbäumen in Berlin.
- DICKE, M. (1988): Prey preference of the phytoseiid mite *Typhlodromus pyri*. 1. Response to volatile kairomones. *Exp. Appl. Acarol.* 4, S. 1-13.

- DOSSE, G. (1955): Aus der Biologie der Raubmilbe *Typhlodromus cucumeris* (Oud.) (Acar., Phytoseiidae). Zeitschr. Pflanzenkrankh. 62, S. 593-598.
- DOSSE, G. (1956): Über die Entwicklung einiger Raubmilben bei verschiedenen Nahrungstieren (Acar., Phytoseiidae). Pflanzenschutzberichte 16, S. 122-136.
- DUSO, C. und CAMPORESE, P. (1991): Developmental times and oviposition rates of predatory mites *Typhlodromus pyri* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae) reared on different foods. Exp. Appl. Acarol. 13, S. 117-128.
- DUSO, C. und VETTORAZZO, E. (1999): Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 23, S. 741-763.
- ENGEL, V. R. und OHNESORGE, B. (1994a): The role of alternative food and microclimate in the system *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari, Phytoseiidae) - *Panonychus ulmi* Koch (Acari, Tetranychidae) on grape vines. I. laboratory investigations. J. Appl. Ent., S. 129-150.
- ENGEL, V. R. und OHNESORGE, B. (1994b): The role of alternative food and microclimate in the system *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acari, Phytoseiidae) - *Panonychus ulmi* Koch (Acari, Tetranychidae) on grape vines. II. Field experiments. J. Appl. Ent., S.118-224-238.
- ESPINHA, I. G. und TORRES, L. M. (1995): Estudo sobre o papel de *Stethorus punctillum* Weise na luta contra *Panonychus ulmi* (Koch) em macieira, na região de Vila Real (Nordeste de Portugal). Bol. San. Veg. Plagas 21, S. 337-347 (in portugiesisch mit englischer Zusammenfassung).
- EVELEIGH, E. S. und CHANT, D. A. (1982a): Experimental studies on acarine predator-prey interactions: I. The effects of predator density on prey consumption, predator searching efficiency, and the functional response to prey density (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 60 (4), S. 611-629.
- EVELEIGH, E. S. und CHANT, D. A. (1982b): Experimental studies on acarine predator-prey interactions: II. The effects of predator density on immature survival, adult fecundity and emigration rates, and the numerical response to prey density (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 60 (4), S. 630-638.
- EVELEIGH, E. S. und CHANT, D. A. (1982c): Experimental studies on acarine predator-prey interactions: III. The response to prey distribution in an homogeneous area (Acarina: Phytoseiidae). Can. J. Zool. 60 (4), S. 639-647.
- FAUVEL, G. und ATGER, P. (1981): Evolution of predaceous insects and their relationships with *Psylla pyri* and *Panonychus ulmi* in two pear orchards of southern france in 1979. Agronomie Paris 1 (9), S. 813-820.
- FELLAND, C. M., BIDDINGER, D. J. und HULL, L. A. (1995): Overwintering emergence and trapping of adult *Stethorus punctum punctum* (Coleoptera: Coccinellidae) in Pennsylvania apple orchards. Environmental Entomology 24 (1), S. 110-115.
- FLÜCKIGER, W., SURY, R. v. und BRAUN, S. (1991). In: BROD, H.-G. (Hrsg.): Straßenbaumschäden. Ursachen und Wirkungen. Landsberg/Lech. Auswirkungen von Verkehrsimmissionen auf den Schadorganismenbefall von Straßenrandgehölzen. S. 41-49.

- FRANKIE, G. W. und EHLER, L. E. (1978): Ecology of insects in urban environments. *Ann. Rev. Entomol.* 23, S. 367-387.
- FREIER, B. (1993): Nutzensschwellen für Schädlingsfeinde in Agrar-Ökosystemen – eine neue Kategorie von Schwellenwerten und Entscheidungshilfen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 45, S. 123-126.
- FREIER, B., TRILTSCH, H. und GOSELKE, U. (1999a): Die Dimensionen der natürlichen Kontrolle von Getreideblattläusen durch Prädatoren. *Gesunde Pflanzen* 51, S. 55-71.
- FREIER, B., GOTTWALD, R., BAUFELD, P., KARG, W. und STEPHAN, S. (1992): Integrierter Pflanzenschutz im Apfelanbau. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin. Heft 278.
- FREIER, B., VOLKMAR, C., KREUTER, T., TRILTSCH, H., STARK, A. und FORSTER, R. (1999b): Nützlinge als Bioindikatoren für die ökologischen Auswirkungen des Pflanzenschutzes in Feldstudien – Methoden und die Probleme bei der Interpretation der Daten. *Anz. Schädlingkunde* 72, S. 5-11.
- FREUDE, H., HARDE, K. W. und LOHSE, G. A. (1967): Die Käfer Mitteleuropas. Verlag Goecke und Evers, Krefeld. Bd. 7, S. 227-278.
- FRIEDRICH, G. und RODE, H. (1996): Pflanzenschutz im integrierten Obstbau. E. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- FRITZSCHE, R. (1958): Zur Kenntnis der Raubinsekten von *Tetranychus urticae* Koch. *Beitr. Ent.* 8, S. 716-724.
- FRITZSCHE, R. (1964): Pflanzenschädlinge. Milben. Neumann Verlag, Radebeul. Bd. 3.
- GALLI, P., EPP, P., BRANDT, H. J., FRIED, A., MARTIN, G., GERNOTH, H. und TRAUTMANN, M. (1993): Raubmilben in Apfelanlagen von Baden-Württemberg. *Obstbau* 18 (9). S. 426-429.
- GARCIA-MARI, F. und GONZALEZ-ZAMORA, J. E. (1999): Biological control of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valencia, Spain. *Exp. Appl. Acarol.* 23, S. 487-495.
- GATE, J. M., McNEILL, S. und ASHMORE, M. R. (1995): Effects of air pollution on the searching behaviour of an insect parasitoid. *Water, air and soil pollution* 85, S. 1425-1430.
- GERLACH, S. und SENGONCA, C. (1987): Einfluß unterschiedlicher Temperaturen auf die Entwicklung, Lebensdauer und Fruchtbarkeit des räuberischen Thrips *Scolothrips longicornis* Priesner (Thysanoptera: Thripidae). *Mitteilungen der deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 5 (1-4), S. 206-207.
- GLEN, D. M. (1977): Predation of colding moth eggs *Cydia pomonella*, the predators responsible and their alternative prey. *J. Appl. Ecol.* 14 (2), S. 445-456.
- GERNOTH, H. (1988): Bedeutung von Raubmilben und Nutzinsekten für die Spinnmilbenbekämpfung. *Obstbau* 13 (1), S. 16-18.

- GOTOH, T. (1987): Life-history parameters of two species of the genus *Eotetranychus* (Acarina: Tetranychidae) on deciduous trees. *Appl. Ent. Zool.* 22 (1), S. 45-51.
- GOTOH, T. (1988): Annual life cycles of two populations of *Eotetranychus tiliarium* (Hermann) (Acarina: Tetranychidae) on different alder trees. *Appl. Ent. Zool.* 23 (3), S. 304-312.
- GUTIERREZ, J. (1985): Systematics. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg): Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1A, S. 75-90.
- GUTIERREZ, J. und HELLE, W. (1985): Evolutionary changes in the Tetranychidae. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg): Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1A, S. 91-107.
- HANEY, P. B., LUCK, R. F. und MORENO, D. S. (1987): Increases in densities of the citrus red mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae), in association with the argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Hymenoptera: Formicidae), in southern California citrus. *Entomophaga* 32, S. 49-57.
- HAUB, G., STELLWAAY-KITTLER, F. und HASSAN, S. A. (1983): Zum Auftreten der Florfliege *Chrysoperla carnea* (Stephens) als Spinnmilbenräuber in Rebanlagen. *Die Weinwissenschaft* 38, S. 195-201.
- HELLE, W. und SABELIS, M. W. (1985), (Hrsg.): Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1A.
- HENNEBO, D. (1960): Bäume und Großsträucher. Patzer Verlag, Berlin und Hannover.
- HEIMER, S. und NENTWIG, W. (1991): Spinnen Mitteleuropas. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- HILL, G. K. und SCHLAMP, H. A. (1985): Über den Nutzen der Nützlinge im Weinbau. *Der Deutsche Weinbau* 40, S. 437-439.
- HILL, G. K. und SCHLAMP, H. A. (1986): Untersuchungen zur Einbürgerung von Raubmilben *Typhlodromus pyri* Scheuten (Acarina Phytoseiidae) im Anbaugebiet Rheinhessen. *Die Weinwissenschaft* 41, S. 333-344.
- HISLOP, R. G. und PROKOPY, R. J. (1981): Mite predator responses to prey and predator-emitted stimuli. *Journal of chemical ecology*, 7 (5), S. 895-904.
- HO, C. C. und CHEN, W. H. (2002): Evaluation of feeding and ovipositing responses of *Oligota flavicornis* (Coleoptera: Staphylinidae) to amounts of Kanzawa spider mite eggs (Acari: Tetranychidae). *Plant Protection Bulletin Taichung* 44 (1), S. 15-20.
- HOFFLAND, E., DICKE, M., VAN TINTELEN, W., DIJKMAN, H. und VAN BEUSICHEM, M. L. (2000): Nitrogen availability and defense of tomato against tow-spotted spider mite. *Journal of chemical ecology* 26 (12), S. 2697-2711.
- HOLTZER, T. O., NORMAN, J. M., PERRING, T. M., BERRY, J. S. und HEINTZ, J. C. (1988): Effects of microenvironment on the dynamics of spider mite populations. *Exp. Appl. Acarol.* 4, S. 247-264.
- HOUCK, M. A. (1991): Time and resource partitioning in *Stethorus punctum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 20 (2), S. 494-497.

- HOYING, S. A. and CROFT, B. (1977): Comparisons between populations of *Typhlodromus longipilus* Nesbitt and *T. occidentalis* Nesbitt: Taxonomy, distribution, and hybridization. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 70, S. 150-159.
- HUFFAKER, C. B., VAN DE VRIE, M. und McMURTRY, J. A.; (1970): II. Tetranychid populations and their possible control by predators: an evaluation. *Hilgardia* 40 (11), S. 391-458.
- HULL, L. A., ASQUITH, D. und MOWERY, P. D. (1976): Distribution of *Stethorus punctum* in relation to densities of the european red mite. *Environmental Entomology* 5 (2), S. 337-342.
- HULL, L. A., ASQUITH, D. und MOWERY, P. D. (1977a): The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of the european red mite. *Environmental Entomology* 6 (1), S. 85-90.
- HUMMEL, R. L., BRANDENBURG, R. L., HEAGLE, A. S. und ARELLANO, C. (1998): Effects of ozone on reproduction of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on white clover. *Environmental Entomology* 27 (2), S. 388-394.
- JÄCKEL, B. (1999): Methoden des biologischen Pflanzenschutzes als Beitrag zum integrierten Pflanzenschutz in der Großstadt. *Gesunde Pflanzen* 51, S. 167-175.
- JÄCKEL, B., BALDER, H. und HASSELMANN, K. (2002): Möglichkeiten zur Förderung und zum Einsatz von Nützlingen an Stadtbäumen. *Gesunde Pflanzen* 54, S. 1-9.
- KAPUR, A. P. (1948): On the old world species of the genus *Stethorus* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Bull. Entomol. Res.* 39, S. 297-320.
- KARG, W. (1972): Untersuchungen über die Korrelation zwischen dominierenden Raubmilbenarten und ihrer möglichen Beute in Apfelanlagen. *Arch. Pflanzenschutz* 8, S. 29-52.
- KARG, W. (1990): Biologie der Raubmilben und ihre Bedeutung im integrierten Pflanzenschutz. *Nachrichtenblatt Pflanzenschutz*, 44 (9), S. 207-209.
- KARG, W. (1991): Bedeutung und Einsatzmöglichkeiten oligophager Raubmilben im Gartenbau. *Taspo-Magazin* 18 (3), S. 14-16.
- KARG, W. (1993): Raubmilben. In: *Die Tierwelt Deutschlands*, 59. Teil. Gustav Fischer Verlag, Jena Stuttgart New York.
- KARG, W. (1994): Raubmilben, nützliche Regulatoren im Naturhaushalt. *Die Neue Brehm-Bücherei. Westarp Wissenschaften, Magdeburg.* Bd. 624.
- KARG, W. (1999), (Schriftliche Mitteilung): Bericht über Untersuchungen von Raubmilben aus Proben von Straßenbaumstandorten in Berlin.
- KLAUSNITZER, B. (1997): Marienkäfer. *Die Neue Brehm-Bücherei. Westarp Wissenschaften, Magdeburg.* Bd. 451.
- KLAUSNITZER, B., RICHTER, K. und LEHNERT, J. (1980): Zur Insektenfauna der Parkanlage am Schwanenteich im Zentrum von Leipzig. *Hercynia* 17 (2), S. 213-224.

- KOEHLER, C. S. und FRANKIE, G. W. (1968): Distribution and seasonal abundance of *Oligonychus subnudus* on Monterey Pine. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 61 (6), S. 1500-1506.
- KOLODOCHKA, L. A. und VASSILIEVA, G. (1996): Raubmilben der Phytoseiidae-Gattung auf Obstbäumen in Kiew. Urbanised envelopment: nature protection and public health, Konferenz 1996 in Kiew, S. 191-193.
- KRÄMER, P. (1961): Untersuchungen zur Wirkung einiger Arthropoden auf Raubmilben (Acari). *Z. f. angew. Zoologie* 48, S. 257-311.
- KRIEG, A. und FRANZ, J. M. (1989): Lehrbuch der biologischen Schädlingsbekämpfung. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- KROPCZYNSKA, D., VAN DE VRIE, M. und TOMCZYK, A. (1985): Woody ornamentals. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg.): Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1B, S. 385-393.
- KROPCZYNSKA, D., VAN DE VRIE, M. und TOMCZYK, A. (1988): Bionomics of *Eotetranychus tiliarium* and its phytoseiid predators. *Exp. Appl. Acarol.* 5, S. 65-81.
- KUCHLEIN, J. H. (1966): Mutual interference among the predacious mite *Typhlodromus longipilus* Nesbitt (Acari: Phytoseiidae). I. Effect of predator density on oviposition rate and migration tendency. *Meded. Rijksfac. Lanbouwwet. Gent* 31, S. 740-746.
- KÜHN, R. (1961): Die Straßenbäume. Patzer Verlag, Berlin und Hannover.
- KÜHNELT, W. (1977): Die Grünflächen der Städte und ihre Tierwelt (Mit besonderer Berücksichtigung des Ressiparks in Wien). In: *Stadtökologie, Tagungsber.*, 3. Fachtagung d. Ludwig-Boltzmann-Inst. Graz, S. 69-77.
- LARSON, K. C. und BERRY, R. E. (1984): Influence of peppermint phenolics and monoterpenes on twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Environmental Entomology* 13 (1), S. 282-285.
- LEH, H.-O. (1993): Straßenbaumschäden: Ursachen, Gegenmaßnahmen. Auswirkungen innerstädtischer Belastungsfaktoren auf Straßenbäume und Möglichkeiten zur Verbesserung der Standort- und Entwicklungsbedingungen. *Das Gartenamt* 42, S. 659-663, 746-749.
- LONGARDT, B. und BALDER, H. (1991): Milben als Schädlinge und Nützlinge an Straßenbäumen. *TASPO-Magazin*, Heft 3, S. 8-10.
- McMURTRY, J. A. und JOHNSON, H. G. (1966): An ecological study of the spider mite *Oligonychus punicae* (Hirst) and its natural enemies. *Hilgardia* 37 (11), S. 363-402.
- McMURTRY, J. A. und SCRIVEN, G. T. (1966): The influence of pollen and prey density on the number of prey consumed by *Amblyseius hibisci* (Chant) (Acari: Phytoseiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 59 (2), S. 147-149.
- McMURTRY, J. A.; HUFFAKER, C. B. und VAN DE VRIE, M. (1970): I. Tetranychid Enemies: Their Biological Characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40 (11), S. 331-390.

- McMURTRY, J. A., JOHNSON, H. G. und SCRIVEN, G. T. (1969): Experiments to determine effects of mass releases of *Stethorus picipes* on the level of infestation of the avocado brown mite. Jour. Econ. ent. 62, S. 1216-1221.
- McMURTRY, J. A.; MORSE, J. G. und JOHNSON, H. G. (1992): Studies on the impact of *Euseius* species (Acarina: Phytoseiidae) on citrus mites using predator exclusion and predator release experiments. Exp. Appl. Acarol. 15 (4), S. 233-248.
- MEYER, F. H. (1982): Bäume in der Stadt. E. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- MORI, H. und CHANT, D. A. (1966): The influence of humidity on the activity of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and its prey *Tetranychus urticae* C. L. Koch (Acarina: Phytoseiidae, Tetranychidae). Can. J. Zool. 44, S. 863-871.
- MOTER, G. (1959): Untersuchungen zur Biologie von *Stethorus punctillum* Weise. Dissertation.
- MOWERY, P. D., ASQUITH, D. und BODE, W. M. (1975): Computer simulation of european red mite. J. econ ent. 68 (2), S. 250-254.
- NIEMCZYK, E. (1999): Occurrence and effectiveness of some predatory bugs (Heteroptera) in apple orchards. In: IOBC/wprs Bulletin 22 (7), S. 21-29.
- NIKUSCH, I. W. und DIEHL, U. (1992): Untersuchungen zur Raubmilbenfauna von Obstanlagen in Mittelbaden. Gesunde Pflanzen 44, S. 187-189.
- OBERHOFER, H. (1984): Bekämpfung der Spinnmilben mit Hilfe der Kugelkäfer. Obstbau und Weinbau 21 (6), S. 163-167.
- OLTHOFF, T. (1986): Untersuchungen zur Insektenfauna Hamburger Straßenbäume. Entomologische Mitt. aus dem Zool. Museum Hamburg 8, S. 213-229.
- OVERMEER, W. P. J. (1985): Alternative prey and other food resources. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg.): Spider mites. Their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1B, S. 131-139.
- OVERMEER, W. P. J. und VAN ZON, A. Q. (1984): The preference of *Amblyseius potentillae* (Garman) (Acarina: Phytoseiidae) for certain plant substrates. Proc. 6th Int. Congr. Acarol., Edinburgh, U. K., 1982, Vol. 1, S. 591-596.
- PRADEL, B., JÄCKEL, B. und BALDER, H. (1997): Nützlinge an Straßenbäumen. Stadt und Grün 10, S. 699-708.
- PUTMAN, W. L. (1955): Bionomics of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. The Canadian Entomologist 87, S. 9-33.
- PUTMAN, W. L. (1959): Hibernation sites of phytoseiids (Acarina: Phytoseiidae) in Ontario peach orchards. The Canadian Entomologist 91, S. 735-741.
- PUTMAN, W. L. und HERNE, D. H. C. (1966): The role of predators and other biotic agents in regulating the population density of phytophagous mites in Ontario peach orchard. The Canadian Entomologist 98, S. 808-820.
- RAWORTH, D. A. (2001), (Schriftliche Mitteilung): Zum möglichen Einsatz von *Stethorus punctillum* Weise in der Praxis.

- RAWORTH, D. A., WHISTLECRAFT, J. und GILLESPIE, D. (1998): A lady beetle for mite control. *Pest Management News* 9 (4).
- READSHAW, J. L. (1971): An ecological approach to the control of mites in Australian orchards. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 37, S. 226-230.
- READSHAW, J. L. (1975): Bionomics of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. *Can. Entomol.* 87, S. 9-33.
- REEVES, M. (1963): Tetranychidae infesting woody plants in New York State, and a life history of the elm spider mite, *Eotetranychus mathyssei* n. sp. *Cornell Univ. Agric. Exp. Stn., Mem.* 380, S. 1-99.
- ROTT, A. S., und PONSONBY, D. J. (2000): The effects of temperature, relative humidity and host plants on the behaviour of *Stethorus punctillum* as a predator of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *BioControl* 45, S. 155-164.
- SABELIS, M. W. (1981): Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I: Modelling the predator-prey interaction at the individual level. *Agricultural Research Reports* 910, Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- SABELIS, M. W. (1985a): Development. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg.): *Spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1B, S. 43-53.
- SABELIS, M. W. (1985b): Reproduktion. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg.): *Spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1B, S. 73-82.
- SABELIS, M. W. und VAN DE BAAN, H. E. (1983): Location of distant spider mite colonies by phytoseiid predators: Demonstration of specific kairomones emitted by *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi*. *Ent. exp. & app.* 33, S. 303-314.
- SAITO, Y. (1985): Life types of spider mites. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg.): *Spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam. Vol. 1A, S. 253-264.
- SCHAUSBERGER, P. (1991): Vergleichende Untersuchungen zum Lebensverlauf, die Erstellung von Lebensstadien und die Vermehrungskapazität von *Amblyseius abberans* Oud. und *Amblyseius finlandicus* Oud. (Acari: Phytoseiidae). *Pflanzenschutzberichte* 52 (2), S. 53-71.
- SCHAUSBERGER, P. (1992a): Investigations on the influence of the predator population density on the rate of oviposition in *Amblyseius finlandicus* Oud. (Acari: Phytoseiidae). *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 65 (2), S. 36-39.
- SCHAUSBERGER, P. (1992b): Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss unterschiedlicher Nahrung auf die Präimaginalentwicklung und die Reproduktion von *Amblyseius abberans* Oud. und *Amblyseius finlandicus* Oud. (Acarina, Phytoseiidae). *J. Appl. Ent.* 113 (5), S. 476-486.
- SCHAUSBERGER, P. (1998): The influence of relative humidity on egg hatch in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus abberans* (Acari: Phytoseiidae). *J. Appl. Ent.* 122, S. 497-500.

- SCHELL, E. und FRIED, A. (1997): Raubmilben – Übertragung in der Vegetationsruhe. *Obstbau* 22 (9), S. 444-447.
- SCHLISSKE, J. (1989): Milben an Gehölzen. Zur Notwendigkeit der Bekämpfung an Baumschulgehölzen. *Deutsche Baumschule* 41 (3), S. 128-130.
- SCHÖNBECK, F., KLINGAUF, F. und KRAUS, P. (1988): Situation, Aufgaben und Perspektiven des Biologischen Pflanzenschutzes. *Gesunde Pflanzen* 3, S. 86-96.
- SCHRÖDER, W. O. (1989): Vorzeitiger Laubabfall bei Linden. *Landw. Z. Rheinl.* 156 (38), S. 2314.
- SCHRUF, G. (1967): Das Vorkommen räuberischer Milben aus der Familie Phytoseiidae (Acari; Mesostigmata) an Reben. III. Beitrag über Untersuchungen zur Faunistik und Biologie der Milben (Acari) an Kultur-Reben (*Vitis* sp.). *Die Weinwissenschaft* 22, S. 184-201.
- SCHRUF, G. (1985): Grape. In: HELLE, W. und SABELIS, M. W. (Hrsg.): *Spider mites. Their biology, natural enemies and control.* Elsevier, Amsterdam. Vol. 1B, S. 359-366.
- SCHWENKE, W. (1972): *Die Forstschädlinge Europas.* Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin. Bd 1.
- SEKEROGLU, E. und YIGIT, A. (1992): Life table of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) at different temperatures. *Türk. entomol. derg.* 16 (4), S. 193-198.
- SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, UMWELTSCHUTZ UND TECHNOLOGIE (1999): Luftgütemessdaten 1999. Luftverunreinigungen in Berlin.
- SENGONCA, C. (2001), (Schriftliche Mitteilung): Zum möglichen Einsatz von *Stethorus punctillum* Weise in der Praxis.
- SENGONCA, C. und COEPPICUS, C. (1985): Fraßaktivität von *Chrysoperla carnea* (Stephens) gegenüber *Tetranychus urticae* Koch. *Z. f. angew. Zoologie* 72 (3), S. 335-342.
- SENGONCA, C. und SCHARWÄCHTER, R. (1993), (Hrsg.): Großräumige Freilassung und Wiedereinbürgerung von Raubmilben zur Bekämpfung von Schadmilben in nordrheinischen Erwerbsapfelanlagen. Forschungsbericht der Landwirtschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität, 12.
- SENICZAK, S., DABROWSKI, J. und DLUGOSZ, J. (1993): The mites (Acari) of an old scots pine forest polluted by a nitrogen fertilizer factory at Wloclawek (Poland) I. *Zool. Beitr. N. F.* 35 (1), S. 3-17.
- SENICZAK, S., DABROWSKI, J. und DLUGOSZ, J. (1997): Effect of copper smelting air pollution on the mites (Acari) associated with young scots pine forests polluted by a copper smelting works at Giogow, Poland. I. *Arboreal mites. Water, air and soil pollution* 94, S. 71-84.
- SOLOMON, M. G. (1982): Phytophagous mites and their predators in apple orchards. *Annals of applied biology* 101, S. 143-203.

- STEINER, H. (1987): Untersuchungen zur natürlichen Spinnmilbenbegrenzung durch Raubmilben (*Typhlodromus pyri* Scheuten) im Weinbaugebiet Württemberg. Dissertation.
- SUKOPP, H. (1990), (Hrsg.): Stadtökologie – Das Beispiel Berlin. D. Reimer Verlag, Berlin.
- SZABONE KOMLOVSZKY, I. und MARKO J. (1977): Study of a mite population living in a natural biocoenosis. Növényvedelem 13: S. 101-106 (in ungarisch mit englischer Zusammenfassung).
- VIETMEIER, A., HOMMES, M. und PLATE, H.-P. (1996): Einige wichtige Vertreter der räuberischen Blumenwanzen (Heteroptera: Anthocoridae) und ihre Eignung zur biologischen Schädlingsbekämpfung. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin. Heft 325.
- VOGT, H. (1995): Raubmilben als natürliche Gegenspieler der Obstbaumspinnmilbe. Forschungsreport Ernährung, Landwirtschaft, Forsten 12, S. 20-22.
- WAGNER, E. (1952): Blindwanzen oder Miriden. In: Die Tierwelt Deutschlands, 41. Teil. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- WAGNER, E. (1966): Wanzen oder Heteropteren. In: Die Tierwelt Deutschlands, 54. Teil. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- WALDNER, W. (1988): Auswirkungen des integrierten Pflanzenschutzes in Südtirol auf die Nützlingsfauna. In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Angewandte Wissenschaft, Schonung und Förderung von Nützlingen. Landwirtschaftsverlag GmbH. Heft 365, S. 244-261.
- WALTERS, P. J. (1974): A method for culturing *Stethorus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae). Aust. ent. Soc. 13, S. 245-246.
- WETZEL, T., HOLZ, F. und STARK, A. (1987): Bedeutung von Nützlingspopulationen bei der Regulation von Schädlingspopulationen im Getreidebestand. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 39, S. 1-7.
- WYSS, E (1993): Ökologischer Ausgleich in Obstanlagen: Wildkräuter lotsen die Nützlinge in Obstanlagen. UFA-Revue 11/93, S. 17-18.
- WYSS, E.; NIGGLI, U. und NENTWIG, W. (1995): The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. J. Appl. Ent. 119, S. 473-478.
- ZACHER, F. (1922): Biologie, wirtschaftliche Bedeutung und Bekämpfung der Spinnmilben. Verh. Deutsch. Ges. Angew. Entomol. E. V. 3, S. 5-10.
- ZAHRADNIK, J. (1985): Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
- ZHANG, Z. Q. und CROFT B. A. (1995): Interspecific predation on four life stage groups by the adult *Metaseiulus occidentalis*, *Typhlodromus pyri*, *Neoseiulus fallacis* and *Amblyseius andersoni*. Exp. Appl. Acarol. 19 (5), S. 247-257.

-
- ZHAO, Z. und McMURTRY, J. A. (1990): Development and reproduction of three *Euseius* (Acari: Phytoseiidae) species in the presence and absence of supplementary foods. *Exp. Appl. Acarol.* 8 (5), S. 233-242.

8 Anhang

Tab. A1: Durchschnittstemperaturen der Monate Mai und August aus 10 Jahren (1988-1997), Dahlem.

	Temperatur [°C] im Mai	Temperatur [°C] im August
1988	15,8	17,4
1989	14,9	17,5
1990	14,9	18,8
1991	10,4	18,2
1992	15,3	19,8
1993	16,2	16,1
1994	13,4	18,5
1995	13,2	19,5
1996	12,0	18,6
1997	13,6	21,2
Durchschnitt	14,0	19,0

Tab. A2: Mittlerer Saugschaden [%] an *Tilia x vulgaris`Pallida`*, 1999 und 2000
(KW=Kalenderwoche).

1999	18. KW	22. KW	25. KW	29. KW	33. KW	37. KW
Hauptstraße sonnig	0	0	0	0	0	5
Hauptstraße schattig	0	0	0	0	0	0
Nebenstraße	0	0	0	0	0	0
2000	17. KW	23. KW	27. KW			
Hauptstraße sonnig	0	5	20			
Hauptstraße schattig	0	0	7			
Nebenstraße	0	0	5			

Tab. A5: Nachgewiesene räuberisch lebende Wanzen und die Verteilung der Individuenzahlen an *Tilia* sp. (n=283) und *Quercus* sp. (n=64), 1998-2000.

Familie		Linde	Eiche
Anthocoridae	<i>Anthocoris nemoralis</i> F.	5	0
	<i>Anthocoris sibiricus</i> H.S.	1	0
	<i>Anthocoris nemorum</i> (L.)	2	0
	<i>Anthocoris confusus</i> Reut.	25	12
	<i>Orius minutus</i> (Linnaeus)	15	0
	<i>Orius vicinus</i> (Rib.)	8	0
	Miridae	<i>Adelphocoris lineolatus</i> (Goeze)	1
<i>Blepharidopterus angulatus</i> Fall.		5	0
<i>Campyloneura virgula</i> (H.S.)		4	0
<i>Cyllecoris histrionicus</i> (Linnaeus)		0	2
<i>Cyrtopeltis geniculata</i> Fieb.		1	0
<i>Deraeocoris flavilinea</i> (Costa)		66	1
<i>Deraeocoris lutescens</i> (Schill.)		80	14
<i>Dryophilicoris flavoquadrimaculatus</i> Deg.		0	1
<i>Heterotoma planicornis</i> (Pallas)		1	0
<i>Liocoris tripustulatus</i> (Fabricius)		1	0
<i>Lygocoris viridis</i> Fall.		9	0
<i>Lygus rugulipennis</i> Popp.		3	1
<i>Malacocoris chlorizans</i> Panz.		2	1
<i>Megacoelum infusum</i> H.S.		4	0
<i>Orthotylus nassatus</i> F.		6	1
<i>Orthotylus tenellus</i> Fall.		2	3
<i>Orthotylus viridinervis</i> Kb.		4	0
<i>Phoenicocoris obscurellus</i> (Fallén)		2	0
<i>Phylus melanocephalus</i> (L.)		0	8
<i>Phytocoris populi</i> (L.)		2	0
<i>Phytocoris tiliae</i> F.		6	0
<i>Pilophorus clavatus</i> (Linnaeus)		1	0
<i>Pilophorus perplexus</i> Dgl.Sc.		0	1
<i>Pinalitus cervinus</i> H.S.		11	0
<i>Psallus albicinctus</i> (Kirschbaum)		0	1
<i>Psallus lepidus</i> Fb.		1	1

	<i>Psallus perrisi</i> Muls.	1	8
	<i>Psallus varians</i> (Herrich-Schäffer)	2	7
	<i>Reuteria marqueti</i> Put.	4	0
	<i>Stenoderma virens</i> (L.)	1	0
Nabidae	<i>Nabis</i> (Nabis) <i>pseudoferus</i> Remane	0	1
Lygaeidae	<i>Heterogaster urticae</i> (Fabricius)	1	0
	<i>Kleidocerys resedae</i> (Panzer)	3	0
	<i>Nysius senecionis</i> (Schilling)	0	1
Piesmatidae	<i>Piesma maculatum</i> (Laporte)	1	0
Pentatomidae	<i>Rhaphigaster nebulosa</i> (Poda)	1	0
Acanthosomat	<i>Elasmucha grisea grisea</i> (Linnaeus)	1	0

Tab. A6: Relative Anteile nachgewiesener Marienkäferarten an *Tilia* sp. und *Quercus* sp., 1998-1999.

Artnamen	%
<i>Adalia bipunctata</i> Mulsant (Zweipunkt)	43
<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i> Mulsant (Vierzehnpunkt)	39
<i>Calvia quatuordecimguttata</i> Mulsant (Doppelbuchtiger Marienkäfer)	1
<i>Synharmonia conglobata</i> Gglb. (Kugeliger Marienkäfer)	1
<i>Stethorus punctillum</i> Weise (Spinnmilben-Marienkäfer)	9
<i>Adalia decempunctata</i> Mulsant (Zehnpunkt)	1
<i>Thea vigintiduopunctata</i> Mulsant (Zweiundzwanzigpunkt)	2
<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i> Crotch (Siebzehnpunktiger Marienkäfer)	1
<i>Rhizobius chrysomeloides</i> (Hbst.)	1
<i>Scymnus</i> spec.	2

Test 1: Einsatz von standorttypischen und nichtstandorttypischen Raubmilben am Straßenstandort

1. Material und Methoden

Zum einen wurde die konventionell vertriebene Art *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) eingesetzt, die an den Standorten nicht nachgewiesen wurde. Diese Art wird im Unterglasanbau für die biologische Bekämpfung von Thripsen eingesetzt, ist aber auch für das Freiland geeignet, z. B. für Erdbeerpflanzungen (KARG, 1994). Es wurden im Frühjahr 2000 zweimal 10000 Milben pro Baum im Abstand von vier Wochen ausgesetzt (26. und 30. Kalenderwoche). Sechs Jungbäume (*T. x vulgaris* `Pallida´) im 5. Standjahr wurden an vier Stellen der Krone bestückt, sechs weitere dienten als Kontrolle. Alle Bäume standen auf der Nordseite einer stark befahrenen Straße in asphaltierten Flächen und verdichteten Baumscheiben. Die Varianten wurden abwechselnd angelegt. Bonitiert wurde jeweils vor dem Raubmilbeneinsatz sowie am Ende des Versuches in der 32. Kalenderwoche. Dafür wurden pro Baum zehn Blätter entnommen und im Labor Milben und Insekten ausgezählt.

In einem weiteren Test wurden drei Raubmilbenarten im Frühjahr 2001 zweimalig an Jungbäumen (*T. cordata*) im 1. Standjahr ausgesetzt. Es handelte sich um die Arten *A. andersoni*, *M. longipilus* und *T. pyri*. Während die Arten *A. andersoni* und *M. longipilus* an Straßenbäumen nachgewiesen und im Labor gezüchtet wurden (s. Kap. 3.2.1.2), wurde *T. pyri* von einer Nützlingsfirma bezogen. In der 19. Kalenderwoche wurden 10 Blätter pro Baum entnommen und der Spinnmilben- und Raubmilbenbesatz ausgezählt (s. Kap. 3.1.2). In der 22. und 25. Kalenderwoche wurden wiederum 10 Blätter ausgezählt und jeweils 100 Raubmilben an den Versuchsbäumen ausgesetzt. *T. pyri* wurde in ihrer Versandform, kleine Pappschachtel, mit 100 Stück in der Mitte der Krone plaziert und die übrigen Raubmilben wurden in Gazebeuteln an drei Stellen in der Krone plaziert. Die Kontrolle der ersten Charge von *T. pyri* ergab eine hohe Mortalität, die wahrscheinlich durch den Transport eingetreten war. Die letzte Auswertung erfolgte in der 33. Kalenderwoche.

2. Ergebnisse und Wertung

2.1 *Amblyseius cucumeris* (Oudemans)

Für die nichtstandorttypische Raubmilbe *A. cucumeris* konnte keine Etablierung am Straßenbaum festgestellt werden – sie wurde mit keinem Exemplar nachgewiesen.

Nachgewiesen wurden in beiden Varianten nur standorttypische Raubmilben. Es ist davon auszugehen, dass die eingesetzte Raubmilbe von den Bäumen abwanderte. Eine Reduzierung von *E. tiliarium* am Straßenbaum wurde nicht nachgewiesen. Im Gegenteil, die Lindenspinnmilbenpopulation nahm innerhalb der ersten vier Wochen in beiden Varianten deutlich zu, wohingegen die Raubmilbenpopulation nur geringfügig anstieg. Parallel dazu erhöhte sich der Saugschaden in beiden Varianten (Abb. A1).

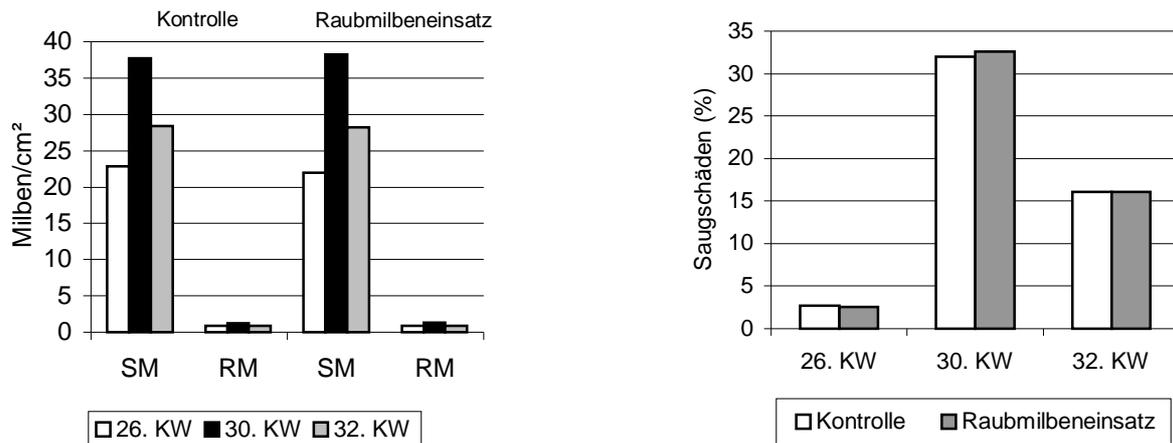


Abb. A1: Populationsentwicklung (links) von *Eotetranychus tiliarium* Hermann (SM) und Raubmilben (RM) sowie Saugschäden (rechts) nach Einsatz der standortfremden Raubmilbe *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) an *Tilia x vulgaris* 'Pallida', 2000 (KW=Kalenderwoche).

2.2 *Amblyseius andersoni* (Chant), *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) und *Typhlodromus pyri* Scheuten

Während des Versuches wurden neben *E. finlandicus* 10 Exemplare von *A. andersoni*, 1 Exemplar von *M. longipilus* und 3 Exemplare von *T. pyri* nachgewiesen (Tab. A7). Allerdings wurden in der 33. Kalenderwoche in allen Varianten nur noch Exemplare von *E. finlandicus* gefunden. Demnach waren die eingesetzten Raubmilben nicht in der Lage, sich in der neuen Umgebung zu etablieren.

Tab. A7: Nachgewiesene Raubmilbenarten in den Varianten *Amblyseius andersoni* (Chant), *Metaseiulus longipilus* (Nesbitt) und *Typhlodromus pyri* Scheuten nach zweimaligem Einsatz an Straßenbäumen, 2001

Raubmilbe	22. Kalenderwoche	26. Kalenderwoche	33. Kalenderwoche
<i>A. andersoni</i>	1	9	0
<i>M. longipilus</i>	0	1	0
<i>T. pyri</i>	0	3	0

Spinnmilben traten in allen Varianten auf, nennenswerte Startpopulationen wurden jedoch nur in den Varianten Kontrolle und *M. longipilus* gefunden (Abb. A2). Am Versuchsende wurde die höchste Spinnmilbenpopulation mit 1,25 Spinnmilben/cm² Blattfläche in der Variante *A. andersoni* festgestellt. Auch in der Variante *T. pyri* stieg die Spinnmilbenpopulation an. Eine Reduzierung der Spinnmilbenpopulation wurde nur in den Varianten *M. longipilus* und Kontrolle festgestellt. Demnach war von den eingesetzten Raubmilben allenfalls *M. longipilus* effektiv. Raubmilben wurden zu Versuchsbeginn nur in der Kontrollvariante gezählt. In den Varianten *A. andersoni*, *M. longipilus* und *T. pyri* traten Raubmilben erst in der 22. Kalenderwoche nach dem ersten Einsatz (19. Kalenderwoche) auf. Nach dem in der 22. Kalenderwoche erfolgten Einsatz, wurden Raubmilben in den Varianten Kontrolle, *A. andersoni* und *T. pyri* in der 26. Kalenderwoche nachgewiesen. Dennoch stieg die Raubmilbenpopulation auch in der Variante *M. longipilus* bis Versuchsende (33. Kalenderwoche) an.

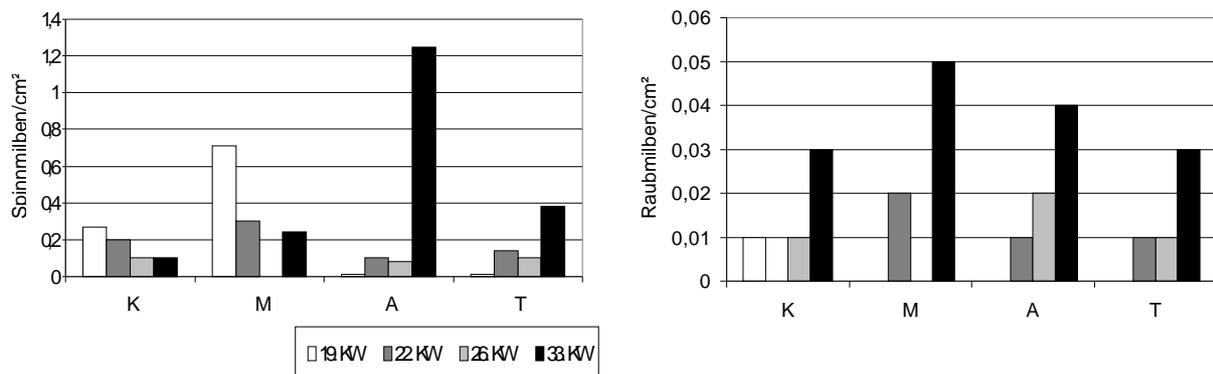


Abb. A2: Populationsentwicklung von *Eotetranychus tiliarium* Hermann (links) und Raubmilben (rechts) bei Einsatz von verschiedenen Raubmilben an *Tilia x vulgaris* 'Pallida', 2001 (K=Kontrolle, M=*Metaseiulus longipilus* (Nesbitt), A=*Amblyseius andersoni* (Chant), T=*Typhlodromus pyri* Scheuten; KW=Kalenderwoche).

Danke

Herrn Prof. Dr. Hans-Michael Poehling und Herrn PD Dr. habil. Hartmut Balder danke ich für die Ermöglichung dieser Arbeit. Beiden danke ich herzlich für ihr stetes Interesse, ihre Hilfsbereitschaft und die mir gewährte Selbstständigkeit bei der Bearbeitung dieses Themas.

Ich danke Herrn Dipl.-Biol. Holger-Ulrich Schmidt, Leiter des Pflanzenschutzamtes Berlin, für die Unterstützung der Projektarbeit. Bei Frau Dipl.-Ing. Barbara Pradel bedanke ich mich herzlich für ihre engagierte Mitarbeit an dem Projekt. Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Barbara Jäckel, die durch ihre Diskussionsbereitschaft wertvolle Anregungen für diese Arbeit gab. Ich danke allen Mitarbeitern des Pflanzenschutzamtes für die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre und ihre stete Hilfsbereitschaft. Besonderer Dank gilt Frau Ulrike Schultze, Frau Barbara Eitel-Bock, Frau Karen Lemke und Frau Claudia-Stefanie Korber.

Herrn Prof. Dr. Wolfgang Karg, ehemals Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Kleinmachnow, Institut für integrierten Pflanzenschutz, danke ich herzlich für die Einweisung in die Dertermination von Raubmilben. Ebenso danke ich Dr. Jürgen Deckert und Frau Dr. Ursula Göllner-Scheidung, Museum für Naturkunde Berlin, Institut für systematische Zoologie, für die Bestimmung von Wanzen.

Bei Herrn Dr. Eckard Moll, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zentrale EDV-Gruppe (Kleinmachnow) bedanke ich mich für die freundliche Beratung und Unterstützung in allen statistischen Fragen.

Herrn Horst Diekmann, Mitarbeiter der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie danke ich für die unkomplizierte Hilfe bei der Erweiterung einer Messstation zur Gewinnung von Klimadaten.

Lebenslauf

Kristina Hasselmann, geb. Schneider

Datum	Ort	Tätigkeit
12.12.1969	geboren in Marburg	
Schulbildung: 1976 – 1980 1980 – 1989	Marburg	Grundschule Lahntal-Sterzhausen Besuch des Martin-Luther-Gymnasiums Abschluss: Abitur
Berufsausbildung: 1989 – 1991	Marburg	Ausbildung zur Bürokauffrau bei der Hessischen Arbeitsgemeinschaft für Gesundheitserziehung
Studium: 10/1991– 12/1997	Hannover	Gartenbaustudium an der Universität Hannover Schwerpunkte: Phytomedizin, Ökologie, Baumschule und Gemüsebau
1995 – 1997	Hannover	Praktische Diplomarbeit. Titel: Aufforstung von schwermetallbelasteten Flächen
1998 – 2003	Hannover/Berlin	Promotion am Institut für Pflanzenschutz- und Pflanzenkrankheiten.
Berufstätigkeit: 7/ – 9/1991 2/ – 3/1992 2/ – 3/1993 5/ – 10/1993 2/ – 3/1994 3/ – 5/1997 2/1998 – 12/2000	Marburg Biedenkopf Hannover Hannover Norfolk (England) Berlin Berlin	Angestellte als Bürokauffrau Praktikum im Zierpflanzenbau der Fa. Blumen-Gebhardt Praktikum in der Baumschule Wassermann Arbeit in der Baumschule Wassermann Praktikum im Staudenbetrieb der Fa. Blooms of Bressingham Praktikum im Pflanzenschutzamt Berlin Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin in einem Forschungsvorhaben im Pflanzenschutzamt. Titel: Untersuchungen zur Populationsdynamik von Schädlingen und Nützlingen am Straßenstandort mit dem Ziel der Verbesserung der Pflanzengesundheit im Öffentlichen Grün.
1/2001 – 6/2001	Berlin	Abschließende Versuche für Projekt und Doktorarbeit im Pflanzenschutzamt
seit 1/2002	Berlin	Selbstständig: Pflanzenschutzberatung und Einsatz von Nützlingen in der Innenraum-begrünung Biologischer Pflanzenschutz email: biolog.pflanzenschutz@t-online.de