

**Untersuchungen zur Morphologie, Biologie und Ökologie
der räuberischen Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff
(Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

der Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften
der Technischen Universität Dresden

vorgelegt von
Diplom-Ingenieurin
Dagmar Voigt
geb. 13.06.1976 in Zwickau/Sa.

Dresden 2005

-
1. Gutachter: Prof. Dr. Michael Müller, Institut für Waldbau und Forstschutz, TU Dresden
 2. Gutachter: Prof. Dr. habil. Christoph Neinhuis, Institut für Botanik, TU Dresden
 3. Gutachter: Prof. Dr. habil. Urs Wyss, Institut für Phytopathologie, CAU Kiel

Tag der mündlichen Prüfung: 8. November 2005

Das vorliegende Druckexemplar entspricht der Originalschrift der
Dissertation von Dagmar Voigt mit dem Titel
„Untersuchungen zur Morphologie, Biologie und Ökologie der räuberischen Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)“
zur Erlangung des akademischen Grades Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.) der Fakultät Forst-, Geo- und
Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden

Einreichung: Tharandt, 27. Juni 2005
Mündliche Prüfung: Tharandt, 8. November 2005

Meinen wundervollen Eltern

Reich ist an Blumen die Flur;
Doch einige sind nur dem Auge,
andere dem Herzen nur schön;
wähle dir Leser nun selbst!
(Johann Wolfgang von Goethe)

Dissertation von Dipl.-Ing. Dagmar Voigt zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. nat. der Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden mit dem Titel
„Untersuchungen zur Morphologie, Biologie und Ökologie der räuberischen Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)“

Kurzfassung

Die paläarktische omnivore Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae) zeichnet sich durch ein ausgesprochen breites Spektrum an besetzten Wirtspflanzen und konsumierten Beutetieren aus. Über 150 von *D. errans* akzeptierte Pflanzenarten sind erstmalig belegt worden. Der erfolgreiche Verzehr von 15 Beutetierarten wurde quantitativ nachgewiesen. Eine weitere Besonderheit der Wanze besteht in der Präferenz für glandulär behaarte Pflanzen. Die Weichwanze besetzt somit von vielen anderen Insekten gemiedene Nischen.

Untersuchungen im Botanischen Garten der Technischen Universität Dresden (2000 bis 2002) ließen auf eine bemerkenswerte räuberische Aktivität und Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Habitate, Beutetiere und Klimabedingungen schließen. Die fortführenden Studien im Rahmen der vorliegenden Dissertation (2002 bis 2005) erbrachten umfassende Erkenntnisse über die Art *D. errans* im Hinblick auf deren Morphologie, Vermehrung und Haltung, Bionomie und Ökologie (Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit von ausgewählten Einflussfaktoren, Dormanz), Aufenthalt und Fortbewegung (räumliche Orientierung und strukturanalytische Studien zu den Interaktionen zwischen Wanze und Pflanzenoberflächen), den Nahrungserwerb (Verzehrleistung und Omnivorie) sowie Videodokumentationen der Lebensweise und des Verhaltens. Der Generalist und Opportunist *D. errans* integriert sich als Pflanzensaftsauger regulierendes Kompartiment neben echten Räubern und Parasitoiden in Biozönosen. Als omnivores Insekt übernimmt die Wanze eine intermediäre und supplementäre Position in Nahrungsnetzen.

Die Lebensweise dieser Weichwanzenart erscheint sehr komplex. Die enge Assoziation mit Pflanzen tritt stark in den Vordergrund. Sie ist in jeglichen Betrachtungen von *D. errans* unbedingt zu berücksichtigen und bietet außerdem als ein Modellsystem ein spannendes Forschungsfeld im Hinblick auf die Adaptation partiell räuberisch lebender Insekten an behaarte Pflanzen.

Dissertation of Dipl.-Ing. Dagmar Voigt for achieving the academic degree of Dr. rer. nat. of the Faculty of Forestry, Geo and Hydro Sciences of the Technical University of Dresden with the title
„Investigations of the morphology, biology and ecology of the predatory mirid bug *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)“

Abstract

The omnivorous mirid bug *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae) lives on a wide range of host plants and feeds on various preys. Over 150 plant species accepted by the mirid bug have been identified. It was experimentally shown that 15 prey species are efficiently consumed. Another characteristical features of *D. errans* is that it prefers hairy plants. Thus, the mirid bug occupies unique niches avoided by many other insects.

Investigations, carried out at the Botanical Garden of the Technical University of Dresden (2000-2002) gave evidence for a remarkable predatory activity and ability to adaptation to different habitats, preys and climate conditions. The studies presented in the dissertation (2002-2005) gave the comprehensive knowledge about the species *D. errans*, especially its morphology, rearing, bionomy and ecology (fecundity and ontogenesis depending on selected factors, dormancy), habitat preference and locomotion (spatial orientation and structural-analytical studies of the interactions between the bug and plant surfaces), foraging and food ingestion (predatory capacity and omnivory). In addition, video documentation of the modus vivendi and the behavior was performed. The generalist and opportunist *D. errans* lives together with predators and parasitoids and takes part in a biological control of phytophagous insects in biocenoses.

The life history of this bug species appeared to be very complex. The close association to plants has to be considered. *Dicyphus errans* offers a model system for further research on omnivorous predatory insects connected with hairy plants.

Disertación de Dipl.-Ing. Dagmar Voigt para obtener del grado académico de Dr. rer. nat. de la facultad de ciencias forestales, geográficas e hidrológicas de la Universidad Técnica de Dresden con el título

„Investigaciones sobre la morfología, biología y ecología del mírido depredador *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)“

Resumen

El mírido omnívoro *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae) coloniza diversas plantas y ataca numerosas presas. Este trabajo demuestra como el insecto es capaz de hospedarse en más de 150 plantas y consumir eficientemente 15 especies distintas de presas. Una característica de *D. errans* es su preferencia por plantas con pelos glandulares y por ello utiliza nichos evitados por muchos otros insectos.

Investigaciones llevadas cabo en el jardín botánico de la Universidad Técnica de Dresden (2000-2002) demuestran una actividad depredadora notable y una habilidad de adaptación a habitats, presas y condiciones meteorológicas diferentes. La presente tesis doctoral (2002-2005) proporciona una vasta información sobre la especie *D. errans* con respecto a su morfología, cría, bionomía y ecología (influencia de distintos factores sobre su fecundidad y ontogénesis, e hibernación), preferencia de hábitat y locomoción (orientación en el espacio y estudios biomecánicos sobre la interacción de la chinche con las superficies de las plantas) y su dieta (capacidad depredadora y omnivorismo). Se incluyen también filmaciones sobre la vida y el comportamiento del mírido. *D. errans* es oportunista y poco selectivo con sus presas. Junto con los depredadores estrictos y los parásitoides el mírido ayudaría a regular el balance de fitófagos en la biocenosis.

La vida de este insecto es muy compleja. Su estrecha asociación con las plantas es un parámetro esencial a considerar en su estudio. Este caso puede tomarse como ejemplo para futuras investigaciones acerca de la adaptación de depredadores parciales a plantas pilosas.

Диссертация дипломированного инженера Дагмар Фогт для присвоения академической степени Dr. rer. nat. факультета лесоводства, географии и гидрографии технического университета города Дрезден по теме "**Исследование морфологии, биологии и экологии хищного клопа *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)**"

Резюме

Всеядный хищный клоп *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae) связан с широким спектром растений и различными животными. Нами идентифицировано 150 видов растений, на которых клоп обитает, и 15 видов членистоногих, которыми клоп питается. Особенность клопа состоит в предпочтении опущенных растений, в результате чего он живёт в местах, недоступных другим насекомым.

Предыдущие исследования (2000-2002 гг.) в ботаническом саду технического университета г. Дрезден обнаружили значительную хищническую активность клопа и его высокую адаптивность к различным местам обитания, вредителям растений и климатическим условиям. В результате настоящих исследований (2002-2005 гг.), представленных в диссертационной работе собрана всеобъемлющая информация об особенностях морфологии, размножения, содержания, биологии и экологии клопа *D. errans* (яйцекладка и онтогенез в зависимости от изменения факторов окружающей среды, передвижение, пространственная ориентация, взаимосвязь между клопом и поверхностью растений, питание), подтвержденная видеодокументацией об образе жизни и поведении.

В последующих исследованиях необходимо учитывать тесные взаимоотношения клопа с растениями. *D. errans* может служить модельной системой для изучения всеядных животных, связанных с опущенными растениями.

Vorwort

Alle Tiere haben Mächte in sich, denn der große Geist wohnt in allen, auch in der kleinsten Ameise, in einem Schmetterling, auch in einem Baum, in einer Blume und in einem Felsen. [...] Um sich der Natur zu nähern, ihre Kraft zu spüren, sie helfen zu lassen, braucht man Zeit und Geduld. Zeit um nachzudenken und alles herauszufinden. [...] (Petaga Yuha Mani, Sioux).

Über fünf Jahre (2000-2005) gelang es, die winzigen, unscheinbaren Weichwanzen der Art *Dicyphus errans* Wolff im Botanischen Garten der Technischen Universität unter die Lupe zu nehmen und zu erforschen. Diese anmutigen, grazilen Tiere ziehen die Betrachter in ihren Bann! Ihr Leben umfassend zu ergründen und zu verstehen, war das Anliegen der durchgeführten Forschungsarbeiten. Erste Ansätze lieferten Vorarbeiten im Rahmen einer Diplomarbeit (2000-2002). Darauf aufbauend resultiert die von Oktober 2002 bis Juni 2005 erarbeitete Dissertation (beide realisiert und betreut im Institut für Waldbau und Forstschutz und im Botanischen Garten der Technischen Universität Dresden). Als eigenständiges, projektunabhängiges Promotionsvorhaben erfuhr die Doktorarbeit weitläufige Unterstützung.

Der STUDIENSTIFTUNG DES DEUTSCHEN VOLKES (Bonn) und deren freundlichem Promotionsteam gebührt außerordentlicher Dank für die Zuwidmung eines zweijährigen Promotionsstipendiums, welches die finanzielle Basis für die Forschungsaktivitäten bot.

Das SÄCHSISCHE STAATSMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT UND KULTUS (Dresden) half dankenswert in der Startphase mit einer dreimonatigen Anschubfinanzierung im Rahmen des Programms zur Förderung der Chancengleichheit für Frauen in Forschung und Lehre nach Artikel 1 HWP.

Achtungsvoll erwähnt seien meine Fürsprecher und Gutachter während der Initialisierung der Stipendien zur Umsetzung der wissenschaftlichen Pläne mit *Dicyphus errans*, Frau Dr. habil. HELGA SERMANN (Institut für Phytomedizin, Humboldt-Universität Berlin), Herr Professor JOHANNES WÖSTEMEYER (Institut für Mikrobiologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena) sowie Herr Professor MICHAEL MÜLLER (Institut für Waldbau und Forstschutz, Lehrstuhl für Forstschutz, TU Dresden).

Herrn Professor MICHAEL MÜLLER gilt ferner Dank für seine Bereitschaft und Übernahme der Hochschulbetreuung des Promotionsvorhabens (inklusive Endkorrekturen), die Bereitstellung des Laborarbeitsplatzes und die Erarbeitung des Erstgutachtens. In diesem Zusammenhang sei ebenso den Kollegen des Institutes für Waldbau und Forstschutz (TU Dresden) gedankt. Insbesondere meine liebe Kollegin Dr. VERONIKA POHRIS und ihr Gatte Dr. HUBERTUS POHRIS erwiesen mir stets ein „offenes Ohr“, Hilfe, Anteilnahme,

unbegrenzte Diskussionsbereitschaft und gaben mir Ansporn in Berg- und Talphasen sowie letztendlich geduldige Korrekturen bei der Fertigstellung der Dissertationsschrift.

Herr Professor CHRISTOPH NEINHUIS (Institut für Biologie, Lehrstuhl für Botanik, TU Dresden) unterstützte meine Arbeit wohlwollend als aufgeschlossener Direktor des Botanischen Gartens der TU Dresden, als Zweitgutachter und bereitwilliger Diskussionspartner.

Die Leitung (insbesondere Frau Dr. BARBARA DITSCH) und alle Mitarbeiter (vor allem Frau BARBARA KAUFER) des Botanischen Gartens der TU Dresden verdienen tausend Dank für die Bereitstellung der Versuchsfächen, den uneingeschränkten Zugang zu sämtlichen Flächen des Botanischen Gartens, die Aufgeschlossenheit und Integration meiner Person in das „Gartenleben“, die allezeit große Hilfsbereitschaft, diverse Zuarbeiten, anregende Diskussionen sowie fünf Jahre anhaltende Geduld mit mir und *Dicyphus errans*.

Herrn Professor URS WYSS a. D. und den Mitarbeitern der ehemaligen Arbeitsgruppe Entomologie am Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität Kiel danke ich herzlich für die inspirativen, aufregenden Videostudien, den wissenschaftlichen Austausch und die Bereitstellung von Blattläusen. Professor Urs Wyss übernahm außerdem bereitwillig und akribisch das Drittgutachten der Dissertationsschrift. Mit seiner Ehegattin LEA gab er mir stets frische Energie und Denkanstöße während der beseelten Aufenthalte in Kiel und Bordesholm.

Herr ERNST BÄUCKER und Frau LIANE STIRL (Institut für Forstnutzung und Forsttechnik, TU Dresden) ermöglichten mit immenser Einsatz- und Hilfsbereitschaft essentielle morphologische Studien mit *Dicyphus errans* am Rasterelektronenmikroskop.

Der Miridologe (Heteropterologe) KURT ARNOLD (Geyer im Erzgebirge) übernahm die professionelle Determination der Wanzenarten und war mir jederzeit ein herzlicher, mitfühlender, hilfsbereiter, konstruktiver Gesprächspartner.

Dr.-Ing. VEIT HILDEBRAND und Dipl.-Ing. DONALD STUBBE (Institut für Luft- und Raumfahrttechnik, Laboratorium Niedergeschwindigkeitswindkanal, TU Dresden) stellten einen geeigneten Versuchsraum und Spezialgeräte für die Realisierung der Windkanalexperimente zur Verfügung. Ihre zu honorierende hervorragende Unterstützung, Geduld und Begeisterung forcierten die Verwirklichung erster Orientierungstests im Windkanal mit *Dicyphus errans*.

Herr Professor KARL-HEINZ VAN PEÉ (Institut für Biochemie, TU Dresden) ermöglichte Experimente im Biochemielaboratorium und investierte einen beachtlichen Umfang an Chemikalien und Materialen in erste biochemische Analysen mit *Dicyphus errans*. Seiner

Hilfe und der tatkräftigen Unterstützung seiner Mitarbeiter spreche ich ein großes Dankeschön aus.

Dr. STANISLAV GORB und seiner Evolutionary Biomaterials Group am Max-Planck-Institut für Metallforschung Stuttgart inklusive aller „Ehemaligen“ und Gastwissenschaftler verdanke ich die warmherzige Aufnahme in ein Team gestandener, umsichtiger, kreativer Wissenschaftler. Ihre Aufmerksamkeit, Offenheit, Diskussions- und Hilfsbereitschaft ermöglichen, den Interaktionen zwischen Wanzen und Pflanzen biomechanisch näher zu kommen. Ihr Glaube an meine Fähigkeiten und Persönlichkeit sowie ihre unendliche Geduld mit mir vermittelten die nötige Kraft, Ansporn, Seelenbalsam und die Zeit das *Dicyphus*-Werk zu vollenden. Besonderer Dank an Dr. STANISLAV GORB, Dr. OLENA GORB und VICKY KASTNER für ihre aktive Mithilfe bei Experimenten, Ideenfindung und Ergebnisinterpretation; an Dipl.-Biol. JANLE SCHUPPERT und Dr. PABLITO PEREZ-GOODWYN für ihre gutmütige Umsorgung, seelische Aufbauleistung und Korrekturarbeiten; an Dr. NAOE HOSODA für unsagbare Freude und Wohlergehen, an Dr. ANDREI PERESSADKO, Dr. MICHAEL VARENBERG, Dr. NATO BABARKADSE und all die anderen Kollegen für ihre wertvollen Ratschläge und Inspirationen. LENA, PABLITO, MICHAEL, GUILLAUME und ARANZAZU charmanter Dank für die Revision der fremdsprachigen Abstracts!

Frau Dipl.-Ing. GRIT FRÖBE (Dresden/Halle) stand mir stets treu, hilfreich und bereitwillig für jeglichen Gedankenaustausch, Anregungen, Korrekturen und seelische Belange zur Seite. Danke!

Meinen fantastischen ELTERN gebührt nicht zuletzt eine herausragende Anerkennung für ihre unermüdliche Rückendeckung, ihre grenzenlose allseitige emsige Einsatzbereitschaft, ihren Zuspruch, ihr unsagbares mentales, materielles und finanzielles Wohlwollen, ohne welche ich die Arbeit nicht bewältigen können!

In großer Dankbarkeit erwähnt seien außerdem die unzähligen hilfsbereiten Firmen, Unternehmen und Institutionen, die das Vorhaben „*Dicyphus errans*“ materiell auf diverse Art und Weise unterstützt haben. Die folgende Liste gibt einen Überblick über die nach Materialien geordneten Sponsoren.

Konstruktion und Bereitstellung der Insektenkäfige: MV-Elektrobau, Elektromeister Michael Voigt, Zwickau-Crossen;

Versuchstiere: (Blattläuse) *Macrosiphum euphorbiae*, Institut für Phytopathologie, CAU Kiel; *Aphis gossypii* und *Myzus persicae* Bayer CropScience, Mohnheim; *Myzus persicae*, Botanischer Garten der Universität Hamburg; (Thripse) *Echinothrips americanus*, Institut für Zoologie, Martin-Luther-Universität Halle;

Keimfähige Kartoffeln: Elsterland Fruchthandel GmbH, Weickelsdorf; Fam. Marx, Falkenhain/Sa.; Kartoffellager Großwaltersdorf/Sa.; Friweika e. G., Weidendorf/Sa.;

Saatgut: N.L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH, Erfurt; Ernst Benary Samenzucht GmbH, Hann/Muenden; Enza Zaden Deutschland GmbH & Co. KG, Dannstadt-Schauernheim; Quedlinburger Saatgut GmbH, Quedlinburg; Rijk Zwaan Welver GmbH, Welver; Bruno Nebelung GmbH & Co., Everswinkel; Fa. Sperling & Co., Lüneburg; Wildackersaaten, Revierberatungsstelle Wolmersdorf;

Pflanzen: Cyclamen-Sprünken Peter Sprünken, Straelen; Eich Jungpflanzen Vertriebs GmbH, Grolsheim; Florensis Deutschland GmbH, Stuttgart; Selecta Klemm GmbH & Co. KG, Stuttgart;

Pflanzsubstrat und Dünger: Compo GmbH & CoKG., Münster; Floragard Vertriebs GmbH für Gartenbau, Oldenburg; Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste-Groß Hesepe; Blumenerdenwerk Stender GmbH, Schermbeck; Spiess-Urania Chemicals GmbH, Kleinkarlbach;

Pflanzgefäße: Ergoplast Kunststoff GmbH, Leubsdorf/Sa.; Herku Plast Kubern GmbH, Ering/Inn; Lamprecht-Verpackungen GmbH, Göttingen; Romberg GmbH & Co.KG, Ellerau; Pöppelmann GmbH & Co. KG, Lohne;

Versuchsgefäße: Sarstedt AG & Co., Nümbrecht; Huber Verpackungen GmbH + Co. KG, Öhringen; RingoPlast GmbH, Ringe-Neugnadenfeld; Waeco International GmbH, Emsdetten; Fleros Kunststoffe GmbH, Cuxhaven; Greiner Bio-One GmbH, Frickehausen; Bürkle GmbH, Lörrach; Edwin Mraz Kunststofferzeugnisse GmbH, Wertheim-Dörlesberg; Karl Bock GmbH & Co. KG, Lauterbach/Schwarzwald; twp lage gmbh, Lage; Rumold GmbH & Co. KG, Stuttgart; Gies GmbH & Co Kunststoffwerk KG, Niederaula;

Siebgewebe/Gaze: Schwegmann Filtrationstechnik GmbH, Grafschaft-Gelsdorf; Bueckmann GmbH, Mönchengladbach; Reimann Spinnerei & Weberei GmbH, Emsdetten;

Watte, Zellstoff und Filterpapier: Ontex-Hygieneartikel Deutschland GmbH, Großpostwitz; Lohmann & Rauscher GmbH, Neuwied; Coltène Whaledent GmbH & Co. KG, Langenau; Spezialpapier Filtrak GmbH, Niederschlag/Sa.; Maimed GmbH & Co. KG, Neuenkirchen; Hakle-Kimberly Deutschland GmbH, Mainz; ACR-GmbH, Österreich/Laakirchen;

Umfassende elektrotechnische Ausstattung und Schaltzeituhren: MV-Elektrobau, Elektromeister Michael Voigt, Zwickau-Crossen; insbesondere Schaltzeituhren: Schwichtelektronik GmbH & Co. KG, Bremen; EiA-Schröder GmbH, Annaberg-Buchholz;

Desinfektions- und Reinigungsmittel: B. Braun Petzold GmbH, Melsungen; Orochemie Dürr & Pflug GmbH & Co. KG, Kornwestheim; Reckitt Benckiser Deutschland GmbH, Mannheim; Menno Chemie Vertrieb GmbH, Norderstedt; Brauns Heitmann GmbH & Co. KG, Warburg; Acmos Chemie KG, Bremen;

Wischlappen und –tücher: MEWA AG & Co. Vertrieb OHG, Wiesbaden; REZI Deutschland GmbH, Weissenberg;

Präzisionsgießkanne: Fiskars GmbH & Co.KG, Herford;

Bewässerungstechnik: MV-Elektrobau, Elektromeister Michael Voigt, Zwickau-Crossen;

Gartenschere: „Romulus“ Plümacher GmbH & Co. KG, Wuppertal-Cronenberg;

Klebstoff: Henkel KGaA, Düsseldorf;

Kohlefilter: Voigt GmbH Filz- und Filtertechnik, Wernau; Eheim GmbH & Co.KG, Deizisau;

Kunststoffschlauch: Deutsch Neumann GmbH, Berlin; Parsch GmbH & Co.KG., Ibbenbüren; Haarmann GmbH, Bischoffen-Niederweidbach;

Feinpinsel: Elco Pinsel GmbH, Bechhofen a. d. Heide; Springer Pinsel GmbH, Bechhofen-Königshofen; Defet GmbH, Nürnberg sowie eine

Niederdruckpumpe nach Höppler: Institut für Allgemeine Ökologie, TU Dresden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	01
2	Literaturanalyse zur Systematik, Morphologie und Biologie der Art <i>Dicyphus errans Wolff</i>.....	03
2.1	Taxonomische Einordnung.....	03
2.2	Chorologie, Lebensraum, Habitat.....	04
2.3	Morphologie.....	05
2.4	Bionomie.....	10
2.4.1	Lebenszyklus.....	10
2.4.2	Fortpflanzung.....	12
2.4.3	Eiablage, Fekundität.....	12
2.4.4	Nahrungserwerb.....	13
2.4.5	Wirtspflanzenpräferenz.....	16
2.4.6	Fortbewegung.....	17
2.4.7	Natürliche Feinde und populationseinschränkende Effekte.....	18
3	Ziel- und Aufgabenstellung.....	19
4	Wissenschaftliche Beobachtungen und Untersuchungen zur Morphologie, Biologie und Ökologie der Weichwanze <i>Dicyphus errans Wolff</i>.....	21
4.1	Mathematisch statistische Methoden, Biometrie, allg. Vorgehen....	21
4.2	Vermehrung und Haltung der Weichwanzen, deren Beutetiere und Wirtspflanzen.....	21
4.3	Morphologie.....	27
4.3.1	Material und Methoden.....	27
4.3.2	Ergebnisse und Diskussion.....	27
4.4	Bionomie und Ökologie von <i>Dicyphus errans Wolff</i>	33
4.4.1	Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot sowie ausgewählten Wirtspflanzen..	33
4.4.1.1	Material und Methoden.....	33
4.4.1.2	Ergebnisse.....	37
4.4.1.3	Diskussion.....	46
4.4.2	Dormanz.....	51
4.4.2.1	Material und Methoden.....	51
4.4.2.2	Ergebnisse	52
4.4.2.3	Diskussion.....	54

4.4.3	Aufenthalt und Fortbewegung.....	56
4.4.3.1	Räumliche Orientierung.....	56
4.4.3.1.1	Material und Methoden.....	56
4.4.3.1.2	Ergebnisse.....	60
4.4.3.1.3	Diskussion.....	65
4.4.3.2	Strukturanalytische Studien zur Beziehung „Wanze-Pflanze“.....	70
4.4.3.2.1	Material und Methoden.....	70
4.4.3.2.2	Ergebnisse.....	74
4.4.3.2.3	Diskussion.....	86
4.4.4	Nahrungserwerb.....	94
4.4.4.1	Verzehrleistung in Abhängigkeit von ausgewählten Beute-Wirrspflanzen-Komplexen, der Beutepräferenz und Temperatur....	94
4.4.4.1.1	Material und Methoden.....	94
4.4.4.1.2	Ergebnisse.....	97
4.4.4.1.3	Diskussion.....	104
4.4.4.2	Bemerkungen zur Omnivorie.....	109
4.5	Videodokumentation zur Lebensweise und zum Verhalten von <i>Dicyphus errans</i> Wolff.....	111
4.5.1	Material und Methoden.....	111
4.5.2	Ergebnisse.....	112
4.5.3	Diskussion.....	121
5	Zusammenfassung.....	127
6	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	129
7	Verzeichnisse.....	133
7.1	Literaturverzeichnis.....	133
7.2	Tabellenverzeichnis.....	150
7.3	Abbildungsverzeichnis.....	152

Anlagen

1 Einleitung

Unscheinbare Kleinlebewesen, wie eine Vielzahl von Insekten, laufen Gefahr häufig übersehen zu werden. In dieser Hinsicht wird der Beitrag räuberisch lebender endemischer Arten zur Regulation phytophager Arthropoden meist unterschätzt.

Im Februar 2000 wurde unverhofft ein individuenreiches Auftreten der zierlichen Miridae *Dicyphus errans* Wolff erstmalig im Tropenhaus Asien/Afrika des Botanischen Gartens der Technischen Universität Dresden (Stadt Dresden, Bundesland Sachsen) festgestellt. Schnittmaßnahmen an der tropischen Liane *Cissus njegerre* Gilg (Vitaceae) offenbarten einen reichen Besatz der Pflanze mit toten *Planococcus citri* Risso (Pseudococcidae) und simultaner Präsenz aller Entwicklungsstadien von *D. errans*. Diese Entdeckung gab den Impuls, die Wanze weiter zu verfolgen und zu studieren. Erste Recherchen, Beobachtungen und Experimente von VOIGT (2002) führten zu aussichtsreichen Ergebnissen und zum Herauskristallisieren spezifischer individueller Eigenschaften der Wanze.

Die Wanzenart *D. errans* ist als westpaläarktisches Faunenelement in unserer heimischen Tierwelt allgegenwärtig. Als ein Vertreter der ca. 40 % räuberisch lebenden Arten von aktuell 40.000 weltweit und 800 europäischen beschriebenen Heteroptera (DETTNER & PETERS 2003, SCHAEFER & PANIZZI 2000) gibt *D. errans* ein Beispiel für das Potenzial indigener Gegenspieler von Pflanzensaftsaugern. Heimische Gliederfüßer in der Funktion natürlicher Feinde von Phytophaga wirken der Faunenverfälschung durch exotische Nützlinge entgegen.

Wie WHEELER (2001) feststellt, zeichnen sich die ökologisch erfolgreichen Weichwanzen durch ihre langfristige Überlebensfähigkeit, die Eroberung ungewöhnlicher einzigartiger adaptiver Zonen, große Populationen und ihre weite geographische Verbreitung aus. So verfügt auch *D. errans* laut VOIGT (2002) offensichtlich über eine gute Anpassungsfähigkeit an diverse Habitate (Agrikultur- und Klimabereiche eingeschlossen). Die Weichwanze lebt im Wald und Offenland sowie in Schau- und Kulturgewächshäusern, in Gemüse-, Zierpflanzen- und verschiedenen Ackerkulturen, Kulturen nachwachsender Rohstoffe, Heil- und Gewürzpflanzen, Rabatten- und Sommerbepflanzungen. Die kontinuierliche Aktivität in den lichtarmen Herbst-, Winter- und Frühjahrsmonaten stellt die antagonistische Wirksamkeit von *D. errans* gegen Pflanzensaftsauger in Kalt- und Warmhauskulturen (z. B. Beet- und Balkonpflanzen) sicher. Von Vorteil ist ebenso die aktive horizontale und vertikale Verteilung von *D. errans* im Pflanzenbestand (bis zu 5 m Höhe im Tropenhaus Asien/Afrika des Botanischen Gartens der TU Dresden).

Dicyphus errans weist ein außerordentlich breites Beutetier- und Wirtspflanzenspektrum auf. Durch die Assoziation mit und die Adaptation an behaarte Pflanzen erschließt die Weichwanzenart Nischen, die von anderen Arthropoda, speziell von Räubern und

Parasitoiden, gemieden werden. Die englische Bezeichnung „plant bugs“ (Pflanzenwanzen) für die Miridae deutet auf eine enge Vergesellschaftung der Weichwanzen mit Pflanzen. Die Pflanzen erlangen als Eiablatesubstrat essentielle Bedeutung für viele Vertreter der Familie der Weichwanzen. Sie binden die Insekten in der Funktion als Entwicklungs- bzw. Lebensraum, Jagdrevier, alternative Nahrungs- und Wasserquelle an sich.

Dicyphus errans integriert sich mit seiner omnivoren Lebensweise als intermediäres Kompartiment in Nahrungsketten mit vielschichtigen Interaktionen.

Ein biologisch-ökologisches Grundverständnis für die Weichwanze *D. errans* und deren komplexen Eigenheiten zu entwickeln, bot die Motivation für die wissenschaftliche Arbeit mit dieser Insektenart.

Ausgiebige Recherchen zum aktuellen Stand der Wissenschaft lassen auf eine sehr begrenzte Existenz aussagekräftiger Kenntnisse über *D. errans* schließen.

Eigene Vorarbeiten zur Biologie, insbesondere zum Beutetierspektrum und zur Wirtspflanzenpräferenz dieser Weichwanze im Botanischen Garten der TU Dresden (Diplomarbeit 2000-2002) lieferten erste repräsentative Daten zu Morphologie, Verhalten, Lokomotion, Chronobiologie, Populationsdynamik, Fekundität, Entwicklungsdauer, Beutetierspektrum, Verzehrleistung, Wirtspflanzenpräferenzen, funktionelle und numerische Reaktionen, wie auch methodische Erfahrungen im wissenschaftlichen Umgang mit *D. errans* (vgl. Kap. 2, S. 3 ff.). Einerseits entstand ein Einblick in das facettenreiche Leben dieser Miridae im Botanischen Garten der TU Dresden. Andererseits leiteten sich neuerliche Forschungsansätze und Bedarf ab, das intensive Studium der Wanze unbedingt fortzusetzen. Ausgedehnte, über den Botanischen Garten hinaus verallgemeinerbare, Informationen sollten gewonnen werden, um unter Umständen Rückschlüsse auf die Integrierbarkeit von *D. errans* in (kommerziellen) Kulturpflanzenbeständen zu ermöglichen. Somit war der Anlass für die Initiierung des Promotionsvorhabens mit der wertvollen Unterstützung der Studienstiftung des Deutschen Volkes gegeben.

2 Literaturanalyse zur Systematik, Morphologie und Biologie der Wanzenart *Dicyphus errans* Wolff

Eine übergreifende komprimierte wissenschaftliche Zusammenschau zu Systematik und Grundlagen der Insektenordnung Wanzen (Heteroptera) sowie der Familie Weich- oder Blindwanzen (Miridae) findet sich in den eigenen Vorarbeiten (VOIGT 2002). Nachfolgende Betrachtungen widmen sich vorzugsweise der Art *Dicyphus errans*.

2.1 Taxonomische Einordnung

Standardwerke zur Systematik und Phylogenie der Heteroptera und der Miridae verfassten EHANNO (1983-87), FIEBER (1861), GÜNTHER & SCHUSTER (1990), HERING & ASHLOCK (1971), JORDAN (1962, 1963), JOSIFOV (1992), LUGIONI (1929), PICCO (1908), SCHUH (1976), SERVADEI (1957, 1967), STICHEL (1925 bis 1938), TAMANINI (1956, 1961, 1981, 1988), WACHMANN (1989), WAGNER (1951, 1952, 1970/71), WAGNER & WEBER (1964) und WEBER (1930). Aktuellere Revisionen lieferten AUKEMA & RIEGER (1999), SCHUH (1995), SCHUH & ŠTYS (1991) sowie WHEELER & HENRY (1992).

Die Abbildung 1 gibt einen Überblick der Heteroptera von den Unterordnungen bis zu den Familien in Anlehnung an DOLLING (1991), SCHUH (1976, 1995), SCHUH & ŠTYS (1991) sowie WHEELER ET AL. (1993).

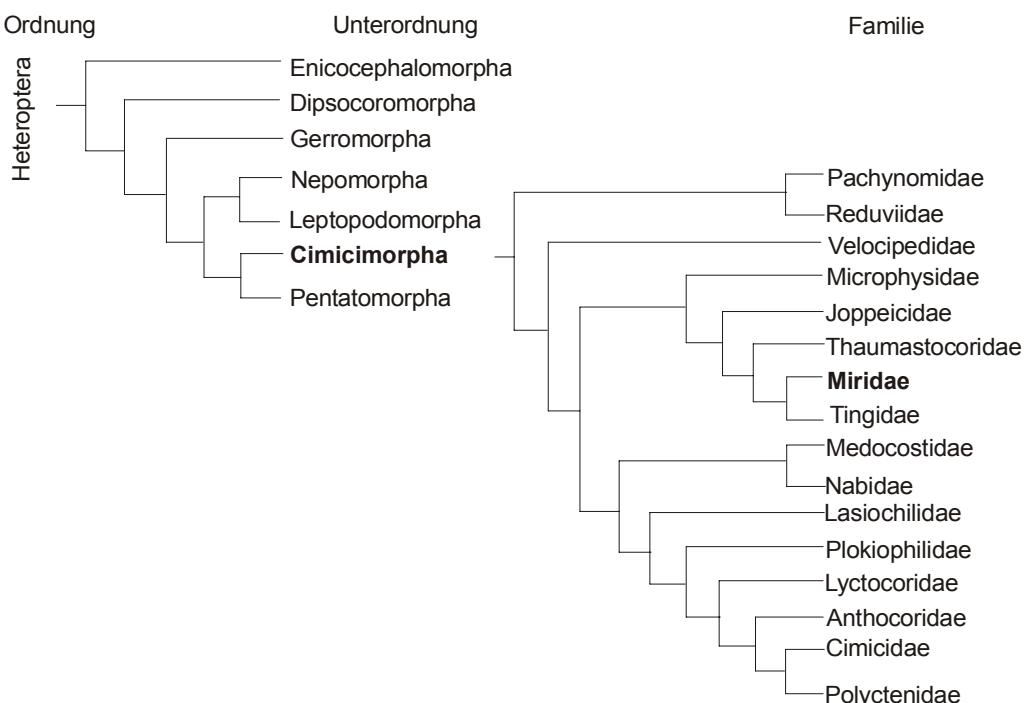


Abb. 1: Kladogramm der Heteroptera nach SCHUH (1976, 1995), SCHUH & ŠTYS (1991) sowie WHEELER ET AL. (1993);
(Die für die vorliegenden Ausführungen bedeutende Unterordnung und Familie sind fett hervorgehoben).

Die Familie Miridae umfasst mit 1400 Gattungen und ca. 10.000 beschriebenen Arten ein Drittel der gegenwärtig weltweit bekannten Heteroptera (SCHAEFER & PANIZZI 2000). Laut SCHUH (1995) gliedert sie sich in acht Unterfamilien: Isometopinae, Cylapinae, Psallopinae, Phylinae, Orthotylinae, Deraeocorinae, Mirinae und Bryocorinae. Die ca. 200 Gattungen der Bryocorinae verteilen sich auf die drei Tribi Bryocorini, Dicyphini (Untertribi: Dicyphina, Monaloniina, Odontellina) sowie Eccritotarsini (Untertribi: Eccritotarsina, Palau-corina). Die Art *Dicyphus errans* Wolff, 1804, aus der Gattung *Dicyphus* ist dem Untertribus Dicyphina im Tribus Dicyphini zuzuordnen.

2.2 Chorologie, Lebensraum, Habitat

Dicyphus errans lebt weit verbreitet in der Paläarktis als gemeines, indigenes Insekt (FIEBER 1861, MALAUSA 1989, SERVADEI 1957, SOUTHWOOD & LESTON 1959, STICHEL 1925-1938, TAMANINI 1961, WACHMANN ET AL. 2004, WAGNER 1951 und 1952, WAGNER & WEBER 1964). STEHLIK (1995) ordnet die Art als westpaläarktisches Faunenelement ein. TAMANINI (1981) begrenzt das Areal enger auf die euromaghrebisch-anatolische Region, TAMANINI (1988) auf die europäisch-mediterran-anatolische Region. ARNOLD (1999, 2001) erwähnt *D. errans* als eine in Sachsen häufig anzutreffende Wanze. Jordan (1963) zitiert sie als die häufigste *Dicyphus*-Art im gesamten Land Sachsen. BÜTTNER & WETZEL (1964) sowie COHRS & KLEINDIENST (1934) erbrachten Nachweise für diverse sächsische Standorte.

Zu den Habitaten von *D. errans* zählen sumpfige Wiesen (FIEBER 1861), schattige Waldstandorte (DOROW 2000, SERVADEI 1957), Eichenforste (DECKERT 1996, SÜHLO 1996), Flutebenen- bzw. Auwälder (ELÖD 2001, FAL 2000 und STEHLIK 1995), Felder (GEILER 1963), Hochgras-Kräuterfluren der Offenlandbereiche von Bergbaufolgelandschaften (BÖRING & WIEGLEB 1999), land- und gartenbauliche Kulturländer (KOLBE ET AL. 1988) sowie Gewächshäuser (EICHLER 1952, SCHEWKET BEY 1930). In mediterranen Gemüsekulturen tritt die Wanzenart spontan auf und trägt zusammen mit den verwandten Arten *Dicyphus tamaninii* Wagner und *Macrolophus melanotoma* Costa aktiv zur Regulierung von Weißen Fliegen (Aleyrodidae) bei (ALOMAR ET AL. 1990, 1992, 1994; ARZONE 1992; ARZONE ET AL. 1990; CALABRÓ 1992; CALVILLO 1998; CASTAÑE ET AL. 2000 a, b, 2004; CELLI ET AL. 1991; DELRIO ET AL. 1992; GOULA & TAVELLA 2000; MALAUSA 1989; PETACCHI & ROSSI 1991; RONCO & FAURE 1993; SLOBODYANYUK ET AL. 1995). WACHMANN ET AL. (2004) zufolge besiedelt *D. errans* vorwiegend die „Krautschicht mesophiler Offenlandstandorte“, aber auch urbane Gebiete und Gewächshäuser.

Die zitierten Pflanzenhabitale, eingeschlossen der eigenen zweijährigen Beobachtungen (VOIGT 2002), umfassen 149 Arten aus 34 Pflanzenfamilien (vgl. Anlage 1).

GORDH & HEADRICK (2001) definieren Pflanzen im Kontext mit Miridae durchaus als Wirtspflanzen, auch wenn keinerlei Schäden durch die Weichwanzen entstehen.

Generell ist ein sehr breites Spektrum an Habitaten und Wirtspflanzen zu bemerken, welche *D. errans* besiedelt. Darunter finden sich auch Sukzessions- und Kulturländer, was von der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Weichwanze zeugt. Diese gilt es experimentell zu ergründen und nachzuweisen.

Außerdem sind die Feldbeobachtungen von *D. errans* auszudehnen, um das natürliche Vorkommen anhand umfassenderer Daten und Belege stichhaltig zu dokumentieren.

2.3 Morphologie

Die Abbildung 2 verdeutlicht den Grundbauplan der Miridae skizzenhaft.

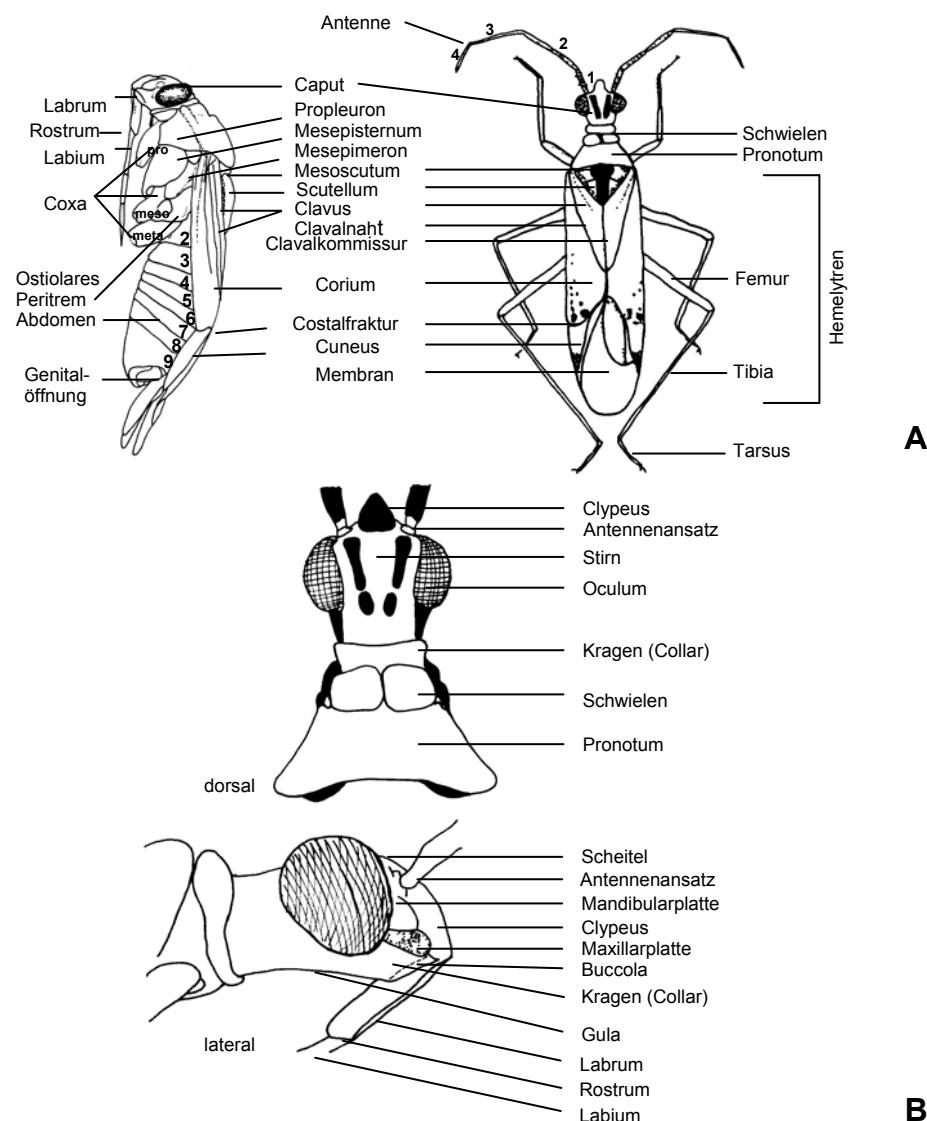


Abb. 2: Schematischer Grundbauplan der Miridae (nach TAMANINI 1988 und WHEELER 2001); A) Gesamthabitus, B) Detail Kopf-Pronotum-Bereich.

Angaben zur Morphologie von *Dicyphus errans* und weiteren Arten des Tribus Dicyphini finden sich insbesondere bei BENUZZI & MOSTI (1994), GOULA & ALOMAR (1994), HEDICKE (1963), KEILBACH (1966), PETACCHI & ROSSI (1991), SCHEWKET BEY (1930), TAMANINI (1988), VOIGT (2002), WAGNER (1951, 1970/71) sowie WAGNER & WEBER (1964). Allen Heteroptera gemeinsam ist die heterogene Beschaffenheit der Flügeldecken (Hemelyteren mit Corium und Membran), das Vorhandensein eines Scutellums (Schildchen) und stechend-saugender Mundwerkzeuge in Form eines Rostrums (Saugrüssel/Schnabel). Besondere Merkmale der Miridae bestehen in einem dünnhäutigen, schwach sklerotisierten Integument und dem Fehlen von Ocellen (Punktaugen).

Wie eigene Studien zeigten (vgl. VOIGT 2002), sind die **Imagines** von *D. errans* 4,5 bis 5,1 mm lang, sehr schlank, blassgrau, graugrün, dunkelgrau oder glänzend graubraun gefärbt (Abb. 3).

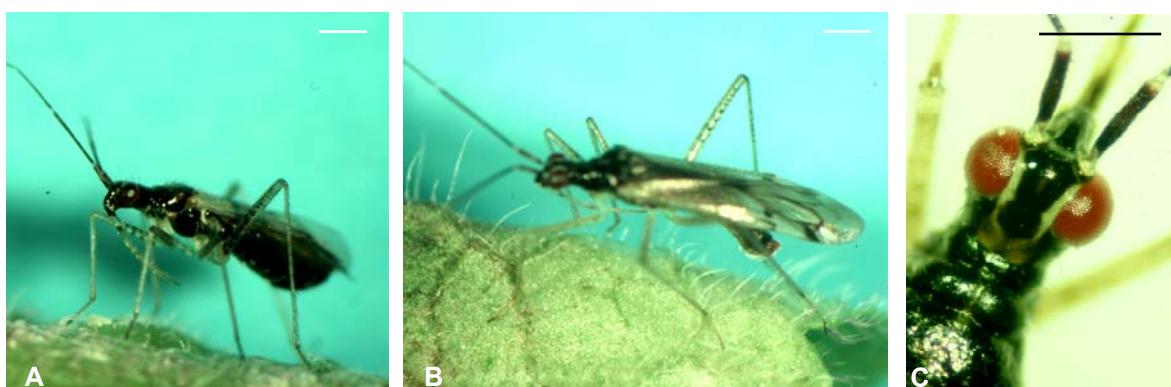


Abb. 3: *Dicyphus errans* Wolff (Maßstab entspricht 1 mm) (VOIGT 2002, 2004);
A) Weibchen, B) Männchen, C) Kopf dorsal im Detail.

Die Vollinsekten tragen cremefarbene Längsbinden auf dem Kopf, hervorstehende, große rote Komplexaugen (Abb. 3 C) und sehr lange dünne, viergliedrige Antennen (Fühler). Das erste Fühlerglied erscheint schwarz, schwarzbraun oder rotbraun mit schmalen hellen Enden. Die Länge der 2. Antennomere beträgt das 1,4- bis 1,8fache der Breite des Pronotums. Die Fühlerglieder 3 und 4 sind dunkel gefärbt, das Dritte proximal heller. Das Pronotum glänzt meist schwarz mit einer hellen Mittellinie, das Scutellum schwarz mit keilförmigen hellen Flecken. Die Vollinsekten sind stets makropter und gut flugfähig. Die Spitzen des Coriums und des Cuneus sind breit und dunkel gefärbt. Die mit feinen Haaren besetzten, transparenten Vorderflügel glänzen metallisch. Wie die anderen Körperregionen, sind auch die cursorialen¹ Beine behaart. Nach SCHUH (1976) handelt es sich vielfach um mechanorezeptorische Setae². Die Schenkel (Femuri) erscheinen blassgelb

¹ cursorial: (latein cursor = Läufer, -alis = charakterisiert durch) an Laufen/Rennen adaptierte Beine.

² Setae: (Singular Seta, latein Borste), hohle, oft dünne, haarähnliche kutikulare Auswüchse, produziert von Epidermalzellen des Integuments, bestehend aus trichogener, tormogener und Sinneszelle; (GORDH & HEADRICK 2001).

und braun punktiert. Sie besitzen auf der lateralen und ventralen Oberfläche 2 bis 8 spezialisierte sehr lange, feine, dünne sensorische Fadenhaare (Trichobothrien), die unter den Heteroptera für die Miridae einzigartig sind (WHEELER 2001) und als Apomorphie³ gelten (SCHUH & SLATER 1995). Die Schienen (Tibiae) und die dreifach segmentierten Füße (Tarsi) weisen eine dunkle Färbung auf. Die prätarsalen Strukturen variieren bei den Miridae stärker als in irgendeiner anderen Wanzenfamilie (WHEELER 2001). SCHUH (1976) klassifizierte die Weichwanzenarten auf der Grundlage dieser Besonderheiten. Demnach grenzen sich die Vertreter des Tribus' Dicyphini durch das Vorhandensein so genannter Pseudopulvilli von anderen Artengruppen ab. Im Gegensatz zu den für Miridae und andere Wanzenfamilien typischen, an den Klauen hervorgehenden echten Pulvilli (Haftlappen), entspringen die paarigen Pseudopulvilli der Dicyphini an der Basis der Unguitraktorplatte⁴. JORDAN (1962) und WIGGLESWORTH (1959) zufolge ermöglichen diese „Adhäsivorgane“ den Tieren das Festhalten an Pflanzen und glatten Oberflächen. WAGNER (1955) nimmt an, dass die Gruppen mit langen freien (Pseudo-) Pulvilli an ein Leben auf Pflanzen mit klebrigen Haaren adaptiert sind.

Eine weitere Eigenart des Tribus Dicyphini ist der hervortretende Halsring. Vertreter der Gattung *Dicyphus* zeichnen sich durch die deutlich gewölbten Schwielen des Pronotums sowie die langen Fühler und Beine aus. Die Schwielen von *D. errans* sind etwa 1,5mal so dick wie der Halsring (Abb. 3 B). Polymorphismus und Sexualdimorphismus sind bei *D. errans* ausgeprägt. Die Körperfalte des Weibchens umfasst das Zweifache der des Männchens. Die männlichen Geschlechtsorgane dienen der Artklassifikation. Die Weibchen tragen einen langen, kräftigen Legestachel (Ovipositor). Nach eigenen Beobachtungen und Dokumentationen der Eiablage (VOIGT 2002) erfolgt die Platzierung der Eier längs in Blattadern (Veination) und –stiele (Petiole) in das Pflanzengewebe (Abb. 4). Der Systematik von MICHALK (1935) zufolge ist das Ei von *D. errans* dem so genannten „profund-implantierten“, d. h. tief eingepflanzten, Eitypus zuzuordnen. Es wird je nach Pflanzenart 200 bis 1000 µm tief in das Pflanzengewebe eingesenkt (VOIGT 2002). Nach außen ist die ca. 100 bis 200 µm lange und 50 µm breite Eiöffnung (Operculum) bei 30- bis 40facher Vergrößerung mittels Binokular mit Durchlicht zu erkennen. Die Pfeile in Abbildung 4 D, E weisen auf die röhrenartigen Atemöffnungen: Poren, Mikropylen (COBBEN 1968) oder „Atmungshörner“ (CONSTANT ET AL. 1994). Sie krümmen sich gegeneinander nach innen und sind scheinbar ein Auswuchs die direkte Fortsetzung der Eischale. Deren inneres maschennetzartiges Belüftungssystem steht darüber in direktem Kontakt mit der atmosphärischen Luft (COBBEN 1968, MICHALK 1935, WIGGLESWORTH 1959).

³ Apomorphie: (griechisch apo = weg von, morph = Form) in der cladistischen Klassifikation abgeleitete, in der betreffenden Stammlinie neu erworbene Merkmale (GORDH & HEADRICK 2001).

⁴ Unguitraktorplatte: sklerotisierte Platte, die den Prätarsus mit dem Terminalsegment des Tarsus verbindet; Unguitraktor = Ansatzstelle des Klauenflexormuskels, der die Klauenkrümmung bewirkt (GORB 2001).

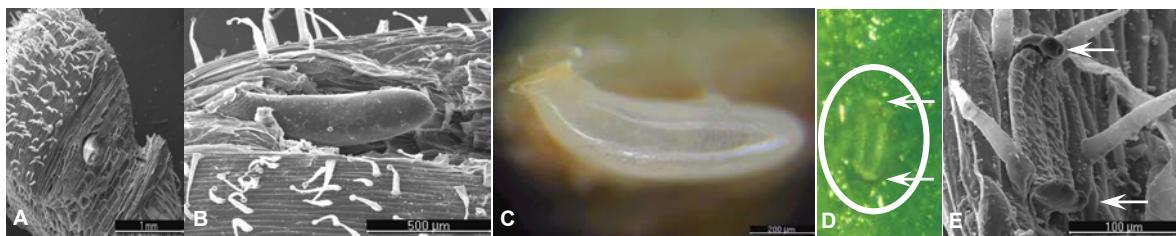


Abb. 4: Ei von *Dicyphus errans* Wolff im Blattgewebe (*Nicotiana sylvestris*, Solanaceae) (REM-Aufnahmen Bäucker; Präparate Voigt; Foto Voigt; A, B; E Rasterelektronenmikroskop 'JEOL JSM – T 330 A'; C, D Binokular NIKON SMZ U) (VOIGT 2002); A: Dorsalansicht einer Blattader mit lokal entfernter Epidermis und hervorstehendem Ei; B: Lateralansicht einer Blattader mit oberflächig herauspräpariertem Ei; C: Eiöffnung/Operculum, 30x; D, E: Eiöffnung/Operculum; Pfeile deuten jeweils auf die hervorstehenden Atemöffnungen (Mikropylen).

Nach VOIGT (2002) misst das Ei 700 bis 1000 µm Länge und knapp 250 µm Breite. Das hyaline Gebilde nimmt während der Embryonalentwicklung eine gelblich-orange Färbung an. Die Oberfläche ist glatt. Im Inneren befinden sich wabenähnliche Strukturen wie sie SCHEWKET BEY (1930) beschreibt. Die Musterung des gesamten Eis entspricht COBBEN (1968) zufolge der hexagonalen Zeichnung der inneren maschennetzartigen Atmungsschicht ('aeriferous inner layer') der Eischale. Bei eigenen Studien mit dem Rasterelektronenmikroskop waren vereinzelte hexagonale Abdrücke an der Eiwölbung nahe dem Operculum und auf dem Operculum zu entdecken (Abb. 5). Sie kommen durch die Musterung der Follikelzellen⁵ zustande und sind artspezifisch mehr oder weniger stark ausgeprägt (COBBEN 1968). Die wabenförmigen Strukturen sind wesentlicher Bestandteil des 'Respirationsmechanismus' der Eier und dienen wahrscheinlich gleichzeitig der Stabilisierung und Festigung des Eis im Pflanzengewebe. Außerhalb des Pflanzengewebes, ohne permanente Wasserverfügbarkeit, sind die dünnhäutigen Eier nicht überlebensfähig (VOIGT 2002). Sie trocknen aus. Die stabile Eihülle bleibt zurück.

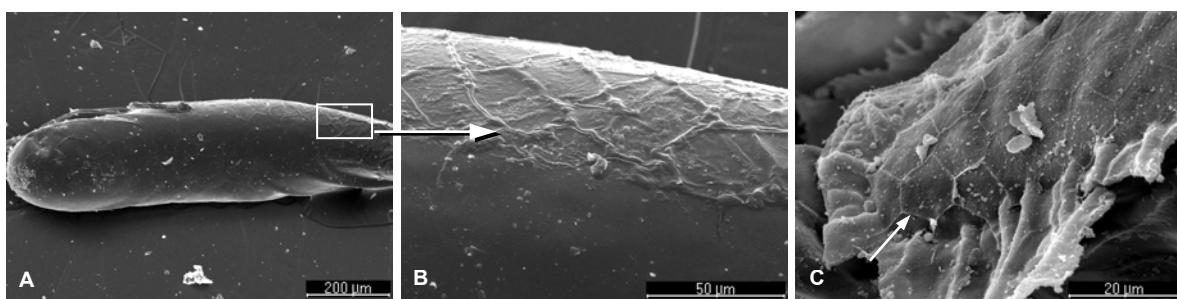


Abb. 5: Hexagonale Abdrücke der Follikelzellen eines Eies von *Dicyphus errans* Wolff; REM-Aufnahmen Bäucker, Präparate Voigt (VOIGT 2002); A, B im Nackenbereich des Eies und C, auf dem Operculum.

⁵ Follikelzellen: bilden (1) das mehrschichtige, das Ei schützende Chorion (Eischale), (2) einen dorsalen Anhang für die Atmung und (3) die Mikropyle für das Eindringen des befruchtenden Samens in das Ei (GORDH & HEADRICK 2001).

Das erste **Larvenstadium** misst den eigenen Analysen zufolge knapp 1 mm, ist kurz nach dem Schlupf gelborange, später sattgrün gefärbt (Abb. 6). Es besitzt leuchtend rote Komplexaugen. Die nachfolgenden Larven- und **Nymphenstadien** sind ca. 2 bis 4,8 mm groß und glänzend grün gefärbt. Sie weisen ebenfalls große rote Komplexaugen auf. Der an nähernd walzenartige Körper weist einen verdickten, tropfenartigen, abgerundeten Hinterleib auf. Die ersten Fühlerglieder aller Jugendstadien sind rotbraun gefärbt (VOIGT 2002).



Abb. 6: *Dicyphus errans* Wolff, Maßstab entspricht 3 mm (VOIGT 2002, 2004);
A) zweites Larvenstadium, B) erstes und C) zweites Nymphenstadium.

MINNOCCI & PETACCHI (1996) beobachteten an Larven und Nymphen ein dorsales abdominales Drüsensystem. Imagines verfügen über pterothorakale Duftdrüsen zwischen den Extremitäten des Meso- und Methathorax. Des Weiteren erwähnen die Autoren verschiedene Haartypen auf der Körperoberfläche von *D. errans*. Demnach befinden sich dorsal an den ersten Fühlergliedern der Imagines und der ersten beiden Jugendstadien Sensillenfelder aus 10 bis 30 glatten Zapfensensillen. Am ersten Dorsalsegment aller Stadien liegt ein placoides Sensillum⁶. Sämtliche Dorsalsegmente weisen zahlreiche trichoide⁷ und chaetische Sensillen⁸ auf. Das zweite und dritte Segment des ersten und zweiten Entwicklungsstadiums zeigen sehr viele kleine weiche Sensillen zwischen zerstreuten, lang gerillten chaetischen Sensillen. Das Rostrum ist mit vielzähligen haarartigen Mechanorezeptoren und dessen Spitze mit Terminalfeldern von 9 bis 11 Zapfensensillen ausgestattet.

Summa summarum besteht hinsichtlich der spezifischen Morphologie von *D. errans*, vor allem die Formen und Funktionen (funktionelle Morphologie) sowie Mikrostrukturen betreffend weiterer Forschungsbedarf, um die Art umfassend zu charakterisieren.

⁶ placoides Sensillum: flacher, plattenartiger, von externer Membran bedeckter vergroßerter Porenkanal, der nach außen hin kontinuierlich im Integument integriert ist (wahrscheinlich olfaktorische Funktion);

⁷ trichoide Sensillum: meist generalisierte Art von Sensillen; externe Part als haarartige Seta, die an der Basis mit der Kutikulaoberfläche verbunden ist (Mechanorezeption);

⁸ chaetisches Sensillum: taktiles Sinnesorgan mit äußerem Teil in Form eines Dorns oder einer Borste oder modifiziertes trichoide Sensillum mit Ring um der Basis (Mechano-, fallweise Chemo- und Audiorezeption); (GORDH & HEADRICK 2001).

2.4 Bionomie

2.4.1 Lebenszyklus

Als hemimetabole Insekten entwickeln sich Wanzen „unvollständig“ ohne Verpuppung bis zur Imago. Wie alle Miridae häutet sich *D. errans* fünfmal und durchläuft fünf Jugendstadien (Präimaginalstadien), welche den Adulten kontinuierlich ähnlicher werden. Die ersten drei Stadien werden Larven (L I, L II, L III) oder auch Neaniden genannt (MILLER 1971, VIGGIANI 1971). Die Entwicklungsstufen vier und fünf lassen deutliche Flügelansätze erkennen und sind dementsprechend als Nymphen (N I, N II) zu bezeichnen (DETTNER & PETERS 1999, WAGNER 1952 und 1970/71, WEBER 1930). Den eigenen Untersuchungen zufolge hängt die Entwicklungsdauer wesentlich von den Klimabe dingungen und vom Beuteangebot ab (VOIGT 2002). Sie beträgt bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $75 \pm 10\%$ relativer Luftfeuchte und 16stündiger Photoperiode mit Eiern der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* Olivier (Gelechiidae) und einem Blattstück von *Nicotiana sylvestris* Spegazz. et Gomez (Solanaceae) durchschnittlich 23 Tage bei einer Stichprobengröße von $n = 25$ (Abb. 7).

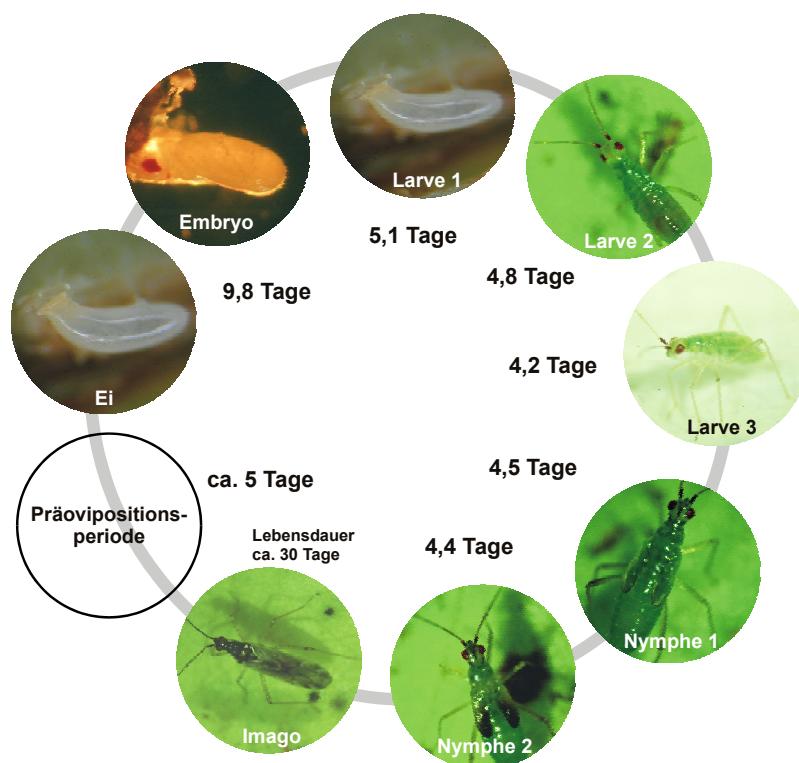


Abb. 7: Entwicklungskreislauf von *Dicyphus errans* Wolff (Klimaparameter: $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $75 \pm 10\%$ relative Luftfeuchte, 16stündige Photoperiode) mit Eiern von *Sitotroga cerealella* Olivier (Gelechiidae) und einem Blattstück von *Nicotiana sylvestris* Spegazz. et Gomez (Solanaceae), $n = 25$ (VOIGT 2002).

Unter Angebot von *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (Aleyrodidae) verläuft der Zyklus mit 23,1 Tagen im Mittel nur unwesentlich langsamer ($n = 20$). Bei Beuteausschluss gelingt meist keine erfolgreiche Häutung zur Imago. Unter wechselnden Klimabedingungen verzögert sich die Entwicklung beachtlich bis zu einer Dauer von 36,8 Tagen ($n = 5$). Die Lebensdauer der Imagines liegt bei ca. einem Monat (VOIGT 2002).

WAGNER (1952) und STICHEL (1925-38) beschreiben *D. errans* als univoltine Spezies, WACHMANN ET AL. (2004) unter günstigen Bedingungen als bivoltine. Ergebnisse aus Beobachtungen und Untersuchungen zur Chronobiologie der Weichwanzenart im Botanischen Garten der TU Dresden lassen darauf schließen, dass in diesem Areal mindestens zwei Generationen pro Jahr im Freiland, bis zu drei im Kalthaus- sowie bis zu vier und mehr im Warmhausbereich erreicht werden (VOIGT 2002). *Dicyphus errans* lebt dementsprechend multi- bzw. polyvoltin (Abb. 8). Im Freiland überwintern die Imagines, sowohl Weibchen als auch Männchen, in Streu, Bodenkrumen und Staudenrosetten. Unter Gewächshausbedingungen sind alle Stadien ganzjährig aktiv (VOIGT 2002). Es besteht ein Nebeneinander der Generationen.

Wie andere Arthropoden sind Wanzen in der Lage, nachteilige Umweltbedingungen (Winter, extreme Trockenphasen oder akuter Nahrungsmangel) in Entwicklungs- und Stoffwechselruhe (Dormanz) zu überdauern (DETTNER & PETERS 1999). Bei günstigen klimatischen Bedingungen und Nahrungsangebot wird *D. errans* auch im Winter aktiv (VOIGT 2002).

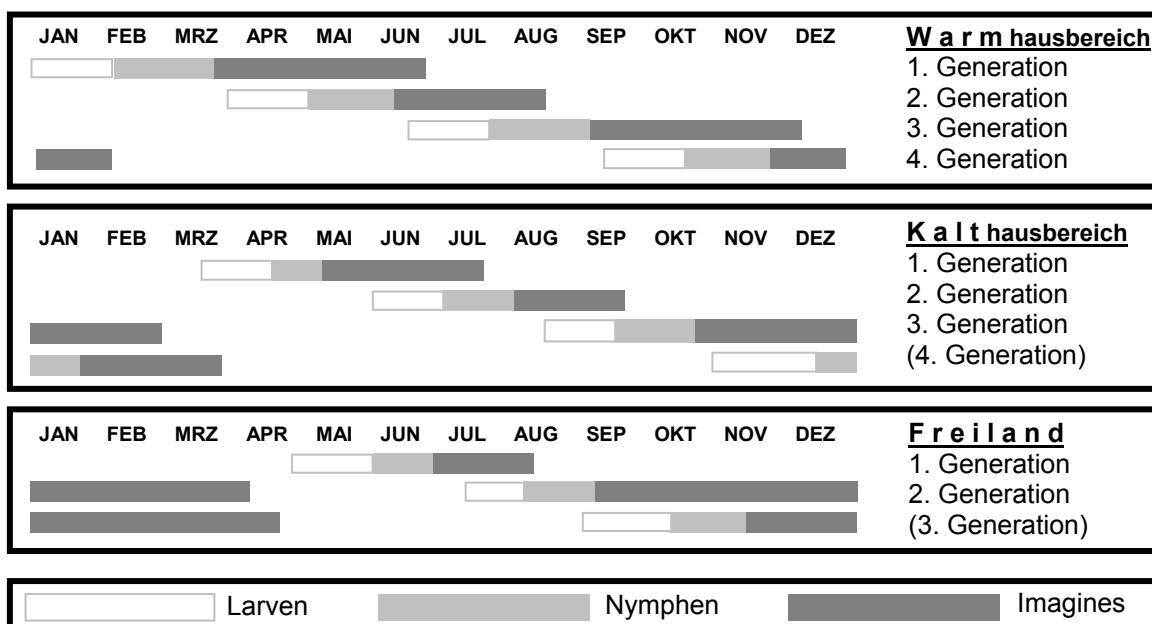


Abb. 8: Generationsfolgen von *Dicyphus errans* Wolff im Botanischen Garten der Technischen Universität Dresden (VOIGT 2002).

2.4.2 Fortpflanzung

Die Fortpflanzung findet geschlechtlich durch die Verpaarung von Männchen und Weibchen statt. Eigenen Beobachtungen (VOIGT 2002) zufolge kopulieren die Partner vor allem in den Morgenstunden (6:00 bis 8:00 Uhr) auf den Blattunterseiten. Für ca. 25 Minuten verbleiben sie in der „End-gegen-End-Stellung“ (HONOMICHEL & BELLMANN 1996, WEBER 1930) im Wechsel von ruckartigen Bewegungen und Ruhephasen (VOIGT 2002).

2.4.3 Eiablage, Fekundität

Nach der Präovipositionsperiode, der Reifungsphase der Eier, legen die Weibchen von *D. errans* mittels ihrer langen, kräftigen Legescheide (Ovipositor) die Eier in das Gewebe von Wirtspflanzen. Darin sehen MELBER & SCHMIDT (1977) eine Form der Brutvorsorge bei den Wanzen: „Das Weibchen sucht zur Eiablage einen Ort auf, der sowohl für die Eier günstig ist, als auch für den Nahrungserwerb der später schlüpfenden Larven.“ Nach SOUTHWOOD (1972) liegt das Ziel dieser Eiablagestrategie in einer Reduzierung des Wasserverlustes. Untersuchungen von CONSTANT ET AL. (1994) für *Macrolophus melanotoma* Costa (Dicyphini) und von BRAUNE (1980) für *Leptopterna dolobrata* L. (Mirini) belegen, dass sich während der Embryonalentwicklung das Trockengewicht der Eier nicht ändert bzw. verringert, während der Wassergehalt ansteigt. Das Wasser wird durch die Kutikularmembran aus der feuchten Umgebung (Pflanzengewebe) absorbiert WIGGLESWORTH (1959).

Eigene Untersuchungen (VOIGT 2002) verdeutlichen, dass die Fekundität bei *D. errans* von einem umfassenden Faktorenkomplex abhängt. So üben z. B. die klimatischen Bedingungen, das Beuteangebot, die Art und Beschaffenheit der Wirtspflanzen, die Populationsdichte sowie die Verfügbarkeit räumlicher Ressourcen einen Einfluss aus. Die Weibchen von *D. errans* zeigen unter Versuchsbedingungen eine numerische Reaktion. Eiablage und Beuteangebot korrelieren signifikant positiv. Je stärker die Individuenabundanz, desto weniger Eier legt ein einzelnes Weibchen ab. Ursachen liegen in der mutualen Interferenz (BEGON ET AL. 1991, SCHWERDTFEGER 1968) und dem 'crowding effect' (Kollisionseffekt laut ANDREWARTHA & BIRCH 1970). Allerdings tritt dieser Effekt, nach eigenen Untersuchungsergebnissen zu urteilen, bei ausreichendem Angebot von tierischer Nahrung in den Hintergrund (VOIGT 2002).

CONSTANT ET AL. (1996) wiesen für die Art *M. melanotoma* eine geringere Anzahl abgelegter Eier in härterem Pflanzengewebe von *Pelargonium peltatum* nach. TER HORST (2000) sowie LYKORESSIS ET AL. (2001) zufolge, wirken sich bei der Weichwanze *Macrolophus pygmaeus* verschiedene Pflanzenspezies und Sorten nicht nur auf die Eiablage, sondern ebenso auf die Entwicklung aus.

Die eigenen Versuchsreihen mit *D. errans* (VOIGT 2002) bestätigen die Ausführungen der anderen Autoren. Vor allem an Pflanzen mit großem Blattadernquerschnitt werden unter Versuchsbedingungen mehr Eier abgelegt. Die Anzahl täglich abgelegter Eier beträgt durchschnittlich 2,4 an *Nicotiana sylvestris* Spegazz. et Gomez (Solanaceae) und *Plectranthus ambiguus* (Bolus) Codd (Lamiaceae) bis zu 0,4 an *Hypoestes verticillaris* (L. f.) (Acanthaceae) bei einer Stichprobengröße von n = 10.

Inwieweit Temperatur, Luftfeuchte, Lichtverhältnisse, Nahrungsangebot sowie Arten, Sorten und Qualität der Wirtspflanzen auf die Biologie von *D. errans* (Fekundität, Natalität, Ontogenese, Dormanz) im Einzelnen Einfluss ausüben, bleibt zu klären. Nur durch umfangreiches Datenmaterial kann der optimale Aktions- und Entwicklungsbereich der Weichwanze abgegrenzt werden.

2.4.4 Nahrungserwerb

Dicyphus errans ernährt sich omnivor (BENUZZI & MOSTI 1994, COSTANZI & PINI 1991, GOULA & ALOMAR 1994, MALAUSA 1989, PETACCHI & ROSSI 1991, RONCO ET AL. 1992, RONCO & FAURE 1993, SCHEWKET BEY 1930, SLOBODYANYUK ET AL. 1995, TAMANINI 1989, VOIGT 2002, WACHMANN ET AL. 2004). Als Allesfresser bzw. Gemischtköstler nimmt die Wanze tierische und pflanzliche Nahrung auf. Sie ist fähig zum „Switching“ („Umschalteraktion“, Präferenzwandel laut BEGON ET AL. 1991 sowie COLL & GUERSHON 2002), dem Wechsel zwischen verschiedenen trophischen Ebenen und Habitaten und somit zum Übergang auf Alternativnahrung je nach der Verfügbarkeit und des Nährwertes. Die höherwertige tierische Kost wird der pflanzlichen gegenüber stets bevorzugt. Unter Ermangelung energiereicher Beute wird die Alternativkost verzehrt (BEGON ET AL. 1991, COHEN 1996, GILLESPIE ET AL. 1999, SCHAEFER & TISCHLER 1983). Die Autoren GILLESPIE ET AL. (1999) sowie GILLESPIE & MCGREGOR (2000) deuten in der essentiellen Pflanzensaftaufnahme die Deckung des Wasserbedarfs als Hauptfunktion. Wasserressourcen sichern den Weichwanzen die Entwicklung, ihre „osmotische Balance“, den Verdunstungsschutz, ihren Stoffwechsel (Oxidation) und deren physiologische Kondition. Besonderen Stellenwert erlangt die Aufnahme von Wasser für die Beuteaufnahme und extraorale (extraintestinale) Verdauung, im weiteren Sinne ihrer Fitness. Wanzen mit Wasserdefizit konsumieren keine Beutetiere. Für die Synthese von Speichel und Verdauungsenzymen (vor allem Protease und Lipase) stellt eine optimale Wasserversorgung über die Aufnahme von Pflanzensaft die Grundvoraussetzung dar (GILLESPIE & MCGREGOR 2000). *Dicyphus hesperus* in Kanada entwickelt sich ohne Pflanzenmaterial oder Wasser nicht. Pflanzliche Kost ermöglicht den Räubern das Überleben bei Mangel an tierischer Beute und übt einen positiven Einfluss auf die Entwicklung aus (ALOMAR &

ALBAJES 1996, COLL & GUERSHON 2002, GILLESPIE & MCGREGOR 2000, NARANJO & GIBSON 1996).

Bezüglich des dynamischen Gleichgewichts in Biozönosen wirkt sich die polyphage, opportunistische und omnivore Lebensweise positiv aus. DIEHL & FEIßEL (2000), FAGAN (1997) sowie MC CANN ET AL. (1998) halten Nahrungsnetze, die spezialisierte und generalistische Konsumenten umfassen, für stabiler. Eine polyphage Räuberart ist ELTON (zitiert in DIXON 1959) zufolge zudem fähig, eine Vielzahl verschiedener Beutespezies simultan zu kontrollieren. Die hervorragende Fähigkeit von Generalisten besteht darin, auf alternative Nahrung überzugehen, wenn die geeignete Nahrung (welche die Entwicklung und Fortpflanzung am besten sichert) knapp wird. Generalisten können sich besser an minderwertigeres alternatives Futter anpassen als Spezialisten. Sie etablieren sich und überleben in Pflanzenbeständen bei Nahrungsmangel bzw. Abwesenheit energiereicher Beutetiere (RANA ET AL. 2002) und sind frühzeitig bei sich aufbauenden Schädlingspopulationen präsent (PERDIKIS & LYKORESSIS 1997, 2000 und 2001).

Eigene Studien und Recherchen belegen, dass die stechend-saugenden Mundwerkzeuge Nahrung nur in flüssiger Form aufnehmen (KULLENBERG 1946, VOIGT 2002). Die räuberischen Weichwanzen ertasten die Pflanzenoberfläche und Beute mit der Rostrumspitze und den Tarsen. Der ernährungstypologischen Kategorisierung WOLFRAM'S (1972) entsprechend zählen sie zu den Tastwanzen.

Wanzen orientieren sich nach äußeren Reizen und Gradienten im Raum. Ausschlaggebende Faktoren sind Kontaktreize der Unterlage (Pflanzentextur- und struktur), Licht, Temperatur, Luftfeuchte, Schwerkraft, Duftstoffe, sowie intra- und interspezifische Wechselwirkungen (DETTNER & PETERS 1999, WIGGLESWORTH 1959).

Nach dem Überwältigen und Anstechen der Beute bohren sich die beiden Mandibularborsten des Rostrums abwechselnd tief in diese ein (COBBEN 1978 und 1979). Durch den Speichelgang wird Speichelsekret in die Beutetiere abgegeben. Darin enthaltene Giftstoffe und Enzyme lähmen oder töten die Opfer, verhindern deren Blutgerinnung und hydrolysieren sie. Somit können auch relativ große Beutetiere überwältigt werden.

Im Rahmen eigener Beobachtungen und Untersuchungen (VOIGT 2002) wurde die erfolgreiche Konsumption von 16 Beutetierarten aus acht Arthropodenfamilien nachgewiesen. Die Abbildung 9 (S. 15) verdeutlicht die mittlere prozentuale Verzehrrate eines Pärchens von *D. errans* für sieben verschiedene Pflanzensaftsauger. Deren Populationen konnten die Wanze jeweils signifikant im Vergleich zur parallelen Kontrollvariante ohne Räuber einschränken. Aphididae werden besonders effizient ausgesaugt, was auch COSTANZI & PINI (1991), PETACCHI & ROSSI (1991), SCHEWKET BEY (1930), SCHRAMEYER (2000) und TAMANINI (1956) bestätigen. Die Verzehrleistung der Imagines von *D. errans*

liegt dabei höher als diejenige der Jugendstadien. Dieser Unterschied beträgt zum Beispiel mit der Beute *Myzus ornatus* Laing. an *Plantago palmata* Hook. F. (Plantaginaceae) acht Prozent.

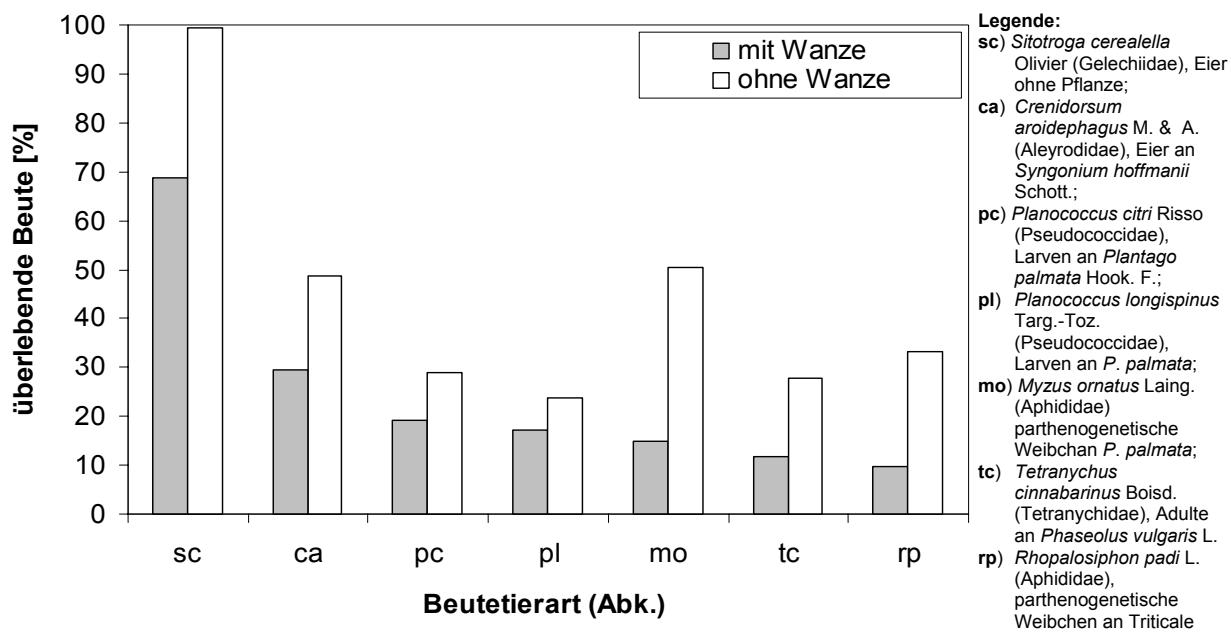


Abb. 9: Mittlere Verzehrleistung eines Pärchens von *Dicyphus errans* Wolff innerhalb von 24 Stunden, dargestellt am Verhältnis prozentual überlebender Phytophaga in der Variante mit Wanze *D. errans* in Relation zur Kontrollvariante ohne Wanze, n = 5 (VOIGT 2002).

Die aufgenommene Nahrung muss die Fitness (Energiegewinn für Entwicklung und Fekundität) der räuberischen Insekten gewährleisten. Neben Gewicht und Nährwert der Beute erlangen deren Größenverhältnisse und das Alter besondere Bedeutung für die räuberische Effizienz der Weichwanzen (SENGONCA ET AL. 2002 a und b). Die Verzehr率 von Räubern ist im Allgemeinen größer, je kleiner die Beute ist. Ältere Entwicklungsstadien der Opfer sind häufig schwerer zu handhaben und durch eine härtere Cuticula oder stärkere Bewachsung weniger attraktiv, wodurch sich die Rate ausgesaugter Organismen insgesamt verringert (BEGON ET AL. 1991).

Bemerkenswert ist die Fähigkeit von *D. errans* zur funktionellen Reaktion. Die Erhöhung angebotener *Tetranychus cinnabarinus* (Tetranychidae) korreliert signifikant positiv mit der Verzehr率. Verwandte Weichwanzen zeigen dasselbe Verhalten bei der Konsumption der Aleyrodidae *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (SALAMERO ET AL. 1987, WHEELER ET AL. 1975).

Die Wechselwirkungen im Pflanzen-Beute-Wanzen-Komplex und deren Auswirkungen auf den Nahrungsverzehr nehmen insbesondere bei Omnivoren einen herausragenden

Stellenwert ein. EUBANKS & DENNO (2000 b), DEGUINE & HAU (2001) sowie REINHOLD (1975) bestätigen die unterschiedliche Eignung einer Blattlausart für ihre Feinde je nachdem, welche Pflanzenart und –sorte sie besaugt. Pflanzen fungieren für Miridae nicht nur als Jagdrevier, sondern auch als Mikrohabitat, Eiablage- und Entwicklungsort sowie als zusätzliche Wasserquelle.

Den eigenen Studien zufolge, gilt die Prädationsfähigkeit von *D. errans* als sicher. Ein breiteres Screening von unterschiedlichen, auch kulturrelevanten Beutetierarten in Verzehrtests erweitert die Kenntnis um das räuberische Potenzial der Weichwanze. Gleichzeitig müssen die vielschichtigen Einflussfaktoren auf die Nahrungsaufnahme (z. B. Klima, Verhalten und Präferenzen von *D. errans*) berücksichtigt werden.

2.4.5 Wirtspflanzenpräferenz

Trotz ihres weiten Beute- und Wirtspflanzenspektrums zeigen Generalisten Präferenzen für Nahrung und Habitate (BEGON ET AL. 1991, JERVIS & KIDD 1996, SCHWERDTFEGER 1963). CARAYON (1961) und COLL (1998) erwähnen diese Tatsache für räuberische Wanzen. Bei zwölfstündigen Orientierungstests in Gazekäfigen mit sechs verschiedenen Wirtspflanzen zeigte *D. errans* stadien- und geschlechterspezifische Unterschiede abhängig vom Beuteangebot (VOIGT 2002). Beispielsweise hielten sich die Weibchen unter Beuteausschluss an der stark behaarten, großblättrigen Lamiaceae *Plectranthus ambiguus* (Bolus) Codd. auf. So scheint der Verdunstungsschutz der schwach sklerotisierten Miridae insbesondere unter Ermangelung von tierischer Nahrung hervorzutreten. Mit Angebot von *Planococcus citri* verhielten sich die Weibchen aktiver, wechselten die Pflanzen öfter und bevorzugten hierbei die behaarte, dünnblättrige Vitaceae *Cissus njegerre* Gilg. Befanden sich die gleichen Pflanzensaftsauger lediglich auf der einen im Käfig vorhandenen unbehaarten Pflanze (*Syngonium hoffmannii* Schott., Araceae), folgte *D. errans* der Beute und besetzte nunmehr auch die haarlose Pflanze, welche zuvor gemieden wurde. Somit änderte sich die Attraktivität der Wirtspflanzen je nach Verfügbarkeit von Beute.

Die Resultate der eigenen Vorarbeiten lassen auf ein komplexes Sinnesleben von *D. errans* schließen, das bei der Charakterisierung der Art und ihrer regulativen Fähigkeiten gegenüber Phytophaga unbedingt berücksichtigt werden muss! In diesem Zusammenhang bedürfen die Interaktionen Pflanze-Wanze, deren Hintergründe und dahingehende Präferenzen weiterer wissenschaftlicher Aufklärung.

2.4.6 Fortbewegung

Die Bindung und Adaptation an Pflanzen spiegelt sich in der Lokomotion von *D. errans* auf Pflanzenoberflächen wider. Die Wanze schreitet mit sehr langen, dünnen Beinen über die Pflanzenoberflächen hinweg. Die Gewandtheit auf behaarten Pflanzen ist erstaunlich. Die Wanzen besitzen eine geringe Kontaktfläche mit den Pflanzen und berühren die Trichome nur mit den Tarsenspitzen, den Klauen. Jeweils ein Klauenpart umgreift unter Mithilfe der Pseudopulvilli und Parempodia ein Pflanzenhaar (Abb. 10). Beim nachfolgenden Schritt wird der andere Teil der Klaue aktiviert.

Insbesondere glandulär⁹ behaarte Oberflächen werden so erschlossen. Eigene Studien (VOIGT 2002) bestätigen Beobachtungen von SOUTHWOOD (1986). Der Autor dokumentiert die Bewegungsabläufe von *D. errans* an *Ononis sp.* anhand der Auswertung von Filmaufnahmen mit Elektronenmikrografie. Demnach wird der Körper in Ruhe weit weg von der Pflanzenoberfläche gehalten und die langen Tibiae nahezu vertikal (Abb. 10 A). Die hinteren Tibiae sind besonders lang, so dass der Hinterfemur über die Körperlinie/-höhe hinaus steht.

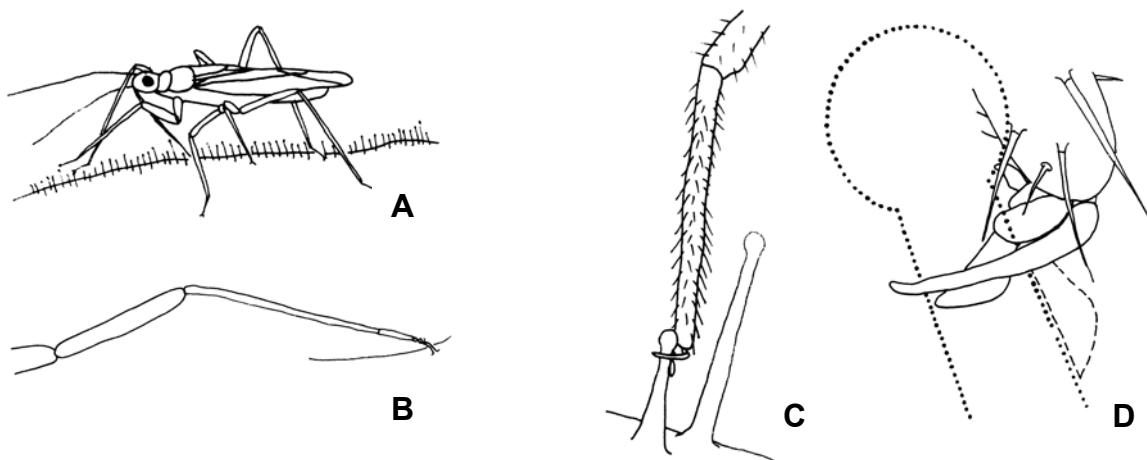


Abb. 10: Fortbewegung von *Dicyphus errans* Wolff auf *Ononis sp.* (nach SOUTHWOOD 1986);

A) typische Körperhaltung; B) Winkel eines festklebenden Hinterbeines und starke Auslenkung des Trichoms; C) Prätarsus des Vorderbeines ergreift ein Trichom unterhalb des Drüsenkopfes; D) Detail des Prätarsus' mit der Position des Trichoms und der Verlagerung des Pseudopulvillus in gestrichelter Linie.

Wenn ein Bein bewegt wird, erlaubt der schmale Körper das Anheben des Femurs, so dass sich die Tibia vertikal abhebt und die Wahrscheinlichkeit ein Haar zu berühren minimiert ist. Wird ein Vorder- oder Mittelbein auf die Pflanzenoberfläche gesetzt, ist der

⁹ glandulär: (lateinisch glans > glandis = Eichel) den Charakter oder die Funktion einer Drüse besitzend; zu Drüsen gehörig (GORDH & HEADRICK 2001).

Winkel zwischen Tibia und Tarsus sehr groß (> 145°). Nur die Tarsalspitze kommt somit in Kontakt mit der Pflanzenoberfläche. Die Wanzen laufen auf „Zehenspitzen“ und können ihren Prätarsalkomplex auf der Pflanzenoberfläche gezielt „platzieren“. Der Prätarsus ergreift einen Trichomzweig, der im Klauenwinkel gehalten wird, so dass sich dieser parallel zur Blattoberfläche befindet. Zur Vorwärtsbewegung aus der Ruheposition drückt der Pseudopulvillus gegen das Trichom. Die vielen Haare an den Tarsi agieren wahrscheinlich als Mechanorezeptoren und offerieren die minimale Oberfläche für die Adhäsion, wenn Kontakt mit den klebrigen Tröpfchen eines Trichoms besteht. Glanduläre Trichome werden nur unterhalb des Drüsenkopfes im unteren Sechstel der Haarlänge umkrallt (Abb. 10 C, D, S. 17). Trotz der Anpassungen kleben gelegentlich Beine fest und die Wanze versucht sie zu lösen. Beim Fehlschlagen bleibt das Bein bis ein sehr kleiner Winkel (20° bis 25°) zwischen Achse und Körper entsteht, mit dem Femur und Tibia parallel liegen (Abb. 10 B, S. 17). Es scheint, dass die Vorwärtsbewegung und die leichte Aufwärtsbewegung des ganzen Körpers das Bein befreien können, obwohl RUSSELL zitiert in SOUTHWOOD (1986) Individuen mit fehlenden Beinen entdeckte.

Auf der Suche nach Nahrungsquellen, Geschlechtspartnern, Reproduktionsorten oder bei Fluchtreaktionen können die Imagines im Fluge aktiv beachtliche Strecken zurücklegen (GÜNTHER 1974, VOIGT 2002, WHEELER 2001). Insbesondere Temperaturen von 23 °C bis 25° C und ein leichter Windzug erweisen sich für den mückenartigen Flug als besonders günstig.

Die Fortbewegung von *D. errans* per pedes korrespondiert eng mit der Bindung an und mit Vorlieben der Wanze für bestimmte Pflanzen. Dieser Aspekt bestärkt den unumgänglichen Forschungsbedarf zur Ergründung der sehr bedeutenden Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Wanzen in der Bionomie der Miridae.

Fortführende Studien zum Flugverhalten erlauben Rückschlüsse auf die Populationsdynamik und das Dispersionsvermögen von *D. errans*.

2.4.7 Natürliche Feinde und populationseinschränkende Effekte

Wanzenvertilger finden sich unter den Vertebraten und Invertebraten. Hierzu zählen insektivore Säugetiere, Vögel (GERBER 1956), Spinnentiere (Arachnida) (SCHRAMEYER 2000), Parasiten der Ordnung Diptera (JORDAN 1962) und wahrscheinlich Jugendstadien von Fächerflüglern (Ordnung: Strepsiptera). LESTON (1961) beschreibt Parasitierungen durch nicht determinierte Braconidae an *D. errans* auf „Nesseln“ in Großbritannien. COBBEN (1978) zufolge besitzen Heteroptera viele effektive arthropodische Räuber und Parasitoide. Außerdem befallen Mikroorganismen die Miridae. Hierzu gehören nachweislich Pilze der Klasse Zygomycetes in der Ordnung Entomophthorales, die an *D. errans* in

den eigenen Laborzuchten festgestellt werden konnten (VOIGT 2002). *Metarrhizium sp.* ist an *Dicyphus errans* in Tomatenkulturen in Folietunneln in Italien dokumentiert (RONCO 2000, RONCO & FAURE 1993) und *Entomophthora sp.* (festgestellt an *Macrolophus melanotoma* durch ANONYM 2001 a). Derartige Parasiten sind ebenfalls von anderen Insekten bekannt. MCLOYD ET AL. (1998) führen Beispiele für *Myzus persicae* Sulz. (Aphididae) an.

Pflanzenschutzmittel beeinträchtigen Wanzen außerordentlich, wie viele Autoren insbesondere für mit *D. errans* verwandte weichhäutige Miridae erwähnen (ANONYM 2001 b, ELLING ET AL. 2002, FIGULS ET AL. 1999, HILLERT ET AL. 2002, TEDESCHI ET AL. 2001, VAN DE VEIRE ET AL. 2002).

Zwischenartliche Wechselwirkungen, wie Intraguild-Effekte, können nach LUCAS & ALOMAR (2001), MORIN (1998), NARANJO & HAGLER (1998), ROSENHEIM ET AL. (1995) sowie Schmidt et al. (1998) auf die Populationsdichte von Heteroptera ebenso dezimierenden Einfluss ausüben.

3 Ziel- und Aufgabenstellung

Den Literaturrecherchen zufolge, liegen für *Dicyphus errans* Informationen und Daten zur Morphologie und Bionomie nur in begrenztem Umfang vor. Erste eigene Beobachtungen und Untersuchungen im Botanischen Garten der TU Dresden lieferten einerseits breitere Kenntnisse über die Lebensweise dieser Weichwanze, andererseits neue Fragestellungen und Forschungsansätze zu den Schwerpunkten Fekundität, Natalität, Ontogenese, Dормanz, Populationsdynamik, Verzehrleistung, Beute- und Wirtspflanzenpräferenzen, Ernährungsweise/Omnivorie sowie Chancen der Integrierbarkeit, Ansiedlung und Förderung in Kulturpflanzenbeständen (VOIGT 2002).

Für ein tiefgründigeres Verständnis der Biologie und Ökologie der Weichwanze sollten die Forschungsaktivitäten ausgedehnt werden, auch um die Eigenschaften von *D. errans* als natürlicher Gegenspieler der Phytophaga exakter charakterisieren zu können.

An die Vorarbeiten und den dabei herausgestellten Forschungsbedarf anknüpfend, wurden folgende Strategien für das vorliegende Forschungsvorhaben formuliert und weitgehend durchgeführt:

1. Einrichtung und Standardisierung der Zuchten für *D. errans*, seiner Wirtspflanzen und seiner Beutetiere;
2. Untersuchungen zur Eiablage und Entwicklung von *D. errans* in Abhängigkeit von der Temperatur und Luftfeuchte;

3. Untersuchungen zur Eiablage und Entwicklung von *D. errans* in Abhängigkeit von verschiedenen Wirtspflanzen;
4. Untersuchungen zum Beutetierspektrum, zur Beuteeignung und zur Beutepräferenz;
5. Beobachtungen und Untersuchungen zum Verhalten von *D. errans*, insbesondere im Hinblick auf die Art und Weise der Nahrungsaufnahme;
6. Untersuchungen zur artspezifischen Dormanz;
7. Prüfung von Einsatzmöglichkeiten in Kulturpflanzenbeständen sowie
8. Beobachtungen zum Aktivitätsradius von *D. errans*.

Die Arbeitsschritte beinhalteten demzufolge ausgehend von der Anlage einer funktionierenden Versuchstier- und Pflanzenvermehrung, Untersuchungen zur Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot sowie ausgewählten Wirtspflanzen, Experimente zur Dormanz, zu Aufenthalt und Fortbewegung, zum Nahrungserwerb, strukturanalytische Studien der Beziehung „Wanze-Pflanze“ sowie filmische und fotografische Dokumentationen über *D. errans*.

Das übergeordnete Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens bestand darin, die Biologie und Ökologie der omnivoren Miridae *D. errans*, insbesondere im Kontext der komplexen Interaktionen zwischen Pflanze und Insekt, detailliert zu studieren und zu verstehen. Zusätzlich galt es, die individuellen Fähigkeiten von *D. errans* bei der Regulation von Phytophaga abzuschätzen sowie mögliche Verfahren und Fördermaßnahmen mit und für *D. errans* in der Praxis des Biologischen Pflanzenschutzes aufzuzeigen.

4 Wissenschaftliche Beobachtungen und Untersuchungen zur Morphologie, Biologie und Ökologie der Weichwanze *Dicyphus errans* WOLFF

4.1 Mathematisch statistische Methoden, Biometrie, allgemeines Vorgehen

Die Datenevaluierung erfolgte mit den Softwares SPSS Version 11.0 und SigmaStat 3.0.1. Mittelwerte $[(\sum x) \div n]$ und Standardabweichungen $[\delta xn - 1]$ dienten ersten Beurteilungen und dem Gesamtüberblick. Die gewonnenen Ergebnisse erfüllten nicht alle Voraussetzungen für parametrische statistische Analyseverfahren. Insbesondere Normalverteilung und Homogenität der Varianzen waren nicht gegeben. Deshalb wurde der Kruskal-Wallis-Test als nichtparametrisches Pendant der einfachen Varianzanalyse verwendet. Hierbei werden die Beobachtungswerte durch ihre Rangzahlen ersetzt, die sich aus der gemeinsamen Größenrangfolge ergeben (RASCH 1987). Daran schließen sich stets multiple paarweise Vergleiche der mittleren Ränge an (SACHS 1999), welche in den vorliegenden Fällen der Dunn's Methode folgen. Auf signifikante Unterschiede zwischen den Werten weisen in Tabellen und Diagrammen unterschiedliche Buchstaben neben den Zahlen bzw. über den Säulen hin. Gleiche Lettern deuten an, dass keine statistisch abgesicherten Unterschiede bestehen.

Zusammenhänge zwischen Merkmalen wurden mit dem Korrelationstest nach Pearson im PC-Programm Sigma Stat 3.0.1 geprüft. Die Maßzahl der Korrelation, der Korrelationskoeffizient R^2 , spiegelt die Stärke und Richtung des Zusammenhangs wider. Die Werte schwanken zwischen – 1 und + 1. Bei einem Korrelationskoeffizienten von 0 liegt keine Wechselwirkung vor. Beträgt er weniger als Null spricht man von einer negativen und größer 0 von einer positiven Korrelation. Je größer der Wert, desto stärker bzw. enger ist der Zusammenhang (RASCH 1987).

Der Klimaverlauf (Temperatur, T und relative Luftfeuchte, F_R) wurde im Botanischen Garten über den Klimacomputer CC600 und bei Experimenten mit den Datenloggern Tinytag (Gemini Dataloggers UK Ltd) registriert. Urlisten sind der elektronischen Dokumentation, welche am Lehrstuhl für Forstschutz im Institut für Waldbau und Forstschutz der Technischen Universität Dresden hinterlegt ist, zu entnehmen.

4.2 Vermehrung und Haltung der Weichwanzen, deren Beutetiere und Wirtspflanzen

Für die Initiierung der Wanzenvermehrung wurden Individuen von *Dicyphus errans* gezielt im Freiland- und Gewächshausbereich des Botanischen Gartens der TU Dresden ($13,76^\circ$ östlicher Länge und $51,04^\circ$ nördlicher Breite) und in der Kleingartenanlage 'Sonnenblick' in Wildenfels/Sachsen ($12,28^\circ$ östlicher Länge und $50,45^\circ$ nördlicher Breite) aufgesucht und gesammelt sowie eindeutig determiniert (ARNOLD 2000-2004).

Aus den Beobachtungen und Untersuchungen in den Jahren 2000 bis 2002 ist laut VOIGT (2002) bekannt, dass *D. errans* einen ausreichend großen Flug- bzw. Luftraum benötigt. Im Hinblick auf eine erfolgreiche Zucht der Versuchstiere wurden demzufolge spezielle Insektenkäfige in Eigenarbeit konstruiert. Sie besaßen die Maße 100 x 200 x 80 cm, 85 x 65 x 55 cm, 80 x 80 x 70 cm und für die Phytophaga-Vermehrung 65 x 60 x 70 cm. Neben dem optimalen Luftraum boten sie gleichzeitig eine ausreichend gute Handhabbarkeit für Pflege und Beobachtung. Das Aufbauprinzip umfasste jeweils einen hölzernen Boden und Rahmen, der mit Kunststoffgaze von 2 µm Maschenweite bespannte war (Abb. 11). Die Käfigtür war mit Plexiglas beschlagen.



Abb. 11: Käfige für die Vermehrung von *Dicyphus errans* Wolff.

Die kontinuierliche Vermehrung der Versuchstiere erfolgte im Botanischen Garten der TU Dresden in den erwähnten Gazekäfigen in einer Gewächshauskabine. Die Raumabmaße betragen 2,50 m Stehwandhöhe, 1,60 m Firsthöhe, 3,95 m Breite und 6 m Länge. Eine Untertisch- und Wandheizung, ein Gebläse für die Luftumwälzung, eine First- und einseitige Stehwandlüftung, Zusatzbelichtung sowie ein kombinierter Schatten- und Energieschirm waren integriert. Das Klima wurde computergesteuert zeitabhängig mit folgenden Sollwerten geführt: $22 \pm 5^{\circ}\text{C}$ / $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Tag-/Nachttemperatur, 60 bis 70 % relativer Luftfeuchte sowie 16:8 Stunden Licht-/Dunkelphase. Wobei die Tagesphase von 5:00 bis 21:00 Uhr und die Nachtwerte von 21:00 bis 5:00 Uhr anberaumt waren. Die Lichtstärke unter Assimilationsbelichtung betrug außerhalb über den Käfigen 20.000 lx, im Käfig 200 lx am Boden, 1.500 lx in Pflanzenhöhe und 6.500 lx an der Käfigoberseite.

Die Vermehrung umfasste die in Tabelle 1 (S. 23) erwähnten Wirtspflanze-Insekt-Kombinationen. In standardisierter Weise erfolgte monatlich die Vermehrung von 50 bis 100 Stecklingen des tropischen Lippenblütengewächses *Plectranthus ambiguus* sowie die Aussaat von je 20 Ringelblumen (*Calendula officinale* L. 'Orangestrahlen', Asteraceae) und Exemplaren von Rotem Fingerhut (*Digitalis purpurea* L. 'Excelsior', Scrophulariaceae)

als Wirtspflanzen für *D. errans*. Diese wurden periodisch im Austausch gegen altes, trockenes Pflanzenmaterial den Zuchtkäfigen beigelegt. Wöchentlich erfolgten Aussaaten weiterer Pflanzen: in je 50 Töpfe Buschbohnen (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae), 50 Töpfe Aubergine (*Solanum melongena* L. 'Black Beauty', Solanaceae) und 50 Töpfe Paprika (*Capsicum annuum* L. 'Yolo Wonder', Solanaceae) in Funktion so genannter Beutetierträger.

Tab. 1: Überblick über die Vermehrung von Wirtspflanzen und entsprechenden Insekten.

	Wirtspflanze (Art, Sorte, Familie)	Insekt (Art, Familie)
Wanzen	<i>Plectranthus ambiguus</i> Bolus und Codd (Lamiaceae)	<i>Dicyphus errans</i> Wolff (Miridae, Bryocorinae) (neben der Bereitstellung von Wirtspflanzen regelmäßige Fütterung mit diversen, unten in der Tabelle aufgeführten Beutetieren und Eiern von <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier, Gelechiidae)
	<i>Digitalis purpurea</i> L. 'Excelsior' (Scrophulariaceae)	
	<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz. et Gomez (Solanaceae)	
Beutetiere	<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder' (Solanaceae)	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> Sulz. (Aphididae)
	<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder' (Solanaceae)	<i>Aulacorthum solani</i> Kaltenbach (Aphididae)
	<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder' (Solanaceae)	<i>Aulacorthum circumflexus</i> Buckton (Aphididae)
	<i>Cucumis sativus</i> L. 'Rawa' (Cucurbitaceae)	<i>Aphis gossypii</i> Glover (Aphididae)
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. 'Saxa' (Fabaceae) und <i>Solanum melongena</i> L. 'Black Beauty' (Solanaceae)	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westw. (Aleyrodidae)
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. 'Saxa' (Fabaceae)	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> Boisd. und <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Tetranychidae)
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. 'Saxa' (Fabaceae)	<i>Frankliniella occidentalis</i> Perg. (Thripidae)
	<i>Solanum tuberosum</i> L. 'Acapella', 'Valisa', 'Alwara' und 'Likaria' (Solanaceae)	<i>Planococcus citri</i> Risso (Pseudococcidae)

Vermehrungssubstrate waren Klasmann Traysubstrat Typ I für Pflanzen mit geringem und mittlerem Nährstoffbedarf (pH 5.0-6.0, Salzgehalt < 1,5 g/l, 130-220 mg/l N, 160-260 mg/l P₂O₅, 170-290 mg/l K₂O, 80-150 mg/l Mg; Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste-Groß Hesepe), Floradur Typ I B fein, Trayerde (pH 5.8, Salzgehalt < 1,0 g/l, 50-300 mg/l N, 80-300 mg/l P₂O₅, 80-400 mg/l K₂O; Floragard VertriebsGmbH für Gartenbau Oldenburg) und Stender Topfsubstrat mittlerer Struktur Typ I grob (pH 5.0-6.0, Salzgehalt < 1,5 g/l, 140 mg/l N, 135 mg/l P₂O₅, 240 mg/l K₂O; Blumenerdenwerk Stender GmbH, Schermbeck). Längerfristige Kulturen wurden zusätzlich mit Depot- und Flüssigdünger versorgt (Compo Blaukorn Entec® flüssig NPK 8-8-6; Floracote® Plus Blumendünger

NPK 16-12-12; Floracote® Depot-Gartendünger NPK 19-6-12; Floragard Universal Blumendünger NPK 8-8-6). Als Vermehrungsgefäße dienten desinfizierte Kunststofftöpfe der Größen V9, V10 und V11, der Abmaße 11 x 11 x 12 mm und 8 x 8 x 9 mm sowie Gärtnereschalen von 300 x 600 x 120 mm.

Buschbohnen boten Nahrung für Weiße Fliegen (*Trialeurodes vaporariorum*, Aleyrodidae) und Karminspinnmilben (*Tetranychus cinnabarinus*, Tetranychidae). Auf Paprika vermehrten sich verschiedene Blattlausarten, Aphididae (*Myzus persicae*, *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*). Außerdem wurden in speziellen, mit Gazeöffnungen präparierten Kunststofffeimern (25 cm Höhe, 25 cm Durchmesser) Zitrusschmierläuse (*Planococcus citri*, Pseudococcidae) auf Kartoffelkeimen (*Solanum tuberosum*, Solanaceae) gehalten (Abb. 12).

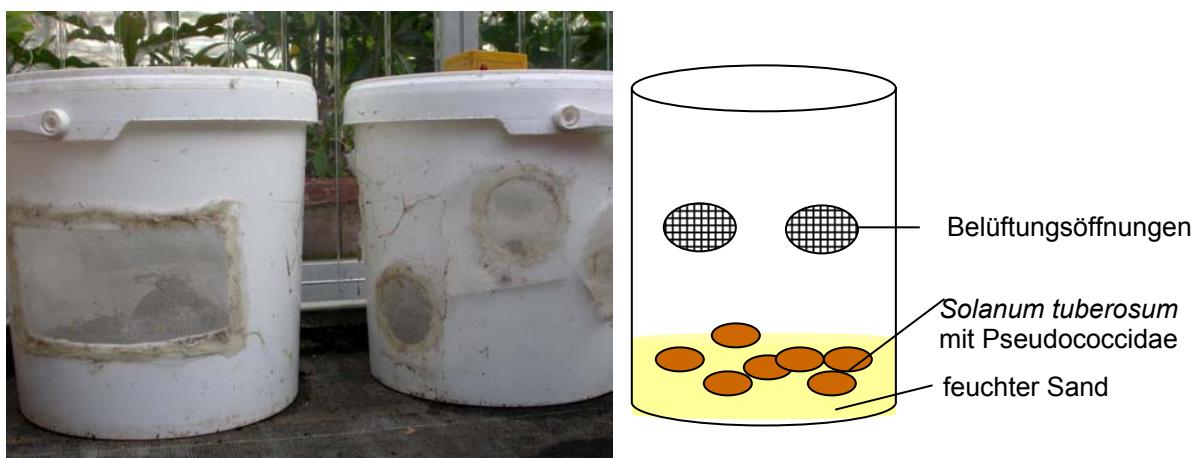


Abb. 12: Vermehrung von *Planococcus citri* Risso auf Kartoffelkeimen in präparierten Kunststofffeimern.

Das breite Spektrum der in der Vermehrung befindlichen Wirtspflanzen und Beutetiere garantierte eine vielseitige Ernährung von *D. errans* und schloss eine mögliche Gewöhnung der polyphagen Weichwanzen an bestimmte Beutetiere und Wirtspflanzen weitgehend aus. Für den Vermehrungsansatz der Pflanzensaftsauger wurden die entsprechenden Insekten zum Teil in den Gewächshäusern des Botanischen Gartens der TU Dresden eingesammelt, determiniert und an die Wirtspflanzen in den Käfigen gesetzt. Zusätzlich unterstützten diverse Einrichtungen die Forschungsarbeit mit fitten Startpopulationen aus etablierten Laborzuchten: BayerCropscience Mohnheim mit *Aphis gossypii* und *Myzus persicae*; Institut für Phytopathologie, Christian-Albrechts-Universität Kiel mit *Macrosiphum euphorbiae*; Botanischer Garten der Universität Hamburg mit *Myzus persicae* und Institut für Zoologie der Universität Halle *Echinothrips americanus*.

Die Pflanzen- und Insektenzucht wurde kontinuierlich (Januar 2003 bis Juni 2005) betreut und beobachtet. Die Tabelle 2 (S. 25) veranschaulicht das entsprechende Arbeitsschema.

Tab. 2: Schematisierter Plan der monatlichen Routinemaßnahmen in der Versuchstier- und Wirtspflanzenvermehrung

Arbeitsgang	Tage																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
Stecklinge <i>P. ambiguus</i>	■																																
Austausch der Wirtspflanzen von <i>D. errans</i>																																	
Futterzugabe für <i>D. errans</i>	■			■			■			■			■			■			■			■			■			■					
Entnahme von <i>D. errans</i>		■			■			■			■			■			■			■			■			■			■				
Aussaat Wirtspflanzen	■				■			■						■					■				■				■						
Austausch der Wirtspflanzen der Phytophaga	■			■			■			■			■			■			■			■			■			■					
Entnahme von Phytophaga	■	■	■	■				■	■	■	■			■		■		■		■	■	■	■		■		■			■			
Beobachtung/allg. Pflege																																	

Pflanzenmaterial wurde stets nur partiell ausgetauscht, dabei die vegetativen Organe von den Wurzeln abgetrennt und bis zum Abtrocknen in den Käfigen belassen (Aufhängung in Kartoffelnetzen), um das Abwandern daran befindlicher Tiere auf die neuen Pflanzen zu ermöglichen. Beute für *D. errans* wurde mit den Wirtspflanzen eingestellt oder an Wirtspflanzenteilen eingehängt (Haken, Kartoffelnetze). Eier von *S. cerealella* wurden nach Bedarf locker eingestreut.

Anmerkungen

Das Belassen von Pflanzenmaterial bis zum Abtrocknen erwies sich als sehr günstig für den Vermehrungsfortgang der Phytophaga- und vor allem der Wanzenpopulationen.

In den Käfigen mit *D. errans* wirkte sich ein mehrdimensionaler Aufbau der Vegetation sehr förderlich auf die Vermehrung aus. Die Strukturierung und Schichtung durch das Einstellen der rankenden Arten *Lophospermum erubescens* D. Don. (Scrophulariaceae) und *Lagenaria siceraria* Mol. Standl. (Cucurbitaceae) verbesserte die kleinklimatischen Bedingungen und das Angebot von Aufenthalts- und Eiablageplätzen.

Getestet wurde zudem die Eignung von *Lycopersicon esculentum* L. 'Grit' (Solanaceae), *Borago officinalis* L. (Boraginaceae), *Calendula officinalis* L. 'Orangestrahlen' und *Solanum melongena* L. 'Black Beauty' als Wirtspflanzen in der Vermehrung von *D. errans*. Es zeigte sich, dass die drei ersten Arten wegen ihrer relativ geringen Standzeit/Lebensdauer

und außerordentlichen Anfälligkeit gegenüber Mehltaupilzen (Erysiphales) für das Einstellen in Insektenkäfige nicht zu empfehlen sind, während sich *S. melongena* hervorragend integrierte.

Bei zu feuchter (nasser) Handhabung der Zuchtkästen war mitunter der in Kapitel 2.4.7 (S. 18 ff.) erwähnte Pilzbefall der Wanzen zu beobachten (Abb. 13).



Abb. 13: Von Pilzen der Ordnung Entomophthorales infiziertes Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff; A) dorsal, B) lateral.

4.3 Morphologie

4.3.1 Material und Methoden

Studien mit dem Stereomikroskop STEREOTEC® 4-Zoom 7/45, Fa. OPTIKA microscopes in Kombination mit der Digitalkamera Nikon Coolpix 4500 (optischer Zoom bis zu 4fach), mit dem Stereomikroskop Nikon SMZ-2T mit Nikon Mikroflex PFX (Fototubus) einschließlich einer Nikon Kamera F-106M sowie mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) JEOL JSM-T 330 wurden durchgeführt. Für die Untersuchungen mit dem REM wurden in Zusammenarbeit mit Diplom-Forstingenieur Ernst Bäucker, Institut für Forstnutzung und der TU Dresden) Individuen und einzelne Körperteile auf Aluminium-Probehaltern mit Leittups präpariert, die Proben vorab in 30 %igem Alkohol aufbewahrt, einer Kritisch-Punkt-Trocknung mit „meding lab Caleron“, einer Beschichtung mit 20 nm Kohlenstoff und 30 nm Gold in Emitec K 950 Vacuum bzw. ION Sputter JFC 1100 E, JEOL unterzogen. *D. errans* stammte aus der in Kapitel 4.2 (S. 21 ff.) beschriebenen Vermehrung.

4.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Fotodokumentation (Abb. 14 bis 16) veranschaulicht eine Auswahl morphologischer Besonderheiten von *D. errans*. Der feingliedrige Körper zeichnet sich durch eine gleichmäßige Behaarung aller Kompartimente mit winzigen Mikrotrichien und längeren (wahrscheinlich Mechanorezeptoren) aus (Abb. 14, S. 28).

Rostrum und Antennen sitzen in flexiblen Ansatzstellen an (Abb. 14 B, C). Die großen Komplexaugen erwecken Aufmerksamkeit (Abb. 14 D). Sie sind gut entwickelt. Laut SCHNEIDER & LANGER zitiert in COBBEN (1968) ist das adulte Facettenauge der Hemiptera einzigartig unter den Arthropoda (Ausnahme Diptera). Es besitzt ein so genanntes offenes Rhabdom. Auf der Augenscheibe befinden sich Setae, deren Funktion unbekannt ist. Der Kopf ist kaum größer als die Komplexaugen. Die Fühler bestehen aus vier Basissegmenten (1 Scapus, 2 Pedicellus, 3 Basiflagellum, 4 Distiflagellum, Präpedicelli zwischen Segmenten 1 und 2). Die Fühleransätze (Abb. 14 C, E) zeigen eine regelmäßige Behaarung aus eng anliegenden Mikrotrichien und größeren Setae in Reihen. An den Fühlerspitzen sind eingestreute basiconische Sensillen (*Sensilla basiconica*)/Zapfensensillen zu entdecken, die nach DALY ET AL. (1998) und HATFIELD ET AL. (1983) der Wahrnehmung chemischer Reize dienen. Sie sind stiftähnlich in flexible Cuticula eingesenkt. Solche Kontaktchemorezeptoren entspringen ebenfalls an der Rostrums spitze (Abb. 14 G bis I). Das Labium ist segmentiert, tubulär, das Labrum triangulär, was SCHUH & SLATER (1995) sowie WHEELER (2001) bestätigen. Gula und Bucculae entlang jeder Seite des Labiums sind gewöhnlich gut entwickelt, durch eine bucculäre Brücke offen

oder geschlossen. Es existieren borstige mandibulare und maxillare Stilette (Stechborsten). Deren Ansatz erscheint bandartig, was auch COBBEN (1968) feststellte.

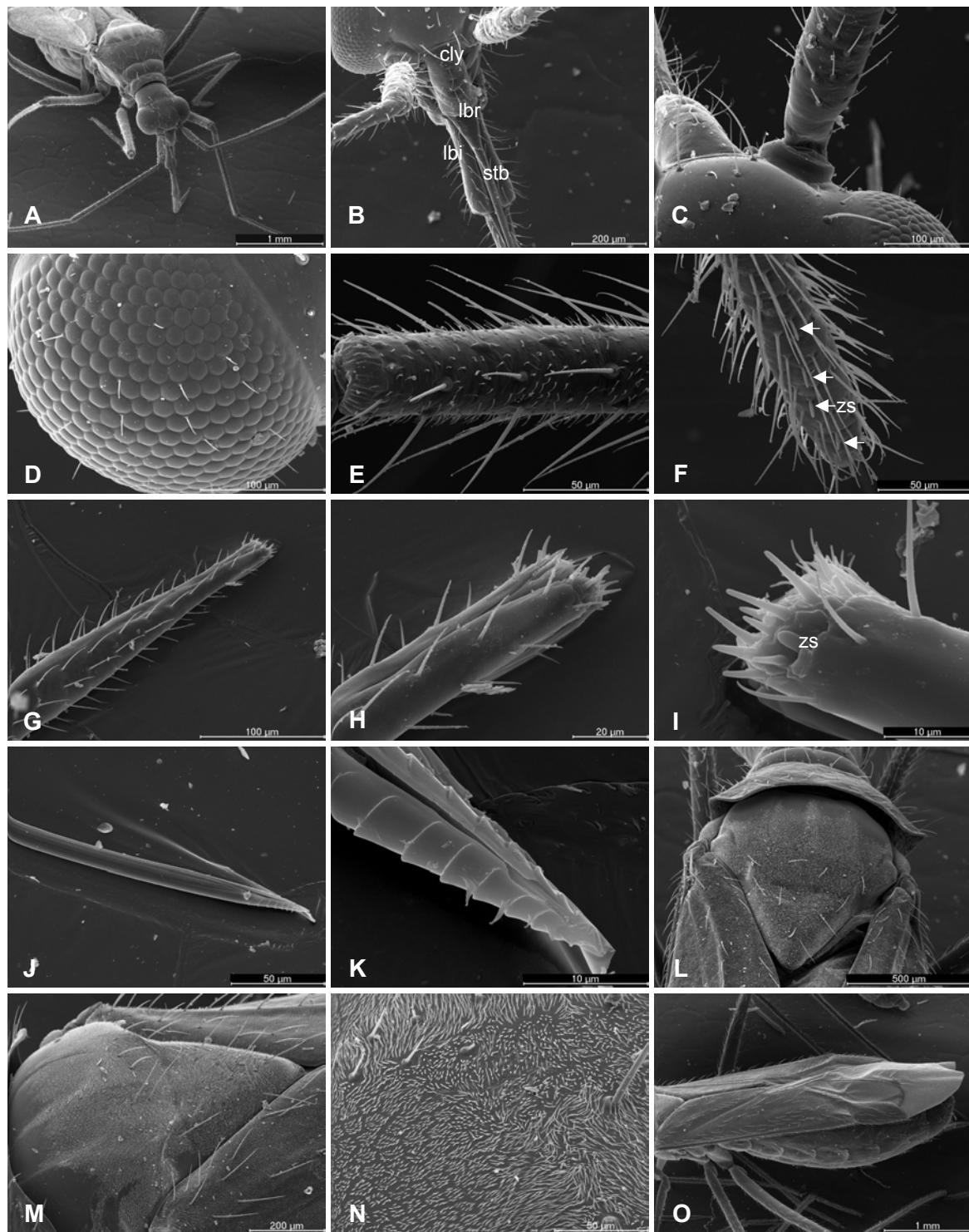


Abb. 14: Dokumentation zur Morphologie von *Dicyphus errans* Wolff, (REM) Teil I;

A) dorso-frontale Ansicht eines Weibchens; **B)** Detail Kopf (frontal) mit Ansatzstellen von Rostrum und Antennen, cly – Clypeus, lbr – Labrum, ibi – Labium, stb - Stechborsten; **C)** Detail Kopf (dorsal) mit Fühleransatz; **D)** Detail Komplexauge; **E)** erstes Fühlerglied; **F)** Fühlerspitze, zs - Zapfensensillen; **G)** letztes Rostrumsegment; **H)** Detail des letzten Rostrumsegments; **I)** Detail des Rostrumapex', zs Zapfensensillen; **J)** Stechborsten; **K)** Detail Stechborstenspitze; **L)** Thorax (dorsal); **M)** Scutellum; **N)** Detail der Behaarung auf dem Scutellum; **O)** Thorax und Abdomen eines Weibchens, lateral.

Die Mandibel spitzen sind mit einer moderaten Anzahl lateraler Kerben und einer longitudinalen mittleren Rille, die an der benachbarten Maxille anliegt, ausgestattet (Abb. 14 J, S. 28). Das Zentrum der Mandibularstechborsten liegt unterhalb der mittleren transversen Achse des Mandibularbündels. Mandibel und Maxillae erscheinen als konzentrische röhrenförmige Stechborsten. Erstere umrunden letztere. Die mandibularen Stechborsten erfüllen eine schneidende und lazerierende auflösende Funktion. Sie sind an der Spitze häufig mit kleinen Bärten oder Zähnen besetzt (Abb. 14 K). Über den Zusammenhalt der Stechborsten durch so genannte „interlocking keyways“ formiert sich der Speichel- und Nahrungskanal nach SCHUH & SLATER (1995) sowie WHEELER (2001). Alle Mundteile zusammen bilden das Rostrum (CHAPMAN 1998).

Dicyphus errans trägt ein relativ glattes dreieckiges Scutellum (Mesoscutellum), welches vorn durch das Mesoscutum begrenzt ist und einen feinen dichten Mikrotrichenbesatz mit Musterung besitzt (Abb. 14 L bis N). Der Cuneus ist eine kleine dreieckige Fläche am Apex des Coriums am äußeren Flügelrand. Als Apomorphie gelten ein bis zwei ungleiche Zellen in der Flügelmembran, die durch eine längliche Ader geteilt werden. Die Hemeolytren sind behaart (Abb. 14 O).

Der bewegliche Ovipositor ist in Ruhe ventral an das Abdomen angeklappt und wird zur Eiablage abgewinkelt (Abb. 15 A, S. 30). Er setzt sich aus drei Valvulae zusammen. Valvula Nummer zwei verfügt über campaniforme Sensillen¹⁰ (Abb. 15 E). An der Ovipositorspitze sitzen diverse scharfe Zähne, die der Einarbeitung des Legebohrers in das Pflanzengewebe dienen (Abb. 15 C, D).

Die Geschlechtsorgane (Abb. 15 G) des sehr dünnen Männchens (Abb. 15 F) gelten als Determinationsmerkmale der Miridae.

Während die Imagines lateroventral am Mesothorax Kairomone und Allomone über paarige Duftdrüsen mit zwei Öffnungen und auricularer evaporierender Fläche (Peritreme) aussenden (Abb. 15 I, J, K), nutzen die Jugendstadien ihr abdominales Drüsensystem (Abb. 15 L) (GROOT ET AL. 2001, KALLENBORN ET AL. 1990, SCHUH & SLATER 1998, WHEELER 2001).

Abbildung 16 A (S. 31) zeigt ein typisches langes Laufbein von *D. errans*. Es setzt sich aus Coxa, Femur, Trochanter, Tibia, Tarsus sowie Prätarus zusammen und spiegelt evolutionäre Trends der Strukturen wider. Bemerkenswert sind die cardinate und rotierende Coxa, Trichobothrien am Femur (Abb. 16 C, D) und die spezifischen prätarsalen Strukturen (Abb. 16 F bis L), die schon unter 2.3 (S. 4 ff.) beschriebenen „dicyphinen

¹⁰ campaniforme Sensillen: externe „Unebenheiten“, kutikulärer Teil zeigt typische Form einer Glocke oder eines hohlen Kegels, welche den distalen Ablauf der Sinneszelle empfängt (GORDH & HEADRICK 2001).

Klauen“ an dem flexiblen Tarsus (Abb. 16 E, F). In Abbildung 17 (S. 32) wird detailliert darauf eingegangen.

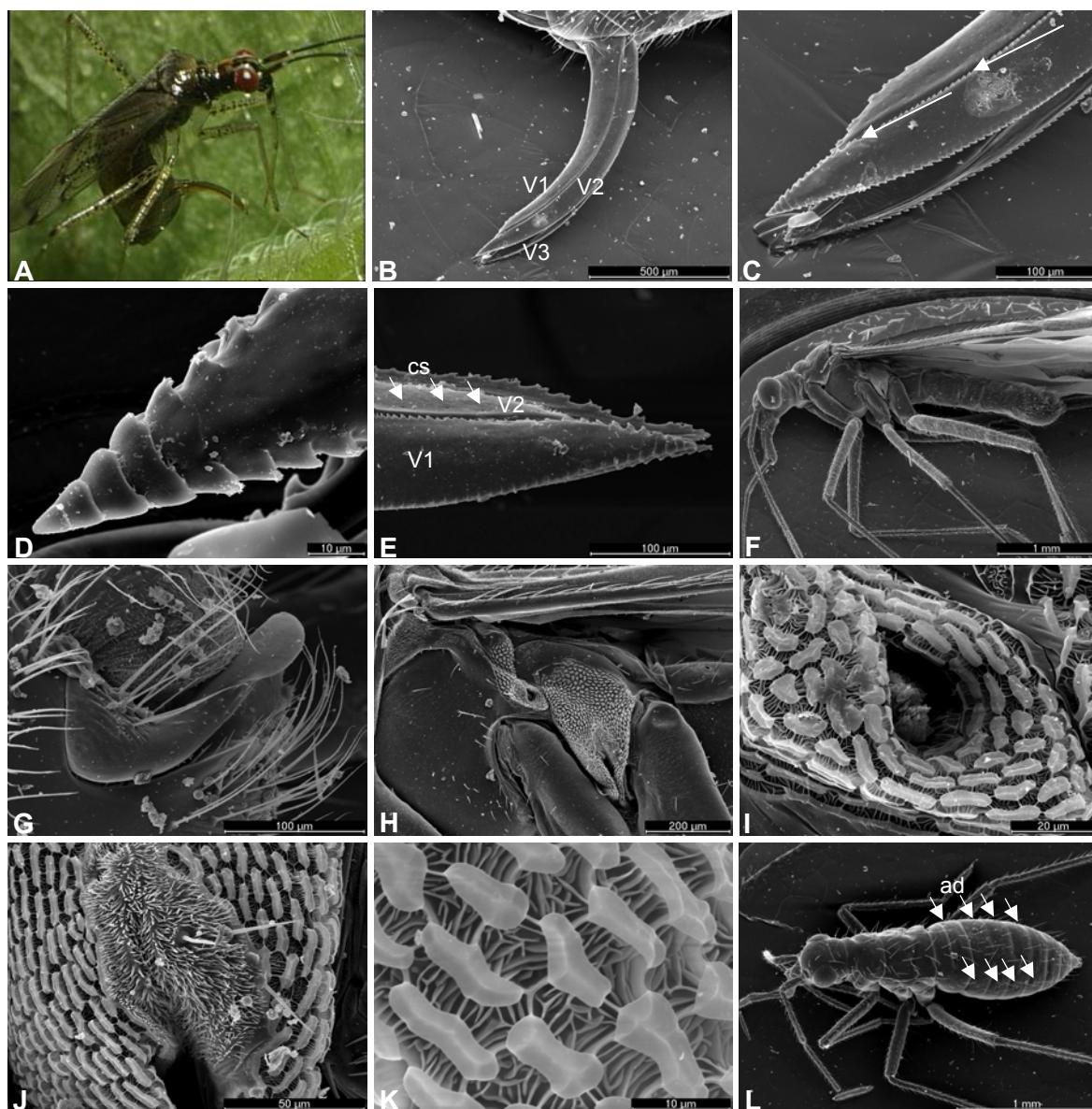


Abb. 15: Dokumentation zur Morphologie von *Dicyphus errans* Wolff, Teil II;

A) Weibchen bei der Oviposition (Videostandbild); **B)** Ovipositor in REM-Aufnahme, V1, V2, V3 - Valven 1, 2, 3; **C)** Detail eines leicht aufgeklappten Ovipositors, Pfeile deuten auf die Richtung, in er das Ei herausrutscht; **D)** Ovipositorspitze mit deutlicher scharfer Zähnung; **E)** Detail des Ovipositors mit erkennbaren Valven (V1, V2) und ausgeprägter Zähnung, cs – campaniforme Sensillen; **F)** Männchen lateral; **G)** männliche Geschlechtsöffnung; **H)** Duftdrüsenskomplex lateral am Metatorax; **I)** eine Drüsenöffnung des Drüsenskomplexes; **J)** weitere Öffnung des Drüsenskomplexes; **K)** Detail des Peritrems in der Drüsenumgebung; **L)** 3. Larvenstadium, ad – abdominales Drüsensystem (B-J = REM).

WHEELER (2001) argumentiert, dass die Miridae mit 2 bis 8 spezialisierten sensorischen Fadenhaaren, die lateral und ventral am Meso- und Metafemur auswachsen, einzigartig unter den Heteroptera sind. Diese auslenkbaren Trichobothrien sind in tassenartige Behälter eingelassen und reagieren sehr sensibel auf Luftbewegungen.

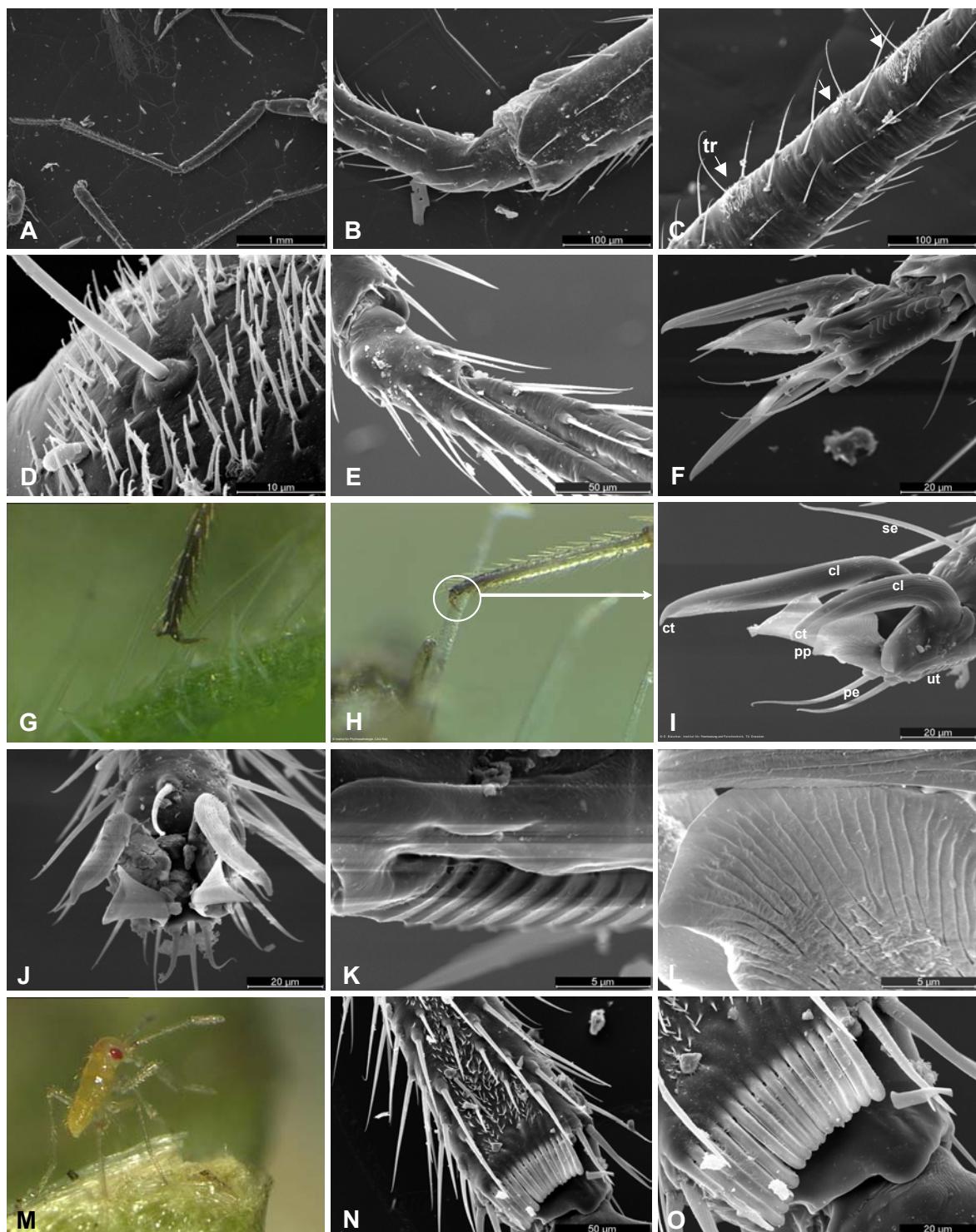


Abb. 16: Dokumentation zur Morphologie von *Dicyphus errans* Wolff, Teil III;

A) Mittelbein eines Weibchens; **B)** Detail Femur-Tibia-Gelenk; **C)** Femur, tr – Trichobothrien mit umgebenden Mikrotrichienfeldern; **D)** Detail der Ansatzstelle des auslenkfähigen Trichobothriums mit Mikrotrichienfeld; **E)** Tarsomerengelenk; **F)** Prätarsus ventral; **G) + H)** Tarsus ein Pflanzenhaar umkrallend; **I)** Prätarsus lateral im Detail, ct – Klauenzahn, pp – Pseudopulvilli, pe – Parempodia, ut – Unguitraktorplatte, cl – Klauen, se – Schutzborste (guard seta); **J)** Prätarsus frontal kontaminiert; **K)** Detail Unguitraktorplatte; **L)** Detail Pseudopulvilli mit Furchen; **M)** 1. Larvenstadium sich mit Vorderbeinen den Rüssel putzend; **N)** Putzkamm am Tibia-Tarsus-Gelenk eines Vorderbeines; **O)** Detail Putzkamm; A-F, I-L, N-O) REM; G, H, M) Videostandbilder.

Erwähnenswert ist die kammähnliche Struktur an der ventralen Seite des Tibia-Tarsus-Gelenks der Vorderbeine. Eine Reihe stabiler, starker Borstenhaare (Abb. 16 N und O) dient zum Säubern von Rostrum und Antennen. Die unmittelbar benachbarte, stark mit Mikrotrichen bedeckte Fläche an der Tibia trägt wohlmöglich Schmutz abweisende Eigenschaften. Neben der reichen Ausstattung mit vorwiegend mechanorezeptiven Haaren bietet die gleichmäßige Bedeckung mit Mikrotrichen den Tieren denkbar Verdunstungsschutz. Unter Umständen beugt die Behaarung Verschmutzung vor oder besitzt hydrophobe Charakteristika (KALLENBORN ET AL. 1990, SCHUH & SLATER 1995).

Abbildung 17 bezieht sich erneut auf die Tarsusmorphologie und erlaubt einen detaillierteren Einblick in den Bauplan des Prätarsus', welcher in den Abbildungen 16 F und I (S. 31) rasterelektronenmikroskopisch dargestellt ist.

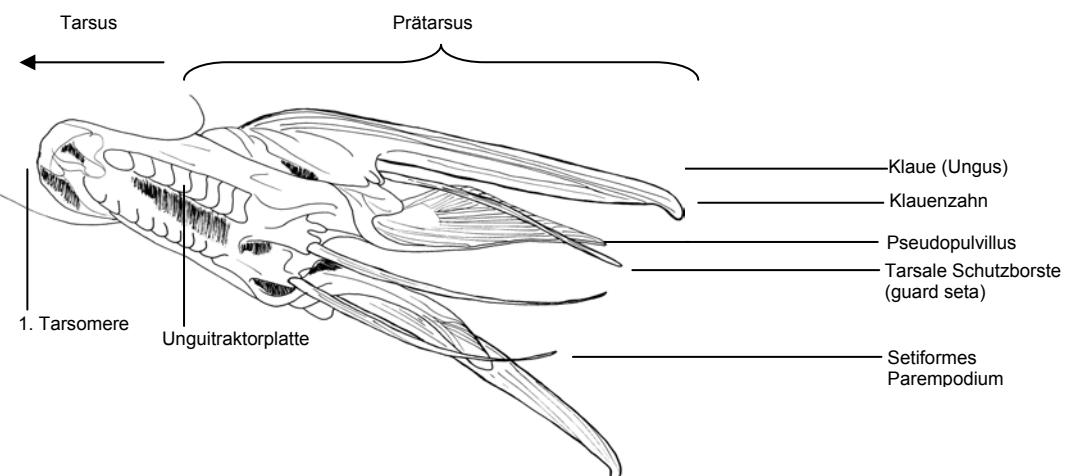


Abb. 17: Bauplan des Prätarsus' von *Dicyphus errans* Wolff.

Bestandteile des Prätarsus' sind die paarigen Klauen (Ungui), eine lange Schutzbörste ('guard seta'), zwei setiforme Parempodiae (borstenförmige Empodialhaare) und Pulvilli (freie Haftläppchen). Die sehr schmale „Hirtenstab“-ähnliche Klaue mit einem Zahn an der Klauenbasis und ein weit ausgedehnter „Pseudoarolien“-Auswuchs gelten laut SOUTHWOOD (1986) als einzigartige Eigenschaften der Kralle von *D. errans*. SEIDENSTÜCKER (1967) gebraucht den speziellen Terminus „Dicyphuskralle“.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte eine Auswahl morphologischer Fragen für *D. errans* aufgeklärt und mit Bildmaterial dokumentiert werden. Es besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Angefangen bei analytischer Morphometrie zur Erhebung detaillierter Abmaße einzelner Körperteile, über Funktionsmorphologie bis hin zu ökomorphologischen Fragestellungen bieten sich vielfältige Ansätze, die Weichwanzenart phänotypisch noch exakter zu beschreiben und die gewonnenen Ergebnisse in Überlegungen zur Bionomie von *D. errans* einfließen zu lassen.

4.4 Bionomie und Ökologie von *Dicyphus errans* Wolff

4.4.1 Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot sowie ausgewählten Wirtspflanzen

Ziel der Untersuchungen war die Erfassung der Fekundität der Weibchen innerhalb definierter Zeitintervalle und der Entwicklungsdauer der Larven und Nymphen von *Dicyphus errans* in Abhängigkeit von der Temperatur (T) und der relativen Luftfeuchtigkeit (F_R) sowie von verschiedenen Wirtspflanzen. Im weiteren Sinne galt es, die spezifischen Klimaansprüche und die ökologische Valenz der Wanzenart im Hinblick auf deren Aktivität in möglichst verschiedenen Kultur- bzw. Klimabereichen zu ermitteln.

4.4.1.1 Material und Methoden

Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot

Die Versuchsdurchführung erfolgte unter konstanten Bedingungen in der Umwelttestkammer MLR-350 HT, 1330 W, Fa. SANYO. Im Klimagerät herrschten Schwankungen der Temperaturwerte von 2 °C und der Luftfeuchtigkeitswerte von 5 %. Zwei zusätzliche Testreihen fanden unter wechselnden klimatischen Bedingungen in zwei unterschiedlichen Kabinen des Versuchsgewächshauses des Botanischen Gartens der TU Dresden Aufstellung, um die Entwicklung von *D. errans* unter realitätsnahen Konditionen zu verfolgen.

Die Versuchsgefäße (Glasschalen von 11 cm Durchmesser und 7 cm Höhe) waren mit feuchter Watte und Filterpapier ausgelegt, sowie mit Gaze (Nylonstrumpf, Fa. Esda, Maschenweite ca. 2 µm) abgedeckt (Abb. 18).



Abb. 18: Versuchsgefäßaufstellung in der Umwelttestkammer MLR-350 HT, Fa. SANYO.

Ein Blatt von 25 cm² Fläche der Lamiaceae *Plectranthus ambiguus* (Bolus) Codd diente den Wanzen als Eiablage- und Entwicklungsort. Als tierische Nahrung wurden Eier der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* Olivier (Gelechiidae) ad libitum zugegeben. Die Stammpflanzen für die Blattentnahme wurden infektionsfrei in der oben erwähnten Gewächshauskabine gehalten.

Sechs Hauptvarianten mit jeweils 19 Wiederholungen wurden durchgeführt:

- (1) 18 °C, 60 % relative Luftfeuchte, 16:08 h Hell/Dunkel, 4000 lux;
- (2) 18 °C, 80 % relative Luftfeuchte, 16:08 h Hell/Dunkel, 4000 lux;
- (3) 25 °C, 60 % relative Luftfeuchte, 16:08 h Hell/Dunkel, 4000 lux;
- (4) 25 °C, 80 % relative Luftfeuchte, 16:08 h Hell/Dunkel, 4000 lux;
- (5) 30 °C, 60 % relative Luftfeuchte, 16:08 h Hell/Dunkel, 4000 lux und
- (6) 30 °C, 80 % relative Luftfeuchte, 16:08 h Hell/Dunkel, 4000 lux.

Zusätzlich wurden folgende Varianten mit jeweils 19 Wiederholungen getestet:

- (7) 22 °C, 75 % relative Luftfeuchte, 12:12 h Hell/Dunkel, 4000 lux;
- (8) 14 °C, 75 % relative Luftfeuchte, 10:14 h Hell/Dunkel, 4000 lux;
- (9) Wechselklima I (Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf siehe 4.4.1.2, S. 40) und
- (10) Wechselklima II (Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverlauf siehe 4.4.1.2, S. 40).

Die Tests für eine Variante bzw. eine Klimastufe umfassten zwei grundlegende Phasen. Zunächst wurde je ein eiablagefähiges, befruchtetes Weibchen (10 bis 15 Tage nach der Kopulation) in eine Glasschale gesetzt und nach 72 Stunden wieder entnommen. Danach erfolgte die Auszählung der abgelegten Eier mit Hilfe des Stereomikroskops STEREOTEC® 4-Zoom 7/45 (Fa. OPTIKA microscopes) bei 20- bis 40facher Vergrößerung und Durchlicht zur Bestimmung der Fekundität, d. h. der Anzahl abgelegter Eier je Weibchen. Im Anschluss wurden an denselben Blattstücken die Dauer der Embryonalentwicklung und das Schlüpfen der ersten Larven dokumentiert. In der zweiten Phase wurden wiederum 20 Versuchsgefäße wie oben beschrieben ausgestattet, mit einzelnen Jungtieren aus dem Eiablage- und Schlupfversuch besetzt und unter den gleichen Klimabedingungen täglich bis zur Häutung der Imago beobachtet.

Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit ausgewählter Wirtspflanzen

Für die Versuche kamen vollständige, mit Vermehrungssubstrat (Floradur Typ I B fein, Trayerde, Floragard VertriebsGmbH, pH 5.8, Salzgehalt < 1,0 g/l, 50-300 mg/l N, 80-300 mg/l P₂O₅, 80-400 mg/l K₂O) in Kunststofftöpfen (9 bis 10 cm Durchmesser) kultivierte Jungpflanzen zum Einsatz. Sie wurden in mit Gazehauben (Höhe 40 cm, Breite 30 cm, Durchmesser 20 cm, Maschenweite ca. 2 µm) abgedeckten Glasschalen (11 cm Durch-

messer, 7 cm Höhe) in einem Lichtregal bei $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ relativer Luftfeuchte und einer Photoperiode von 16 Stunden aufgestellt (Abb. 19). Lichtquelle waren Leuchtstoffröhren Narva, LS 18, coolwhite 20 mit 4.000 bis 6.000 lux Belichtungsstärke.



Abb. 19: Aufstellung der Versuchsgefäße im Lichtregal.

Vierzehn verschiedene Pflanzenarten aus elf Pflanzenfamilien wurden in vierzehn Varianten mit je neun Wiederholungen in möglichst ähnlichen Stadien und Größen getestet (Tab. 3).

Tab. 3: Verwendete Pflanzen und deren hauptsächliche Oberflächencharakteristika zur Untersuchung der Fekundität und Ontogenese von *Dicyphus errans* Wolff in Abhängigkeit von der Wirtspflanze

Spezies und Sorte	Pflanzenfamilie	Pflanzenoberfläche	Entwicklungsstadium
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gongylodes</i> L. 'Gigant'	Brassicaceae	kristallin bewachst, unbehaart	3-Blatt
<i>Borago officinalis</i> L.	Boraginaceae	behaart	3-Blatt
<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder'	Solanaceae	(un)behaart	5-Blatt
<i>Calendula officinale</i> L. 'Orangestrahlen'	Asteraceae	glandulär behaart	3-Blatt
<i>Cleome spinosa</i> Jaqu.	Capparidaceae	glandulär behaart	4-Blatt
<i>Cucumis sativus</i> L. 'Rawa'	Cucurbitaceae	behaart	2-Blatt
<i>Cyclamen persicum</i> Mill. 'Sierra F1'	Primulaceae	unbehaart	3-Blatt
<i>Digitalis purpurea</i> L. 'Excelsior'	Scrophulariaceae	behaart	3-Blatt
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 'Grit'	Solanaceae	glandulär behaart	3-Blatt
<i>Oenothera biennis</i> L.	Onagraceae	behaart	3-Blatt
<i>Petunia x hybrida</i> Vilm.	Solanaceae	glandulär behaart	4-Blatt
<i>Plectranthus ambiguus</i> (Bol.) Codd.	Lamiaceae	behaart	5-Blatt
<i>Saintpaulia ionantha</i> Wendl.	Gesneriaceae	behaart	5-Blatt
<i>Solanum melongena</i> L. 'Black Beauty'	Solanaceae	behaart	3-Blatt

Unter dem Testmaterial befanden sich acht gärtnerisch ökonomisch relevante Kulturpflanzen (*B. oleracea* var. *gongylodes* 'Gigant', *C. annuum* 'Yolo Wonder', *C. sativus* 'Rawa', *C. persicum* 'Sierra F1', *L. esculentum* 'Grit', *P. x hybrida*, *S. ionantha*, *S. melongena* 'Black Beauty') sowie sechs potenzielle Depot- bzw. Überhalterpflanzen (*B. officinalis*, *C. officinale* 'Orangestrahlen', *C. spinosa*, *Digitalis purpurea* 'Excelsior', *O. biennis*, *P. ambiguus*). Die Blattfläche sowie die Gesamtlänge der Stängel und Hauptblattadern wurde exemplarisch an drei Individuen je einer Spezies mit dem Messgerät Portable Area Meter LICOR, Model LI-300A bestimmt. Diese Methode sollte vergleichende Informationen über die zur Verfügung stehende Eiablagefläche der verschiedenen Testpflanzen liefern. Nach LAWTON (1986) stellt die Oberfläche bezüglich der schwer definierbaren Pflanzengröße eine nützliche messbare Größe dar.

Jeweils ein eiablagefähiges Weibchen (10 bis 15 Tage nach der Kopulation) wurde an eine Pflanze gesetzt und nach 72 Stunden wieder entfernt. Die Anzahl abgelegter Eier je Weibchen wurde nach der schon erwähnten Methode ermittelt. Die Dauer der Embryonalentwicklung und das Schlüpfen der ersten Larven wurden im Anschluss festgehalten. Hierzu wurden wiederum zehn frische Jungpflanzen mit einzelnen Tieren aus dem Eiablage- und Schlupfversuch besetzt und deren Entwicklung kontinuierlich bis zur Häutung zur Imago beobachtet. Als Nahrung wurden Eier von *S. cerealella* beigegeben.

Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit des verfügbaren Luftraumes

Für die Beurteilung der Eiablage unter Versuchsbedingungen und unter Zwang wurde eine ergänzende Testreihe zum Ovipositionsvermögen von *D. errans* in Abhängigkeit vom verfügbaren Luftraum durchgeführt. Drei verschieden große Gefäßtypen (Luftvolumina 42,4 cm³; 157,1 cm³; 1056 cm³) wurden mit Zellstoff ausgelegt, mit jeweils der gleichen Wassermenge befeuchtet, mit einem Blattstück von *P. ambiguus* (25 cm²) und in gleichem Umfang mit Eiern von *S. cerealella* und je einem 10 bis 15 Tage alten Weibchen von *D. errans* besetzt (n = 10). Nach a) 72 und b) 186 Stunden wurden die abgelegten Eier mittels der oben genannten Stereolupe ausgezählt.

Kumulative Eiablage

In einer zusätzlichen Studie wurde die Eiablage einzelner Weibchen (n = 6) nach deren Begattung bis hin zum Tod beobachtet und wöchentlich dokumentiert. Die Wanzen lebten in den oben erwähnten Glasschalen. Pflanzenmaterial waren Blätter von *P. ambiguus*, die mindestens zweimal wöchentlich erneuert wurden. Tierische Nahrung boten Eier von *S. cerealella*. Die Versuchsgefäße fanden im oben genannten Lichtregal Aufstellung.

4.4.1.2 Ergebnisse

Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot

Fekundität und Ontogenese von *D. errans* variierten hinsichtlich der Testparameter. Generell wirkten sich trockene heiße Klimabedingungen negativ aus, während sich temperierte und feuchte als günstig erwiesen (Tab. 4 und 5, S. 38). Die Anzahl abgelegter Eier je Weibchen in 72 Stunden schwankte signifikant im Mittel zwischen 1,3 bei 14 °C; 75 % F_R, 10:14 h und 22,1 bei 30 °C; 60 % F_R (Tab. 4). Die Schlupfrate korrelierte negativ mit der Anzahl abgelegter Eier ($R^2 = -0,311$). Diejenigen Varianten mit der höchsten Eiablage wiesen tendenziell eine geringere Schlupfrate auf. Die Embryonalentwicklung verlief mit durchschnittlich 11,5 Tagen bei Wechselklima I signifikant zügiger als in der Variante 18 °C; 80 % F_R mit 20,4 Tagen (Tab. 4).

Tab. 4: Mittlere Anzahl (\pm Standardabweichung) abgelegter Eier je Weibchen, geschlüpfter Larven und mittlere Dauer der Embryonalentwicklung von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot (Varianten bei 16 h Photoperiode), n = 20; (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeilen in einer Spalte in beiden Tabellenabschnitten bei p < 0,05)

Variante	Parameter			
	Anzahl abgelegter Eier [St./72 h]	Anzahl geschlüpfter Larven [St.]	Schlupfrate [%]	Embryonalentwicklung [d]
18 °C; 60 % F _R	9,7 ± 7,0 a	0,6 ± 1,3 ac	5,4 ± 11,7 ad	19,1 ± 1,3 a
18 °C; 80 % F _R	8,7 ± 5,0 ab	4,2 ± 3,5 bcd	43,8 ± 37,6 b	20,4 ± 5,0 b
25 °C; 60 % F _R	3,1 ± 3,6 b	1,0 ± 1,3 abc	13,5 ± 17,5 acd	13,3 ± 4,6 ab
25 °C; 80 % F _R	16,5 ± 6,1 ac	3,6 ± 3,2 ab	22,9 ± 22,0 acd	12,8 ± 2,2 ab
30 °C; 60 % F _R	22,1 ± 11,5 c	0,5 ± 1,1 ac	2,9 ± 7,5 d	17,0 ± 4,2 ab
30 °C; 80 % F _R	17,3 ± 9,1 c	0,5 ± 1,0 ac	2,3 ± 4,1 ad	12,7 ± 1,4 ab
zusätzliche Varianten:				
22 °C; 75 % F _R , 12:12 h	12,2 ± 4,4 a	8,8 ± 3,4 d	73,4 ± 16,8 c	12,5 ± 2,7 ab
14 °C; 75 % F _R , 10:14 h	1,3 ± 2,7 b	-	-	-
Wechselklima I	12,6 ± 4,1 a	4,2 ± 3,2 d	31,5 ± 1,7 c	11,5 ± 0,9 a
Wechselklima II	13,7 ± 8,7 a	3,9 ± 4,6 d	28,8 ± 29,8 ac	15,7 ± 2,4 ab

Bei der Entwicklung der einzelnen Stadien ergaben sich Unterschiede zwischen den Stadien und den verschiedenen Varianten (Tab. 5, S. 38).

Im Allgemeinen nahm die Entwicklungsdauer von Stadium zu Stadium ab. Bei den Varianten 18 °C; 80 % F_R und 14 °C; 75 % F_R, 10:14 h verhielt sich dieser Effekt invers.

Tab. 5: Mittlere Juvenilentwicklungsduer (\pm Standardabweichung) von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot (Varianten bei 16 h Photoperiode), n = 20; (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeilen in einer Spalte in beiden Tabellenabschnitten bei p < 0,05)

Variante	Dauer [d] der Entwicklungsstadien von <i>Dicyphus errans</i>					Juvenil-entwicklung
	I	II	III	IV	V	
18 °C; 60 % F _R	9,1 ± 1,2 a	9,9 ± 1,9 a	8,4 ± 2,8 a	7,7 ± 2,7 a	7,4 ± 1,8 a	42,4 ± 1,0 a
18 °C; 80 % F _R	8,0 ± 1,2 ac	7,8 ± 1,7 ac	7,9 ± 2, a	6,7 ± 1, a	11,3 ± 2, a	41,7 ± 1,7 a
25 °C; 60 % F _R	4,8 ± 0,9 b	5,5 ± 2,2 bc	4,3 ± 1,0 bc	3,5 ± 1,3 bc	3,3 ± 0,6 bc	21,4 ± 0,9 bc
25 °C; 80 % F _R	7,1 ± 1,1 a	5,2 ± 0,9 bc	6,5 ± 1,3 ac	6,2 ± 2,0 ac	5,5 ± 1,9 ac	30,5 ± 0,8 ac
30 °C; 60 % F _R	-	-	-	-	-	-
30 °C; 80 % F _R	5,8 ± 1,2 b	3,3 ± 0,6 b	3,6 ± 0,7 b	3,0 ± 1,5 bc	2,3 ± 1,5 bc	18,1 ± 1,3 b
zusätzliche Varianten:						
22 °C; 75 % F _R , 12:12 h	8,5 ± 1,5 a	9,4 ± 1,5 a	5,8 ± 1,1 a	4,2 ± 0,7 bc	4,2 ± 0,9 bc	31,9 ± 2,7 a
14 °C; 75 % F _R , 10:14 h	7,7 ± 1,9 a	8,4 ± 1,8 a	8,8 ± 2,3 a	8,6 ± 1,9 bc	8,8 ± 1,5 bc	37,4 ± 7,0 a
Wechselklima I	6,1 ± 0,9 bc	5,1 ± 1,0 bc	4,1 ± 1,2 b	4,8 ± 1,0 ac	5,8 ± 3,3 ac	25,9 ± 4,3 a
Wechselklima II	6,1 ± 1,0 b	7,6 ± 1,0 a	6,9 ± 1,6 a	9,5 ± 2,9 a	10,6 ± 3,9 a	39,2 ± 4,5 a

Abbildung 20 (S. 39) verdeutlicht die Ergebnisse zu Entwicklungsduer (A) und Mortalität (B). Die Mortalität lag bei den Varianten mit geringerer Luftfeuchtigkeit am höchsten. Sie erreichte bis zu 100 % bei 30 °C und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit. Häufig waren dafür Häutungsschäden die Ursache. Bei geringerer Luftfeuchtigkeit bestand der Trend zu einem langsameren Entwicklungsfortschritt im Vergleich zu höherer Luftfeuchtigkeit. Eine statistisch abgesicherte schnellere Juvenilentwicklung erfolgte in der Variante 25 °C; 60 % F_R verglichen mit den Ergebnissen bei 18 °C; 60 % F_R und 18 °C; 80 % F_R und den zusätzlichen Varianten.

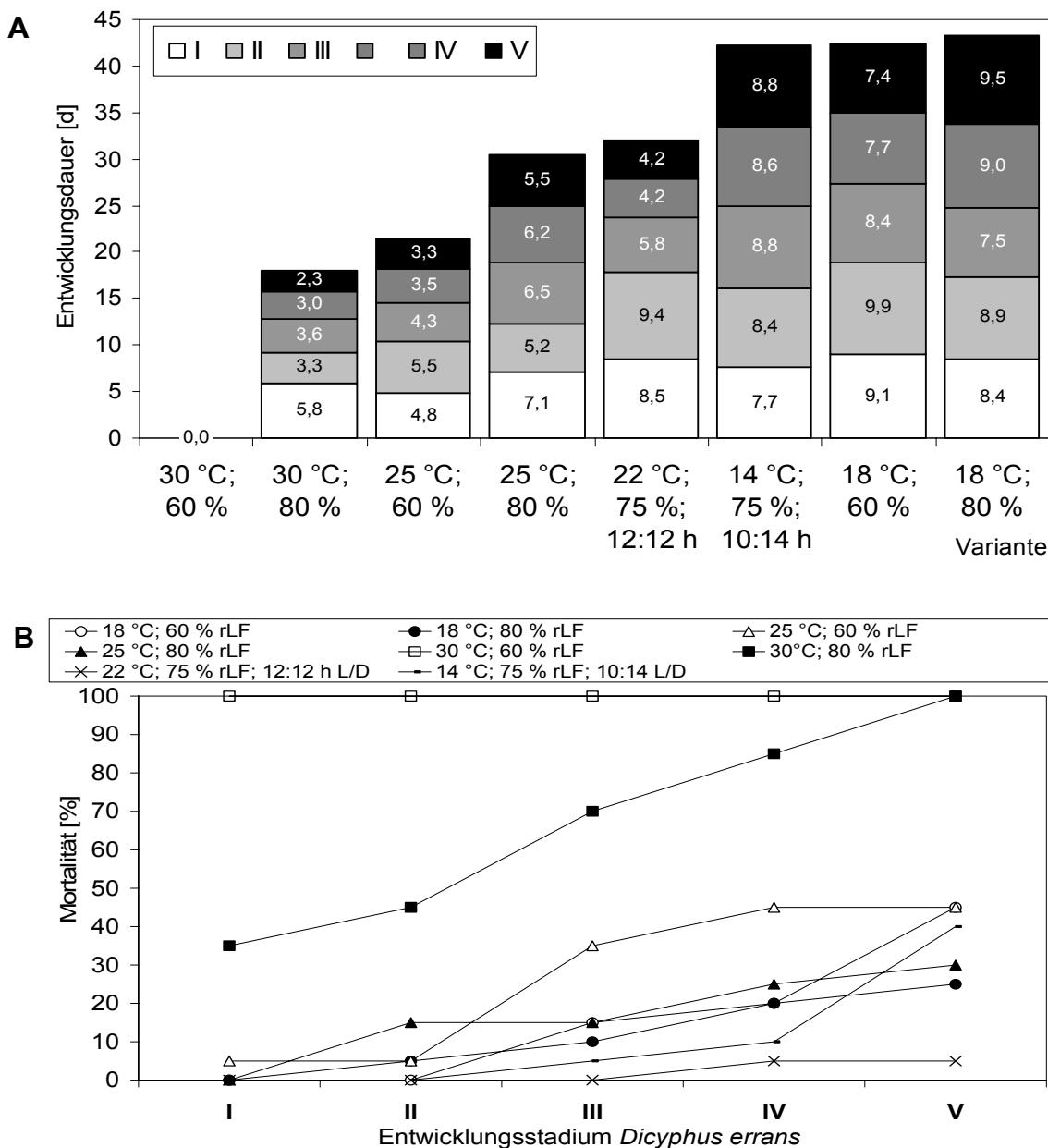


Abb. 20: Mittlere Entwicklungsdauer (A) und akkumulierte Mortalität (B) von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot, n = 20; (I bis V = Entwicklungsstadien).

Den Klimaaufzeichnungen zufolge fanden die zusätzlichen Testreihen bei Wechselklima im Versuchsgewächshaus unter den in Tabelle 6 (S. 40) aufgeführten Bedingungen statt. Die Variante Wechselklima II verlief mit signifikant 3,5 °C niedrigeren Temperaturwerten und 2,1 % höherer relativer Luftfeuchte. Die Amplitude von Wechselklima I belief sich auf 15,9 °C. Temperaturen unter 20 °C wurden nicht erreicht. Der Minimalwert von Wechselklima II hingegen lag bei 15,9 °C und die Abweichungen bei bis zu 19,5 °C. Die Entwicklung gelang in der wärmeren Variante 14 Tage schneller.

Tab. 6: Bedingungen während der Untersuchungen zur Fekundität und Ontogenese von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd bei Wechselklima I und II im Versuchsgewächshaus, n = 20; (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede bei p < 0,05)

Statistische Größen	Varianten			
	Wechselklima I		Wechselklima II	
	T [°C]	F _R [%]	T [°C]	F _R [%]
Mittelwert	25,4 a	64,7 A	21,9 b	66,8 A
Standardabweichung	3,0	12,6	4,3	14,8
Minimum - Maximum	20,3 - 36,2	31,6 - 97,5	15,9 - 35,4	30,3 - 94,2

Die Abbildung 20 stellt den Klimaverlauf beider Varianten und die dazugehörigen Entwicklungsabfolgen schematisch gegenüber.

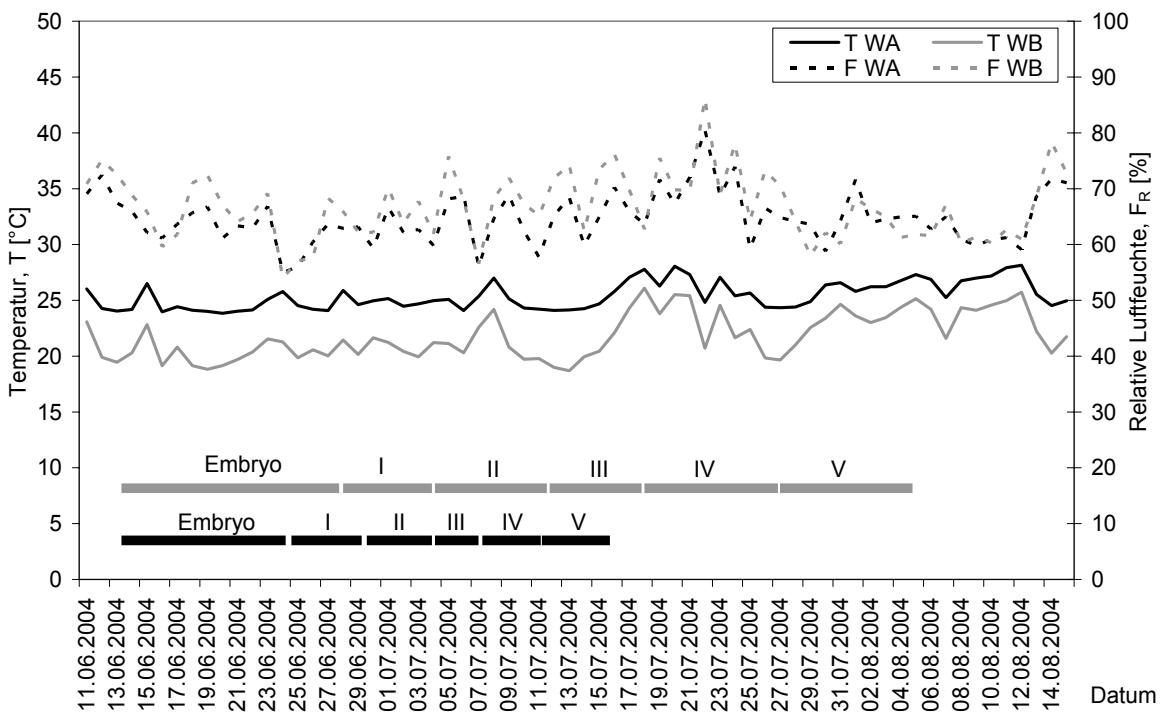


Abb. 21: Wechselklimaverlauf und mittlere Entwicklungsdauer von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in den Versuchsgewächshäusern I und II, n = 20;

T WA = Temperatur Wechselklima I, F WA = relative Luftfeuchte Wechselklima I;
T WB = Temperatur Wechselklima II, F WB = relative Luftfeuchte Wechselklima II; I bis IV über den Querbalken = Entwicklungsstadien; Querbalken schwarz: Wechselklima I, grau: Wechselklima II.

Das Geschlechterverhältnis Weibchen zu Männchen der sich entwickelnden Imagines belief sich von 1:1,1 bei 22 °C; 75 % F_R, 12:12 h bis 1:1,27 25 °C; 60 % F_R und einmalig 2:1 bei Wechselklima II (Tab. 7, S. 41). Mit Ausnahme der Variante Wechselklima II lag die Anzahl der geschlüpften Männchen geringfügig über derjenigen der Weibchen.

Tab. 7: Geschlechterverhältnis bei der Entwicklung von *Dicyphus errans* an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in Abhängigkeit von der Temperatur, Luftfeuchte und vom Lichtangebot, n = 20

Variante	Anzahl ♀♀	Anzahl ♂♂	Verhältnis ♀ : ♂
18 °C; 60 % F _R	5	6	1 : 1,2
18 °C; 80 % F _R	8	7	1 : 1,1
25 °C; 60 % F _R	3	8	1 : 2,7
25 °C; 80 % F _R	5	9	1 : 1,8
30 °C; 60 % F _R	-	-	-
30 °C; 80 % F _R	-	-	-
22 °C; 75 % F _R , 12:12 h	9	10	1 : 1,1
14 °C; 75 % F _R , 10:14 h	4	8	1 : 2
Wechselklima I	8	9	1 : 1,1
Wechselklima II	8	4	2 : 1

Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit ausgewählter Wirtspflanzen

Die Untersuchungsergebnisse zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Wirtspflanzen hinsichtlich Fekundität, Schlupfrate und Embryonalentwicklung (Tab. 8).

Tab. 8: Mittlere Anzahl (\pm Standardabweichung) abgelegter Eier je Weibchen, geschlüpfter Larven und mittlere Dauer der Embryonalentwicklung von *Dicyphus errans* Wolff bei 23 ± 2 °C, 65 \pm 5 % relativer Luftfeuchte und 16 h Photoperiode in Abhängigkeit ausgewählter Wirtspflanzen, n = 10;
(unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeilen in einer Spalte in beiden Tabellenabschnitten bei p < 0,05)

Pflanzenart	Parameter			
	Anzahl abgelegter Eier [St./72 h]	Anzahl geschlüpfter Larven [St.]	Schlupfrate [%]	Embryonalentwicklung [d]
<i>Brassica oleracea</i>	0 \pm 0 a	-	-	-
<i>Borago officinalis</i>	19,2 \pm 8,0 bc	12,8 \pm 1,4 b	78,1 \pm 36,1 b	12,8 \pm 1,4 ab
<i>Capsicum annuum</i>	2,6 \pm 4,7 ad	0,3 \pm 1,3 ab	33,8 \pm 26,9 ab	15,3 \pm 3,8 ab
<i>Calendula officinale</i>	19,3 \pm 4,8 b	7,7 \pm 3,2 bc	41,0 \pm 16,4 ab	9,9 \pm 1,4 a
<i>Cleome spinosa</i>	12,2 \pm 4,8 ab	7,6 \pm 5,5 bc	58,1 \pm 31,0 ab	14,2 \pm 0,8 ab
<i>Cucumis sativus</i>	11,9 \pm 3,4 ab	5,1 \pm 2,7 b	43,6 \pm 19,4 ab	17,3 \pm 2,9 b
<i>Cyclamen persicum</i>	1,2 \pm 1,4 ad	0,2 \pm 0,4 ad	15,0 \pm 22,4 a	11,5 \pm 0,7 ab
<i>Digitalis purpurea</i>	24,7 \pm 12,8 b	13,4 \pm 5,8 b	56,3 \pm 9,6 ab	15,6 \pm 3,1 b

Tab. 8: Fortsetzung

Pflanzenart	Parameter			
	Anzahl abgelegter Eier [St./72 h]	Anzahl geschlüpfter Larven [St.]	Schlupfrate [%]	Embryonalentwicklung [d]
<i>Lycopersicon esculentum</i>	17,4 ± 5,3 bc	7,3 ± 4,2 bcd	40,3 ± 15,2 ab	11,0 ± 0,9 b
<i>Oenothera biennis</i>	6,3 ± 4,1 ac	1,1 ± 0,9 ac	19,2 ± 10,8 a	14,0 ± 2,5 ab
<i>Petunia x hybrida</i>	0,5 ± 0,8 ad	0,1 ± 0,3 a	-	15,0 ± 1,4 ab
<i>Plectranthus ambiguus</i>	13,0 ± 3,0 bcd	8,3 ± 2,6 bc	65,1 ± 17,6 ab	14,5 ± 2,1 ab
<i>Saintpaulia ionantha</i>	12,5 ± 3,2 ab	7,6 ± 3,1 bc	62,7 ± 27,4 ab	12,1 ± 1,7 ab
<i>Solanum melongena</i>	23,4 ± 4,9 b	12,2 ± 4,4 b	52,7 ± 19,7 ab	14,8 ± 3,0 ab

Keine Eier wurden in *Brassica oleracea* abgelegt. In *Petunia x hybrida* und *Cyclamen persicum* fanden sich nach 72 Stunden durchschnittlich nur 0,5 bzw. 1,2 Eier je Weibchen, hingegen 24,7 Eier in *Digitalis purpurea*. Die Eiinkubation belief sich auf 9,9 Tage an *Calendula officinale* und unterscheidet sich somit signifikant von derjenigen an *Cucumis sativus* (17,3 Tage). Die Entwicklungsduer an den unterschiedlichen Wirtspflanzen schwankte signifikant zwischen 23,3 Tagen an *Saintpaulia ionantha* und 32,6 Tagen an *Cleome spinosa*. Mit *Brassica oleracea*, *Capsicum annuum*, *Cyclamen persicum*, *Oenothera biennis* und *Petunia x hybrida* gelang *D. errans* keine bzw. keine vollständige Entwicklung zur Imago.

Tab. 9: Mittlere Juvenilentwicklungsduer (± Standardabweichung) von *Dicyphus errans* Wolff bei 23 ± 2 °C, 65 ± 5 % relativ Luftfeuchte und 16 h Photoperiode in Abhängigkeit ausgewählter Wirtspflanzen, n = 10;
(unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Zeilen einer Spalte bei p < 0,05)

Pflanzenart	Dauer [d] der Entwicklungsstadien von <i>Dicyphus errans</i>					gesamte Juvenilentwicklung
	I	II	III	IV	V	
<i>Brassica oleracea</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Borago officinalis</i>	5,2 ± 1,0 a	4,2 ± 1,0 a	3,7 ± 0,7 a	5,5 ± 0,8 a	5,4 ± 1,0 a	24,0 ± 2,1 bc
<i>Capsicum annuum</i>	3,7 ± 0,7 a	-	-	-	-	-
<i>Calendula officinale</i>	5,6 ± 1,1 a	6,1 ± 0,9 a	4,6 ± 1,1 a	5,5 ± 1,0 a	6,9 ± 1,6 a	28,7 ± 2,7 ac
<i>Cleome spinosa</i>	7,5 ± 1,3 a	6,9 ± 1,0 a	5,8 ± 1,0 a	6,3 ± 1,6 a	6,1 ± 0,9 a	32,6 ± 3,6 a

Tab. 9: Fortsetzung

Pflanzenart	Entwicklungsduer [d] der Entwicklungsstadien					gesamte Juvenil-entwicklung
	I	II	III	IV	V	
<i>Cucumis sativus</i>	6,9 ± 0,9 a	5,6 ± 0,8 a	4,6 ± 0,7 a	4,5 ± 1,0 a	3,6 ± 0,7 a	25,2 ± 1,2 bc
<i>Cyclamen persicum</i>	3,4 ± 1,0 a	-	-	-	-	-
<i>Digitalis purpurea</i>	6,5 ± 0,7 a	4,8 ± 0,8 a	5,0 ± 1,2 a	4,6 ± 1,6 a	4,3 ± 1,3 a	25,2 ± 3,6 bc
<i>Lycopersicon esculentum</i>	5,3 ± 0,9 a	5,2 ± 0,8 a	4,8 ± 0,8 a	4,6 ± 1,1 a	4,7 ± 0,8 a	24,6 ± 2,3 bc
<i>Oenothera biennis</i>	4,8 ± - a	-	-	-	-	-
<i>Petunia x hybrida</i>	3,0 ± - a	-	-	-	-	-
<i>Plectranthus ambiguus</i>	7,0 ± 0,8 a	7,0 ± 1,2 a	5,3 ± 1,1 a	4,6 ± 0,7 a	4,4 ± 0,8 a	28,3 ± 1,9 ac
<i>Saintpaulia ionantha</i>	4,8 ± 0,8 a	4,8 ± 0,6 a	4,5 ± 1,0 a	4,3 ± 1,3 a	4,9 ± 0,9 a	23,3 ± 2,2 bc
<i>Solanum melongena</i>	7,7 ± 1,4 a	7,3 ± 1,8 a	4,9 ± 1,5 a	5,3 ± 0,9 a	4,3 ± 1,7 a	28,1 ± 6,1 ac

Auf *B. oleracea*, *C. annuum*, *C. persicum*, *Oenothera biennis* und *P. x hybrida* lag die Mortalität bei 100 %, auf den anderen Pflanzen bei 0 %.

Die Ermittlung der Blattflächen und Stängellängen der Testpflanzen mittels Area Meter führte zu den in Tabelle 10 gemittelten Daten.

Tab. 10: Mittlere Blattfläche bzw. Stängellänge und Standardabweichung nach Erhebung dieser Daten mit dem Area Meter (Mittelwerte ± Standardabweichungen), n = 3

Pflanzenart und -sorte	Blattfläche [cm ²]	Gesamtstängellänge [cm]
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>	44,7 ± 3,6	33,9 ± 6,9
<i>Borago officinalis</i>	54,4 ± 32,2	40,4 ± 17,6
<i>Capsicum annuum</i>	39,9 ± 18,5	34,9 ± 12,3
<i>Calendula officinale</i>	52,2 ± 22,9	61,1 ± 4,5
<i>Cucumis sativus</i>	77,3 ± 30,2	35,1 ± 9,5
<i>Cyclamen persicum</i>	49,3 ± 9,0	51,7 ± 7,4
<i>Digitalis purpurea</i>	44,6 ± 10,8	29,3 ± 2,9
<i>Lycopersicon esculentum</i>	56,4 ± 17,9	44,2 ± 7,6
<i>Oenothera biennis</i>	47,1 ± 12,6	58,8 ± 9,3
<i>Petunia x hybrida</i>	46,6 ± 16,2	63,3 ± 15,4
<i>Plectranthus ambiguus</i>	48,7 ± 10,3	34,9 ± 4,5
<i>Saintpaulia ionantha</i>	39,8 ± 9,6	34,7 ± 6,4
<i>Solanum melongena</i>	51,3 ± 31,3	32,0 ± 2,4

Die Werte variieren stark zwischen den Pflanzenarten und innerhalb einer Spezies selbst. Hinsichtlich der oben aufgeführten Testparameter konnten keine Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Blattfläche korreliert weder mit der Anzahl abgelegter Eier ($R^2 = 0,2$) noch mit der Dauer der Juvenilentwicklung ($R^2 = 0,0$). Ebenso zeigt die Gesamtstängellänge keinen Zusammenhang mit der Eianzahl ($R^2 = -0,3$) und Entwicklungsduer ($R^2 = 0,3$).

Eier wurden hauptsächlich in die Stängel der Jungpflanzen bis in maximal 3 cm Höhe über der Substratoberfläche abgelegt. Seltener fanden sich Eiablagen in den Blattadern. Je nach Pflanzenart variierte die Strategie, die Eier im Gewebe zu positionieren. Die absolute Anzahl abgelegter Eier und relative Schlupfrate der ersten Larven liegt bei behaarten Pflanzen höher als bei unbehaarten, insbesondere kristallin bewachsten (Abb. 22). Nur für *P. x hybrida* zeigte sich ein gegenläufiges Ergebnis.

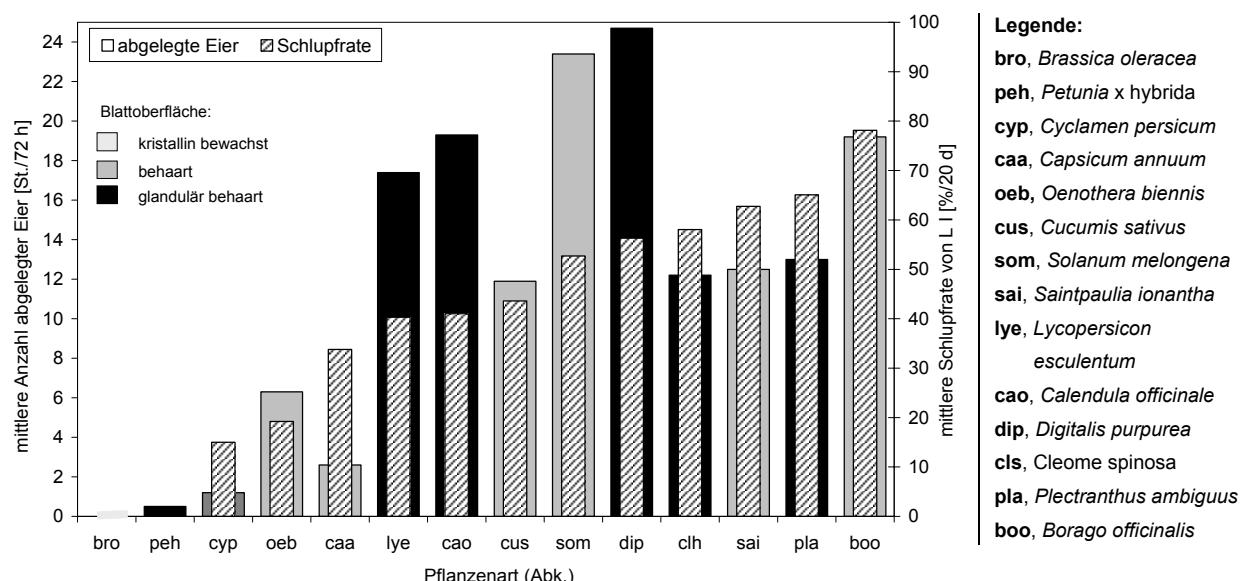


Abb. 22: Mittlere Anzahl abgelegter Eier je Weibchen und Schlupfrate der ersten Larven von *Dicyphus errans* Wolff bei 23 ± 2 °C, 65 ± 5 % relativer Luftfeuchte und 16 h Photoperiode bezüglich unterschiedlicher Wirtspflanzen und ihrer Oberflächenbeschaffenheit, $n = 10$.

Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit des verfügbaren Luftraumes

Die meisten Eier wurden in den kleinsten Gefäßen ($42,4 \text{ cm}^3$) abgelegt, gefolgt von den größten (1056 cm^3) und den mittelgroßen ($157,1 \text{ cm}^3$). Dieser Effekt machte sich bei einer längeren Versuchsdauer (186 Stunden) stärker bemerkbar. Die Eiablage in den großen Gefäßen unterschied sich dann mit 35 Stück signifikant von der in den mittelgroßen Volumina mit durchschnittlich 13,9 Stück (Abb. 23, S. 45).

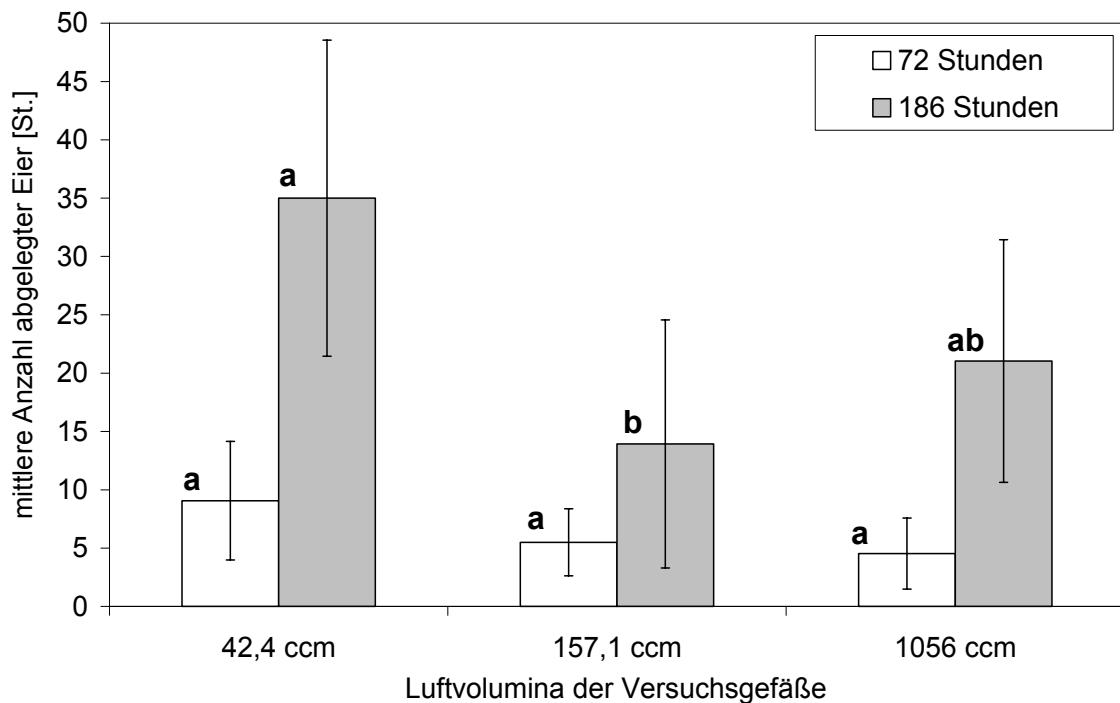


Abb. 23: Mittlere Anzahl und Standardabweichung abgelegter Eier je Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in den Experimenten zur Eiablage in Abhängigkeit vom verfügbaren Luftraum, $n = 10$; (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen gleichfarbigen Säulen, $p < 0,05$)

Kumulative Eiablage

Die Weibchen beginnen ca. eine Woche nach der Begattung mit der Eiablage (Abb. 24).

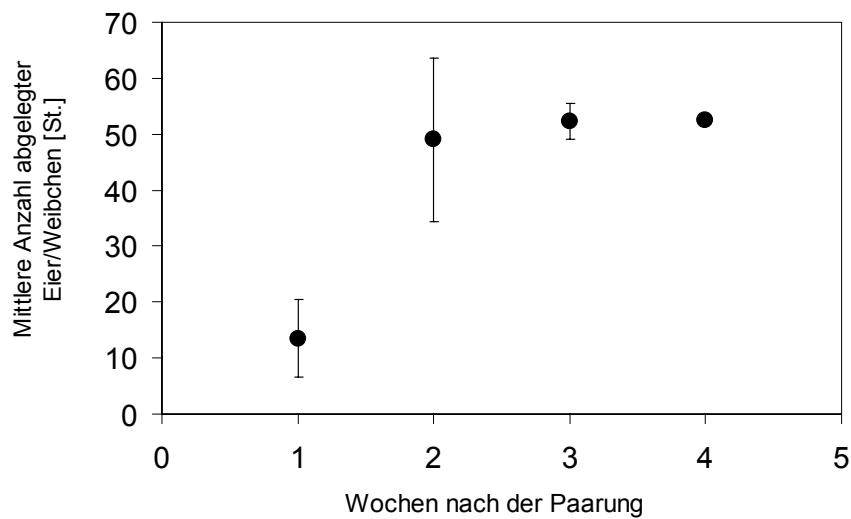


Abb. 24: Durchschnittliche kumulative Eiablage von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd nach Wochen aufgeschlüsselt, $n = 6$; (Balken dokumentieren Standardabweichung).

Die Anzahl abgelegter Eier stieg von durchschnittlich 10 Stück auf 50 Stück bis in die zweite Woche steil an, erreichte in der dritten Woche ein „Plateau“ bei 52,3 Stück und stagnierte. Ab der vierten Woche nach der Kopulation legten die Wanzen im Versuch keine Eier mehr ab. Spätestens zu diesem Zeitpunkt wurden die Untersuchungen abgebrochen. Diese vorläufigen, stark abstrahierten Erhebungen zur Gesamteiablagekapazität während der Ovipositionsperiode erfuhren keine statistische Auswertung wegen der geringen Datenmenge.

4.4.1.3 Diskussion

Wie die Untersuchungen verdeutlichen, reagiert die Weichwanze *Dicyphus errans* offensichtlich in verschiedenem Maße sensibel auf unterschiedliche Klimaparameter. Für einzelne Entwicklungsstadien und Lebensfunktionen existieren verschiedene Optima. Insbesondere Embryos, Stadien I bis III und sich häutende Individuen reagieren empfindlich auf geringe Luftfeuchte bzw. Blattfeuchte und zu hohe Temperaturen, insbesondere beide Parameter in Kopplung. BRYAN ET AL. (1976) bestätigen diese Sensibilität der sehr jungen Stadien bei Miridae. Eine Koinzidenz suboptimaler Bedingungen und sensibler Stadien kann zu erheblichen Populationsdezimierungen führen.

Vergleicht man die Daten einer Luftfeuchtigkeitsstufe, offenbart sich der Einfluss der Temperatur auf Eiablage und Entwicklung. Niedrige Temperaturen führen eine geringere Fekundität und verzögerte Entwicklung herbei. Ähnliche Beobachtungen liegen für verwandte Bryocorinae vor. TER HORST (2000) und PERDIKIS & LYKOURESSIS (1997; 1999 a, b; 2002 a, b, c) beschreiben diese Effekte für *Macrolophus pygmaeus*. Für *Dicyphus tamaninii* dokumentiert SALEH (2002) bei 60 % F_R , 16:8 h Hell-Dunkel-Rhythmus mit *Aphis gossypii* (Aphididae) an *Cucumis sativus* Entwicklungsgeschwindigkeiten von $12,5 \pm 0,2$ Tagen bei 25°C und $22,1 \pm 0,4$ Tagen bei 18°C . HART ET AL. (2002) erwähnen ebenso einen Temperatureinfluss auf die Ontogenese von *Macrolophus melanotoma*.

Der Entwicklungserfolg von *D. errans* ist stets in Beziehung zur auftretenden Mortalität zu betrachten (vgl. Abb. 20, S. 39). Eine zügige Entwicklung geht meist mit einer negativ korrelierten Mortalität einher ($R^2 = -0,4$). Die Bedeutung einer ausreichend hohen Luftfeuchtigkeit für *D. errans* scheint ausgeprägter je höher die Temperatur. Hierauf deuten das Ausbleiben des Larvenschlupfes, die Verhinderung der Entwicklung und die Mortalität bei 30°C und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit hin. Werte von 30°C und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit ermöglichen bedingt den Schlupf und die Entwicklung bis zum fünften Jugendstadium. Solche hohen Luftfeuchtigkeitswerte werden reell kaum erreicht, so dass ab dem langfristigen Einstellen von 30°C mit keiner erfolgreichen Entwicklung und Fitness von *D. errans* gerechnet werden kann. Die untere Temperaturgrenze in den Testreihen von 18°C zieht eine signifikant längere Entwicklung nach sich. Dieses Limit

kann noch weiter unterschritten werden, ohne *D. errans* stark zu beeinträchtigen, wie die Variante mit 14 °C; 75 % F_R, 10:14 h Licht-Dunkel-Rhythmus verdeutlicht. Ein Entwicklungsoptimum für die Art ist zwischen 18 °C und 25 °C zu vermuten. Diese Annahme unterstützen die in den eigenen Vorarbeiten ermittelten Daten, wo bei 22 °C, 75 % relativer Luftfeuchte und 16:8 h Licht-Dunkel-Rhythmus 23 Tage für die Juvenilentwicklung beansprucht wurden und keine Mortalität zu verzeichnen war (VOIGT 2002).

Die Wechselklima ahmten Konditionen im Gewächshaus nach. Demnach kann sich *D. errans* erfolgreich bei schwankenden Klimawerten unter Kulturbedingungen entwickeln. Wie bei der Miridae *Leptoterna dolobrata* L. (BRAUNE 1971) scheinen Wechseltemperaturen die Larvalentwicklung von *D. errans* im Vergleich zu konstanten Gradzahlen zu beschleunigen. Bemerkenswert ist die Verzögerung der Entwicklung um den Faktor 1,5, wenn die durchschnittlichen Temperaturwerte um 4 °C absinken und der Klimaverlauf stärkere Schwankungen aufweist. Verglichen mit der Referenz von z. B. 25 °C und 60 % relativer Luftfeuchte, reihen sich die Versuchsergebnisse in die unter gleich bleibenden Bedingungen erhobenen Daten ein. Unter Berücksichtigung der bei kontinuierlichen Klimaverläufen gewonnenen biologischen Kennwerte, kann *D. errans* Extremerioden mit geringer Luftfeuchte, besonders hoher oder niedriger Temperatur kurzfristig überdauern, wenn sich das langfristige Mittel an den Optimum-Ansprüchen der Weichwanze orientiert. RONCO ET AL. (1992) bestätigen eine optimale Resistenz von *D. errans* gegen Temperaturschwankungen in Kulturpflanzenbeständen bis Anfang September, wenn auch auf niedrigem Niveau der Populationsdichte.

Die sehr geringen Schlupfraten und relativ großen Standardabweichungen (vgl. S. 37) können in den Untersuchungen zur Abhängigkeit der Eiablage und Entwicklung von Klimaparametern auf die standardisierte Versuchsanlage zurückgeführt werden. Die Testorganismen hatten nur ein loses Blatt und begrenzten Raum zur Verfügung.

Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Weichwanzen wirken sich insbesondere auf die Ontogenese und Fekundität der Insekten aus. PERDIKIS & LYKOURESSIS (1997, 2000, 2001) und TER HORST (2000) bestätigen einen besonderen Einfluss der Wirtspflanzenarten und -sorten für *M. pygmaeus*, GILLESPIE ET AL. (2001) und SANCHEZ ET AL. (2004) für *Dicyphus hesperus*. Ähnliche Effekte sind von Vertretern der verwandten Wanzenfamilie Anthocoridae bekannt (COLL 1996, 1998 und SIGSGAARD 2004). Das Verständnis der Wirtsspezifität räuberischer Insekten ist laut THOMPSON (1951) eines der bedeutendsten Probleme, welches es bei wissenschaftlichen Untersuchungen zum biologischen Pflanzenschutz zu lösen gilt. BEARD & WALTER (2001) sowie JUNIPER (1991) weisen unter diesem Aspekt darauf hin, dass günstige Aufenthaltsplätze für generalistische Räuber aufgrund ihrer physikalischen Struktur und dem vorherrschenden Mikroklima ausschlaggebender als die Nahrung sein können.

Ähnlich der differenzierten Sensibilität gegenüber Klimafaktoren, zeigten sich bezüglich des Wirtspflanzeneinflusses unterschiedliche Auswirkungen im Laufe des Entwicklungszyklus'. Die Eiablage von *D. errans* in *Digitalis purpurea* (24 St.), *Solanum melongena* (23,4 St.) und *Saintpaulia ionantha* (23,3 St.) war besonders erfolgreich. Die Anzahl abgelegter Eier ging nicht mit derselben positiven Schlupfrate einher. Besten Schlupferfolg erreichten die ersten Larvenstadien an *Borago officinalis* mit ca. 80 %, gefolgt von *Saintpaulia ionantha* mit 65 %. Demnach ist nicht die durchschnittliche Anzahl abgelegter Eier (Fekundität) ein geeigneter Indikator zur Feststellung der Pflanzeneignung für *D. errans*, sondern die Schlupfrate der ersten Larvenstadien, das heißt, die Fertilität bzw. Natalität, welche den tatsächlichen mittleren Reproduktionserfolg der Art in den Untersuchungen widerspiegelt.

Hinsichtlich der Pflanzeneignung erzielte TER HORST (2000) vergleichbare Ergebnisse mit *M. pygmaeus*. Die Jugendstadien entwickelten sich vollständig an *Nicotiana tabacum*, *Solanum melongena* und *Lycopersicon esculentum* innerhalb von 35 bis 43 Tagen (vgl. *D. errans* 23,3 bis 32,6 Tage). *Capsicum annuum* verursachte wie im Falle von *D. errans* bei *M. pygmaeus* eine Mortalitätsrate von 100 %.

Als experimentell empfehlenswerter Ansatz ist der Umgang mit vitalen, getopften Pflanzen anstelle von einzelnen Blättern oder Blattstücken zu bewerten. Untersuchungsergebnisse, die mit letzterer Methode erzielt wurden (VOIGT 2002), können durch die aktuellen Analysen (2003 bis 2004) realitätsnah aufgewertet werden. Demnach legen *D. errans* in vitale Pflanzen in größeren Versuchsgefäßen weniger Eier ab als in einzelne Blätter in Petrischalen. Dieser Effekt entspricht den Ergebnissen, die in den Untersuchungen zur Fekundität in Abhängigkeit unterschiedlich großer verfügbarer Luftvolumina erzielt wurden (vgl. S. 44 bis 45). Eine Erklärung dieses Verhaltens liegt in der vermindernten Stresssituation an den vitalen Pflanzen. Die Entwicklung konnte im Gegensatz zu losen Blättern an den ganzen Pflanzen erfolgreich bis zur Häutung der Imagines verfolgt werden.

Einflussreiche Charakteristika der Pflanzen und ihrer Oberflächen können z. B. physikalischer und chemischer Natur sein (PASQUIERRE-BARRE et al. 2000). Nach LAWTON (1986) spielt mitunter die Größe/Oberfläche der Pflanzen eine bedeutende Rolle. Für die Fekundität und Ontogenese von *D. errans* konnte dies mit den verwendeten Jungpflanzen jedoch nicht bestätigt werden. Die ermittelten Größen der Pflanzenoberflächen ließen sogar eine gegenläufige Relation zur Anzahl abgelegter Eier und zum Entwicklungs geschehen erkennen. Demnach wurde der unterschiedliche Habitus mit den unumgänglichen Größenunterschieden der verschiedenen Pflanzenarten bei der Ergebnisbe trachtung weitgehend vernachlässigt und weiteren Einflussgrößen Beachtung geschenkt. Die von CONSTANT ET AL. (1996) sowie GRUBB (1986) angesprochene Pflanzenhärte kann für die Eiablage ausschlaggebend sein. Bei *M. melanotoma* korrelierte die Fekundität der

Weibchen an *Pelargonium peltatum* in einem Bereich von 0,1 bis 0,2 Newton mit der Gewebehärte der Pflanzen. Allerdings kann die Argumentation, dass Stängel und Blattstiele weniger Eigelege als Blattadern aufwiesen durch die Untersuchungen mit *D. errans* nicht bestätigt werden. Die Weibchen legten bevorzugt Eier in Blattstiele und vor allem an der Stängelbasis der verwendeten Jungpflanzen ab. Entsprechend eigener Untersuchungen zum Blattadernquerschnitt (VOIGT 2002) finden sich in den vorliegenden Resultaten unter den am besten für die Eiablage geeigneten Pflanzen, Arten mit großlumigen, breiten Blattadern (Venen) und Blattstielen (Petiolen), wie *Plectranthus ambiguus*, *Nicotiana sylvestris* oder *Solanum melongena*. Zur Bestärkung dieser Beobachtungen können künftig exakte morphometrische Analysen und die Anfertigung von Querschnitten der Petiolen und Venen einen wertvollen Beitrag leisten.

Des Weiteren sind Turgor und Saftfluss in der Pflanze nicht zu unterschätzende Aspekte für die Eiablage. Ausführungen von ROTH-NEBELSICK ET AL. (2001) zu Evolution und Funktion der Blattadernarchitektur belegen, dass die Flussgeschwindigkeiten am basalen Teil der Blattmittelrippe am höchsten sind und mit zunehmender Distanz von der Mittelrippe und mit abnehmender Adernordnung sinken. Die Druckwerte verringern sich mit zunehmender Distanz von dem Punkt, wo die Petiole in der Blattlamina enden. Demzufolge bevorzugt *D. errans* mit den basalen Blattmittelrippen, Blattstielen und Stängeln Eiablageorte mit hohen Durchflussgeschwindigkeiten und Turgorwerten. Künftig sollte dieser Betrachtung nachgegangen und entsprechende Analysen durchgeführt werden, um die Eiablagetaktik und entsprechende Optimalbedingungen für *D. errans* aufzuzeigen und zu verstehen.

Die Oberflächentextur der Pflanzen erwies sich als ein ausschlaggebender Einflussfaktor für Fekundität und Ontogenese. Abbildung 22 (S. 44) verdeutlicht die erfolgreichere Eiablage und Schlupfrate auf behaarten Pflanzen im Gegensatz zu unbehaarten. Die Vorliebe von *D. errans* für plumose¹¹ Pflanzenoberflächen offenbart sich somit als Fitness steigerndes Verhalten, was z. B. auch SOUTHWOOD (1986) und VOIGT (2002) bestätigen. Ebenfalls der Entwicklungstrend auf trocken und glandulär behaarten Pflanzen verlief zügiger. Die Ausnahme bildet *P. x hybrida*. Auf dieser glandulär behaarten Pflanze wurden kaum Eier abgelegt. Die Weibchen in den Tests starben während der Versuchsdauer. Schlüpfende Larven ereilte dasselbe Schicksal. Eine Erklärung für dieses Phänomen könnte der Einfluss chemischer Substanzen liefern. Laut HEGNAUER (1992) enthält *Petunia x hybrida* die gegen Insekten wirksamen Petunolide A bis D. Möglicherweise üben diese Inhaltsstoffe auf *D. errans* einen letalen Effekt aus. Diesen gilt es, in fortführenden Studien aufzuklären.

¹¹ plumos: dicht behaart

Die Untersuchungsergebnisse zur Eiablage in Abhängigkeit von dem zur Verfügung stehenden Luftraum vermitteln ein Bild über das Verhalten von *D. errans* unter eingeengten Versuchsbedingungen und sprechen für einen ausreichend großen Luftraum, um einer Verfälschung von Ergebnissen entgegen zu wirken. Die signifikant höhere Eiablage in den Gefäßen mit dem kleinsten Luftraum spricht für eine Reaktion unter Zwangsbedingungen, der experimentell entgegen gewirkt werden sollte. Augenscheinlich flacht dieser Effekt ab einer gewissen Mindestgröße der Versuchsgefäße ab und nimmt gegenläufige Werte an. Für diffizilere Ableitungen bedarf es weiterer Untersuchungen mit einer breiteren Palette an Varianten, das heißt, an Gefäßen mit unterschiedlich großem Luftraum.

Die kumulative Eiablage konnte exemplarisch bestimmt werden und ähnelt mit 52,3 Eiern im Durchschnitt innerhalb von 21 Tagen derer verwandter Weichwanzenarten (vgl. S. 45 f.). SALEH (2002) dokumentiert durchschnittlich 76 abgelegte Eier je Weibchen während einer mittleren Gesamtovipositionsperiode von 50,5 Tagen bei 25 °C für *Dicyphus tamaninii*. Angaben zur Langlebigkeit von Weichwanzen unter Versuchsbedingungen erscheinen allerdings unrealistisch, da die Tiere stets unter eingeengten Bedingungen und unter Zwang gehalten werden. Für repräsentative Daten bedarf es einer größeren Wiederholungsanzahl und langfristiger Beobachtungen, unter Umständen auch mit markierten Tieren in Feldstudien.

Offen bleibt, inwieweit unterschiedliche Beutetiere die Fekundität und Ontogenese beeinflussen. FAUVEL ET AL. (1987), HANSEN ET AL. (1999), HEJZLAR & KABÍCEK (1998) sowie PERDIKIS & LYKOURESSIS (2000) erwähnen solche Effekte für die verwandten Arten *Macrolophus melanotoma* und *Macrolophus pygmaeus*. Demnach können entsprechende Studien mit *D. errans* die Einflussfaktoren auf die Biologie der Wanze noch umfassender berücksichtigen.

Den Untersuchungsergebnissen zufolge spielen die Pflanzen hinsichtlich der Entwicklung und Fekundität der Weichwanze die herausragende Rolle. COLL (1998) und GRENIER ET AL. (1989) diskutieren die Bedeutung geeigneter Pflanzen für eine langfristig erfolgreiche Haltung und Vermehrung der Weichwanzen. Die Ansiedlung und Konservierung von *D. errans* in Pflanzenbeständen durch Depotpflanzen verlangt ebenso nach entsprechenden Wirtspflanzenarten, was DESOUHANT ET AL. (1998), EL TITI (1972) sowie VAN EMDEN & WAY (1972) bestätigen. Nach den bisherigen Studien zu urteilen, gelten *Digitalis purpurea* und *Solanum melongena* für diese Zwecke als besonders tauglich.

Die Einflussgröße „Pflanze“ muss künftig in der Forschungsarbeit zur Bionomie der Weichwanze *D. errans* weiterhin zentrale Beachtung finden.

4.4.2 Dormanz

Als ökophysiologische Funktion sichert die Dormanz langfristig die Ontogenese, die Fitness und den Fortbestand einer Art. In den Testreihen sollte die Empfindlichkeit von *D. errans* auf verschiedene Tageslängen-Temperatur-Kopplungen geprüft werden.

Die Versuchsdurchführung orientierte sich an Studien von GILLESPIE ET AL. (2000 a) mit *Dicyphus hesperus* Knight in Kanada. Demnach fallen 100 % der Imagines in eine reproduktive Diapause, wenn sich alle Jugendstadien bei 23 °C und einer Photoperiode von weniger als 15 Stunden entwickeln.

4.4.2.1 Material und Methoden

Die Parameter kritische Photoperiode (12 h, 14 h) und Temperatur (14 °C, 16 °C, 22 °C) wurden für *D. errans* in vier Grundvarianten getestet:

1. Variante: 12 h, 16 °C;
2. Variante: 14 h, 16 °C;
3. Variante: 12 h, 22 °C und
4. Variante: 14 h, 22 °C.

Zusätzlich wurde die folgende Abstufung einbezogen:

5. Variante: 10 h, 14 °C.

Im Vorfeld wurde *D. errans* unter den in Kapitel 4.2 (S. 21 ff.) vorgestellten Bedingungen in den Versuchspflanzen- und Versuchstiervermehrungen an Pflanzen von *Plectranthus ambiguus* und *Digitalis purpurea* (Kunststofftöpfen 11 cm Durchmesser) gehalten, wohin ein die Wanzenweibchen Eier implantierten. Diese mit Eiern „infizierten“ Topfpflanzen wurden in mit Gaze bespannten Holzkäfigen (Höhe 45 cm, Breite 25 cm, Tiefe 40 cm) in der Umwelttestkammer MLR-350 HT, 1330 W, Fa. SANYO positioniert. Bis zur Häutung zur Imago waren die aus den Eiern schlüpfenden Larven je nach Variante den verschiedenen Photoperiode-Temperatur-Kombinationen ausgesetzt. Wöchentlich erfolgten Fütterungen mit Eiern von *Sitotroga cerealella* ad libitum. Anhand der Fähigkeit der sich entwickelnden Weibchen zur Eiablage konnten Rückschlüsse gezogen werden bei welcher Tageslängen-Temperatur-Kombination während der Juvenilentwicklung sie zur Dormanz angeregt wurden. Die zur Imago gehäuteten Weibchen wurden mit begattungsfähigen Männchen zusammengebracht. Nach der Kopulation wurde die Eiablage bei 23 ± 2 °C, 65 ± 5 % relativer Luftfeuchtigkeit im Lichtregal beobachtet, die Anzahl abgelegter Eier während der gesamten Ovipositionsperiode und der anschließend erfolgreiche Schlupf der ersten Larvenstadien innerhalb von fünf Tagen aufgezeichnet. Pro Variante wurden

insgesamt 19 Wiederholungen mit jeweils einem Weibchen durchgeführt. Als Versuchsgefäße dienten die in Kapitel 4.4.1 (S. 33 ff.) erwähnten befeuchteten Glasschalen, die mit Blättern der Pflanze *Plectranthus ambiguus* und Eiern der Beutetierart *Sitotroga cerealella* ad libitum bestückt wurden. Einmal wöchentlich wurden die Beutetiere zugefüttert und das Pflanzenmaterial bei Bedarf erneuert.

Zusätzliche Beobachtungen erfolgten an Individuen aus dem Freiland. Hierzu fanden Kollektionen weiblicher *D. errans* im Botanischen Garten der TU Dresden zu drei verschiedenen Terminen (01.10.2003, n = 6; 23.10.2003, n = 16; 27.01.2004, n = 6) statt. Die Tiere wurden auf turgeszente Blätter von *P. ambiguus* mit *S. cerealella* in den unter 4.4.1 (S. 33 ff.) beschriebenen Glasschalen gesetzt und die Eiablage bis zum Lebensende dokumentiert.

4.4.2.2 Ergebnisse

Die kritische Photoperiode (ϕ) ist diejenige Tageslänge, welche 50 % der Individuen mit ungehemmter nondormanter Entwicklung und 50 % mit einer zeitweisen dormanten Entwicklung überstehen (MÜLLER 1992). Demnach ist den Ergebnissen zufolge in den durchgeföhrten Untersuchungen keine Dormanz der Weibchen nach der Entwicklung aller Jugendstadien unter den gegebenen Bedingungen eingetreten (Tab. 11). Noch bei der Variante mit 10 Stunden Photoperiode und 14 °C blieben 85 % der Weibchen mit geschmälerter Eiablage und Ovipositionsperiode eiablagefähig.

Tab. 11: Relativer Anteil eiablagefähiger Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff in den Untersuchungen zur Dormanz, n = 20

Variante (Photoperiode, Temperatur)	10 h, 14 °C	12 h, 16 °C	14 h, 16 °C	12 h, 22 °C	14 h, 22 °C
Anteil ovipo- sitionierender Weibchen [%]	85,0	90,0	95,0	95,0	95,0

Die signifikant höchste Anzahl abgelegter Eier fiel auf die Klimaparameterkombination 14 Stunden Photoperiode und 16 °C Lufttemperatur (Tab. 12, S. 53). In der Variante mit 10 Stunden Photoperiode und 14 °C wurden im Gegensatz zu den anderen Parameterkombinationen signifikant weniger Eier gelegt, ca. 8,5 Mal weniger als bei 14 Stunden Belichtung und 16 °C. Die höchste Anzahl täglich abgelegter Eier wurde in den Varianten 14 Stunden, 16 °C und 12 Stunden, 22 °C erzielt.

Tendenziell erlebten die Weibchen, deren Jugendentwicklung bei höherer Temperatur und längerer Lichtzugabe stattfand, eine längere Ovipositionsperiode im Nachhinein. Die Anzahl geschlüpfter Larven unterschied sich geringfügig ohne statistische Absicherung.

Tab. 12: Mittelwerte (\pm Standardabweichung) der dokumentierten Parameter zum Eiablageerfolg der Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd in den Untersuchungen zur Dormanze, n = 20
(unterschiedliche Buchstaben verweisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Zeilen bei $p < 0,05$)

Variante (Photoperiode, Temperatur)	Anzahl gelegter Eier je Weibchen	Anzahl täglich gelegter Eier je Weibchen	Ovipositions- periode	Anzahl ge- schlüpfter Larven	Schlupf- rate
	[St.]	[St./d]	[d]	[St./5 d]	[%]
10 h, 14 °C	4,1 ± 1,7 a	0,4	9,7 ± 4,0 a	3,9 ± 3,2 a	95,1
12 h, 16 °C	12,2 ± 8,0 b	0,6	21,3 ± 4,8 b	4,2 ± 4,0 a	34,4
14 h, 16 °C	34,8 ± 29,1 c	2,1	16,3 ± 2,2 b	6,3 ± 4,5 a	18,1
12 h, 22 °C	15,1 ± 6,6 b	2,0	7,5 ± 1,5 a	5,6 ± 3,4 a	37,1
14 h, 22 °C	17,4 ± 6,1 b	1,0	17,5 ± 2,6 b	5,5 ± 2,7 a	31,6

Die im Freiland gesammelten Weibchen legten während der Tests zu 100 % Eier ab. Die Anzahl abgelegter Eier reduzierte sich mit zunehmender Beobachtungsdauer (Abb. 25).

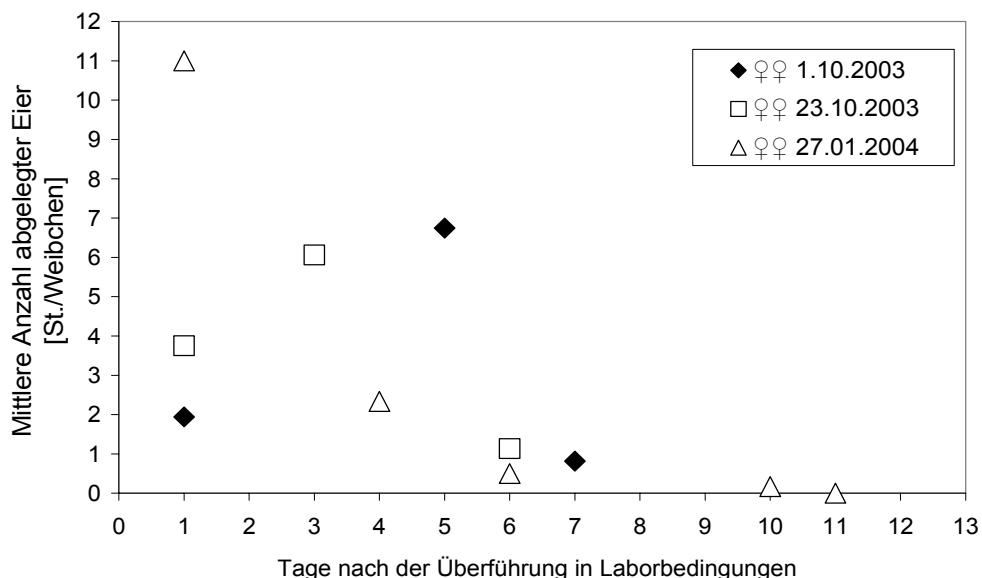


Abb. 25: Durchschnittliche Eiablage im Freiland gesammelter Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff an *Plectranthus ambiguus* (Bol.) Codd (Sammlungen 01.10.2003, n = 6; 23.10.2003, n = 16; 27.01.2004, n = 6).

Einerseits starben viele Weibchen nach einer gewissen Beherbergungsfrist (Trend: 21 Tage) im Labor, andererseits blieb die Eiablage vitaler Weibchen danach aus, weil diese offensichtlich in die postreproduktive Lebensphase verfielen.

4.4.2.3 Diskussion

Die Schwellenwerte und Ursachen für die Dormanziposition von *D. errans* zu ermitteln, bringt wertvolle Informationen über die artspezifischen Aktivitäts- und Reproduktionsgrenzen.

Zudem sollte anhand der aktuellen Daten eine Zuordnung von *D. errans* zu einer der von MÜLLER (1992) beschriebenen Dormanzformen (Quieszenz, Oligopause, Parapause oder Diapause) und dementsprechend die Abschätzung der arteigenen Anpassungsstrategie und -fähigkeit an kalte und lichtarme Bedingungen möglich sein. Bislang existieren diesbezüglich keine Angaben in der Literatur. Die Überwinterungsstrategien verwandter Wanzen wurden bisher fallweise in Betrachtungen einbezogen und zumeist als reproduktive Diapause angesprochen (GILLESPIE ET AL. 2000 a; BRAUNE 1971, 1980; RUBERSON ET AL. 1998). COLLYER (1967) definiert für *Anthocoris nemorum* eine solche. Die gehäuteten Weibchen legen Eier bis zum frühen August oder frühen September und sind bis Ende Oktober aktiv, teilweise auch länger. Danach ist die Entwicklung der Ovarien arretiert. Die Dormanzproblematik bei Arthropoden ist umstritten und wird kontrovers diskutiert (z. B. HODEK 1971, 1983; LEES 1956; PARKER 1975). Den unzähligen Begriffsbestimmungen ermangelt es einerseits an Klarheit und homogenem Blickwinkel. Andererseits passen sich die Reaktionen der Organismen nicht eindeutig in aufgestellte Schemata ein. Es existieren fließende Übergänge.

In keiner der untersuchten Varianten verfielen 50 % der Weibchen von *D. errans* in eine deutliche zeitweise dormante Entwicklung entsprechend der etablierten Definitionen von MÜLLER (1992). Demnach wurde unter den eingestellten Versuchsbedingungen keine kritische Photoperiode (ϕ) erreicht. Bei verkürzter Photoperiode und gleich bleibender Temperatur war die Anzahl abgelegter Eier geringer. Dieser Effekt tritt unter niedriger Temperatur stärker hervor als bei höherer, was für eine kombinierte Wirkung, eine „Co-Funktionalität“, von Temperatur und Tageslänge gedeutet werden kann. Laut MÜLLER (1992) setzt sich in extremen Potenzbereichen die Temperatur gegenüber Tageslängenwirkung immer durch.

Der Parameter Eiablage ist für die Interpretation der Versuchsergebnisse und der Dormanzausprägung nur bedingt geeignet, weil die Versuchswerte insgesamt keinen eindeutigen Trend aufweisen. Anders als Ergebnisse von RUBERSON ET AL. (2000) für die Anthocoridae *Orius insidiosus* Say zeigen, scheinen die Jugendstadien von *D. errans* für die Induktion einer Dormanzi unter den gegebenen Bedingungen nicht sensibel.

Der tendenzielle Abfall der Eiablageleistung mit fortschreitender Zeit der im Freiland gesammelten Weibchen von *D. errans* führt zu der Annahme, dass die Imagines empfindlich auf Dormanzi induzierende Faktoren, wie Licht und Temperatur, reagieren könnten.

Die Tatsache, dass *D. errans* auch in den Wintermonaten jederzeit unter günstigen Umständen aktiv werden kann und nach Überführung in Laborbedingungen Eier abgelegt werden, widerspricht der vielfach von Autoren als reproduktive Diapause bezeichneten Ruhephase diverser Bryocorinae. Diese Annahme untermauern Bemerkungen von COBBEN (1968), der bei *Dicyphus pallicornis* in den Niederlanden eine scheinbar nicht wirkliche Diapause beobachtete. Bei *D. errans* handelt es sich nach der Klassifikation von MÜLLER (1992) vielmehr um eine Form der konsekutiven Dormanz, nach dem Induktionsaspekt ein Feedback, welches erst als Folge auf bereits eingetretene Umweltverschlechterung sukzessive stattfindet. Die Reaktionen des Stoffwechsels, des Wachstums und des Entwicklungsgeschehens erfolgen unmittelbar. Der Autor separiert die konsekutive Dormanz in die zwei Kategorien Quieszenz (keine echte Dormanz, sofortige Reaktion nach Unter- oder Überschreiten eines Kardinalpunktes) und Oligopause (verzögerte Reaktion). Die Untersuchungen zu *D. errans* lassen darauf schließen, dass die Biologie der Wanze eher der letztgenannten verzögerten Reaktion entspricht. Bei thermischer Oligopause wird die Entwicklung durch unterschwellige bzw. überoptimale Bedingungen nicht sofort (quieszent), sondern nach einer gewissen Einwirkungszeit (Akkumulation) gehemmt und eventuell sogar zum Erliegen gebracht. Sie wird schließlich aber nach einer entsprechenden Verzögerung (Dekumulation) nach allmählicher Anpassung (Akkommodation) des Metabolismus und der Ontogenese, auch unter nur geringem Wärmeangebot, fortgesetzt. Denkbar ist aber auch eine kombinierte Wirkung weitaus vielfältigerer Faktorenkomplexe als das experimentell statuierte Kontinuum von Photoperiode und Temperatur. Unter Umständen erweist sich gerade der rhythmische Wechsel von Klimakonditionen als ausschlaggebend für die Induktion von Ruhephasen.

Für sichere Argumentationen bedarf es, auf die vorliegenden Ergebnisse aufbauend, weiterer Untersuchungen unter bestimmter Klimamuster- und Abfolgen. Vielfältigere Varianten bzw. Klimaabstufungen und gezielte Integration der Imagines als mögliche dormanzsensible Stadien können zur Aufklärung der Dormanzstrategie von *D. errans* beitragen.

Eindeutig durch Beobachtungen belegt, ist die ganzjährige, wenn auch zum Teil eingeschränkte, Aktivität von *D. errans* unter frostfreien Bedingungen (im Gewächshaus) bei verminderter Tageslänge. Dieser Aspekt ist für den biologischen Pflanzenschutz unter Glas als besonders positiv zu bewerten, wonach GLENISTER (1998) die Dormanz als ein Limit für den Einsatz von natürlichen Gegenspielern in unseren Breitengraden gilt.

4.4.3 Aufenthalt und Fortbewegung

4.4.3.1 Räumliche Orientierung

Infochemikalien spielen eine bedeutende Rolle bei der Biokommunikation und Interaktion zwischen Organismen sowie der Evolution und Funktionsweise ökologischer Nahrungsnetze (ALDRICH 1988, ANANTHAKRISHNAN 1996, DETTNER 2000, STEIDLE & LOON 2003). Als Verhalten beeinflussende Parameter geben sie Ausschlag für die Aktivität natürlicher Herbivorenfeinde. Zum Orientierungsvermögen polyphager, omnivorer Organismen liegen nur begrenzte Untersuchungen und Daten vor (z. B. HO & MILLAR 2002, MCGREGOR & GILLESPIE 2004, SHIMODA ET AL. 1997, VENZON ET AL. 1999). Spezialisten, wie z. B. Parasitoide und diverse Herbivore, besitzen intensiven Forschungsarbeiten zufolge nachweislich die Fähigkeit zu olfaktorischen Reaktionen, Orientierung nach Duftgradienten und assoziativem Lernen hinsichtlich intra- und interspezifischen Duftbuketts, auch auf multitrophischer Ebene (z. B. BOPPRÉ 1984 und 1995, MICHA & WYSS 1995, MÖLCK 2001, PETERSEN 2000, SENGONCA & KRANZ 2001, STEIDLE ET AL. 2003). Auf welche Art und Weise nehmen Generalisten ihre Beute und Umwelt wahr? Orientiert sich *D. errans* an pflanzlich oder/und herbivor induzierten Duftstoffen (Kairomone, Synomone, Volatile)? Sind die Wanzen fähig zur kurzfristigen Habituation an Pflanzen-Phytophaga-Komplexe? Zur Klärung dieser Fragen sollten folgende Testreihen beitragen.

4.4.3.1.1 Material und Methoden

Olfaktometerexperiment

Zunächst erfolgte eine Studie mit einem zweiarmigen Y-Olfaktometer aus Glas (Zweifachwahltest/two-choice-test). Das Gerät bestand aus einem Stammrohr und zwei Seitenarmen (Abb. 26) in Anlehnung an BRAASCH (1969). Die Seitenarme bildeten einen Winkel von 45°.

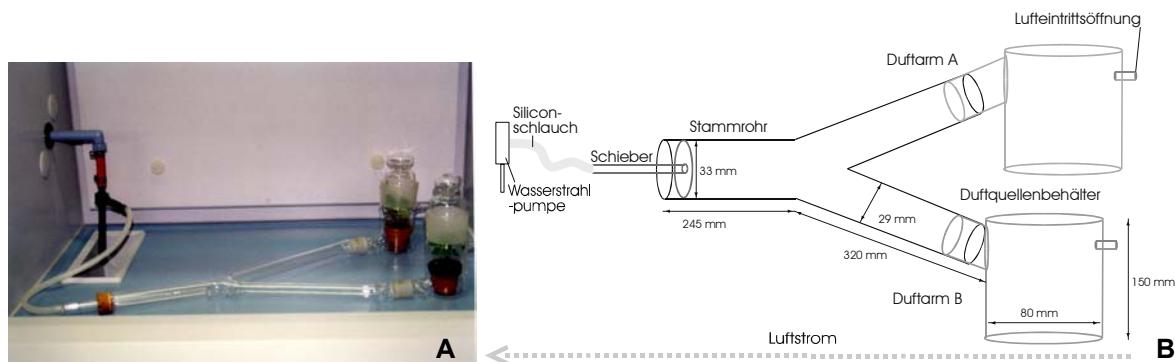


Abb. 26: Versuchsaufbau Olfaktometertest; A) Fotografie, B) Schematisierte Skizze.

Am Hauptrohrauslass befand sich ein Korkstopfen, welcher gleichzeitig Führung für den luftdurchlässigen Schieber bot. Den gleichmäßigen Luftstrom erzeugte eine Wasserstrahlpumpe „Höppler“. An den Duftarmen waren Glasgefäße mit den Testpflanzen (Duftquellen) über Glasschliffe angedockt. Aufgestellt wurde das Experiment in einem sauberen, reinen Laborabzug. Für eine gleichmäßige Belichtung sorgten Leuchtstoffröhren Universalweißlicht. Es herrschten $22 \pm 3^\circ\text{C}$ und $60 \pm 5\%$ F_R.

Vor Versuchsbeginn erfolgte eine Reinigung der Apparatur mit unvergälltem Alkohol (70 %), das Spülen mit destilliertem Wasser und anschließendem Trocknen sowie ein 15minütiger Luftdurchfluss durch den bereit stehenden Experimentaufbau ohne *D. errans* entsprechend VAN ALPHEN & JERVIS (1996). Für 19 Weibchen wurden jeweils zehnminütige Testläufe (zwischen 10 und 17 Uhr) mit den Duftquellen *Nicotiana sylvestris* im 3-Blattstadium A) mit und B) ohne Beute (*Planococcus citri*, 80 % Befall der Pflanzenoberfläche nach okularer Abschätzung) realisiert. Für *Nicotiana sp.* existieren zahlreiche Belege für seine vielschichtigen olfaktorischen Interaktionen mit Herbivoren und Carnivoren (z. B. KESSLER & BALDWIN 2004). BRAASCH (1969) und COLAZZA ET AL. (1999) empfehlen die Testdauer von 10 Minuten. Die mit *P. citri* infizierte Pflanze wurde 48 Stunden vor Versuchsbeginn mit Larven des Phytophagen besetzt. Die aus der in Kapitel 4.2 (S. 21 ff.) beschriebenen Vermehrung entnommenen, standardisierten, 10 bis 15 Tage alten *D. errans* hungrerten 24 Stunden vor Versuchsbeginn. CLAVER & AMBROSE (2003) zufolge beschleunigt Hunger bei *Rhynocoris marginatus* Fab. (Heteroptera, Reduviidae) die Suchgeschwindigkeit. Jedes Versuchsindividuum wurde an der Stammrohröffnung mit Hilfe eines Feinpinsels eingesetzt und nach einer Minute Reaktionszeit mit dem Schieber bis zur Verzweigungsstelle herangeführt. Das Reaktionsverhalten von *D. errans* wurde dokumentiert (Orientierung, Aufenthalt, Bewegung).

Bioessay im Windkanal

In Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Veit Hildebrand wurde ein einfacher Windkanal in einem sauberen Versuchsräum (Länge 7,90 m x Breite 4,60 m x Höhe 3,20 m) mit Luftabzug im Laboratorium Niedergeschwindigkeitswindkanal des Instituts für Luft- und Raumfahrttechnik der TU Dresden konstruiert und installiert (Abb. 27, S. 58). Der Aufbau orientierte sich an CRISTOFARO ET AL. (2000). Die Testkammer aus Plexiglas maß 900 mm Länge x 500 mm Breite x 600 mm Höhe. An den Gefäßseiten befanden sich Lufteintrittsöffnungen, welche durch Aktivkohlevliesfilter (Fa. Voigt GmbH Filz- und Filtertechnik, Wernau und Fa. Eheim GmbH & Co.KG, Deizisau) abgedeckt waren, um möglichst unkontaminierte Luft eintreten zu lassen. Über ein flexibles Kunststoffrohr am beweglichen Gefäßdeckel sowie die Rohrverbindungsstücke HTR und HTU fand die Windkammer Verbindung mit dem reversiblen Gebläse Typ FDH 012/VSRG 0 (2775 l/min, 50 Hz, 57,6 m³ Luftfördermenge,

38 mmWS statischer Druck). Dieses war an den Frequenzregler Positron S mit digitalem Bedienungsdisplay (VEM Antriebselektronik) gekoppelt. Die Messgeräte FlowMaster Precision Anemometer DANTEC Type 54 N 60 und Kugelsonden Air Velocity Transducer 20 Hz (National Instruments SCXI-1000, SCXI™ Mainframe) sowie die Software Lab View 6i ermöglichen die Einstellung eines auf *D. errans* abgestimmten leichten Luftstroms zwischen 20 und 30 cm/s. Laut BRAASCH (1969) liegt die für derartige Experimente geeignete Windgeschwindigkeit bei 30 cm/s. WITZGALL (2003) zufolge beläuft sich der Wert auf ca. 25 cm/s, ist allerdings spezifisch für die Insektenart zu ermitteln und festzulegen. Die gewünschte Bewegung des Luftstroms wurde vorab durch Rauchvisualisierung (Räucherstäbchen) verfolgt und durch die Konstruktionsweise der Testkammer sichergestellt. Temperatur und Luftfeuchte betrugen 23 ± 3 °C bzw. 55 ± 5 %. Die Leuchtstoffröhren 'Lumilux de Luxe Interna' (universalweiß) in 120 cm Abstand von der Gefäßoberfläche boten eine nahezu gleichmäßige Belichtung mit 1000 bis 1100 lux.

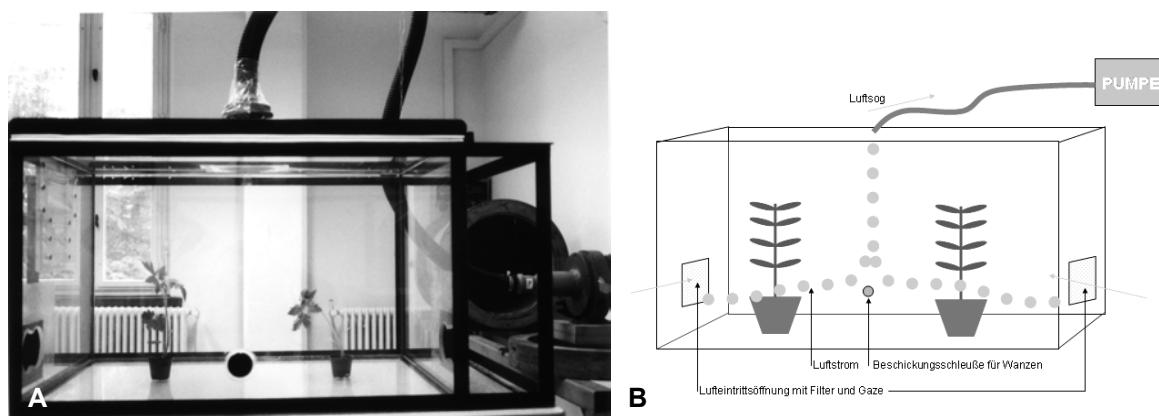


Abb. 27: Versuchsaufbau und Funktionsprinzip beim Windkanalbioessay mit *Dicyphus errans* Wolff. A) Fotografie, B) Schematisierte Skizze.

Der Freisetzungsort für *D. errans* befand sich an der frontalen Seite der Testkammer in Form einer kreisrunden, luftdicht verschließbaren Beschickungsschleuse mit 4 cm Durchmesser (Kunststoffverschraubung) in 10 cm Höhe über dem Boden. Die Wanzen wurden durch die Öffnung mit einem Glasröhrchen, das ihnen gleichzeitig als Orientierungsplattform diente, direkt in den Windstrom eingeführt. Der Abstand zu jeder Duftquelle (Pflanze) an dieser Stelle betrug 20 cm. Vor Versuchsbeginn und vor Durchführung einer jeden neuen Variante wurde die Testkammer mit 70 %igen Alkohol und anschließend destilliertem Wasser gereinigt.

Die verwendeten standardisierten Tiere und Pflanzen entstammten denen in Kapitel 4.2 (S. 21 ff.) beschriebenen Vermehrungen. Als pflanzliche Testduftquellen dienten *Nicotiana sylvestris* (5-Blatt-Stadium), *Cucumis sativus* 'Rawa' (3-Blatt-Stadium), *Lycopersicon*

esculentum 'Grit' (5-Blatt-Stadium), A) ohne und B) mit den im Folgenden erwähnten Beutetieren (80 % Befall der Pflanzenoberfläche nach okularer Abschätzung).

Unerfahrene (naive) und erfahrene (konditionierte) Imagines (Weibchen und Männchen) wurden getestet. Erfahrene Individuen wurden 48 Stunden vor Versuchsbeginn für 24 Stunden mit der jeweiligen Beute und Wirtspflanze in Kontakt gebracht (konditioniert), während unerfahrene fortlaufend in den Vermehrungskäfigen fristeten. Beide wurden 24 Stunden vor den Experimenten ohne Futter, nur mit einem feuchtem Wattebausch gehalten, um die Suchaktivität in den Tests anzuregen.

Folgende Zweifach-Wahl-Varianten (two choice) wurden mit *D. errans* in 99 Wiederholungen zehnminütiger Tests durchgeführt (Variante 3 in 9 Wiederholungen):

- 1) Weibchen unerfahren mit *Nicotiana sylvestris* (A: gesund, B: mit *Plancococcus citri*);
- 2) Weibchen erfahren mit *Nicotiana sylvestris* (A: gesund, B: mit *Plancococcus citri*);
- 3) Männchen unerfahren mit *Nicotiana sylvestris* (A: gesund, B: mit *Plancococcus citri*);
- 4) Männchen erfahren mit *Nicotiana sylvestris* (A: gesund, B: mit *Plancococcus citri*);
- 5) Weibchen unerfahren mit *Cucumis sativus* (A: gesund, B: mit *Aphis gossypii*);
- 6) Weibchen erfahren mit *Cucumis sativus* (A: gesund, B: mit *Aphis gossypii*);
- 7) Männchen unerfahren mit *Cucumis sativus* (A: gesund, B: mit *Aphis gossypii*);
- 8) Männchen erfahren mit *Cucumis sativus* (A: gesund, B: mit *Aphis gossypii*);
- 9) Weibchen unerfahren mit *Lycopersicon esculentum* (A: gesund, B: mit *Aulacorthum solani*) und
- 10) Männchen unerfahren mit *Lycopersicon esculentum* (A: gesund, B: mit *Aulacorthum solani*).

Über die tageszeitliche Reaktionsbereitschaft, wie sie ENGELKE (2001), MÖLCK (2001) sowie LENTZ (2003) für Parasitoide und Coccinellidae schildern, lagen über *D. errans* keine repräsentativen Beobachtungen vor, um die Versuchsdurchführung dementsprechend zu arrangieren. Die Versuchstermine waren zufällig gewählt und über den gesamten Tageslauf verteilt, um diurnale Einflüsse zu randomisieren. Je Wiederholung wurde ein „neues“ Insekt verwendet. Das Flugverhalten und die Orientierung wurden nach denen in Tabelle 13 (S. 60) beschriebenen Parametern notiert. Die Auswahl der Parameter stützte sich auf MÖLCK (2001). Die gewählten Wirtspflanzen-Beute-Kombinationen besitzen pflanzenbauliche Relevanz.

An die zehnminütigen Tests schlossen sich langfristige Studien an, bei denen das Verhalten 34 einzelner Individuen von *D. errans* in der Windkammer bis zum Auffinden

einer Duftquelle bzw. maximal 60 Minuten lang beobachtet und zeichnerisch dokumentiert wurde.

Zusätzlich erfolgten Erhebungen bei drei nacheinander folgenden Massenfreilassungen von 40 unerfahrenen Individuen (20 ♀♀ und 20 ♂♂) in der Testkammer ohne Einstellen des Windstroms nach 24 Stunden. Die Methodik orientierte sich am „Release-Recapture-Verfahren“ von VENZON ET AL. (1999).

Tab. 13: Parameter für die Evaluierung des Verhaltens von *Dicyphus errans* Wolff im Windkanalbioessay

Verhalten	Parameter	Erläuterung
Orientierung	A Pflanze gesund	<i>D. errans</i> besetzt innerhalb der 10 Minuten Testdauer die Pflanze A, gesund, ohne Beutetiere
	B Pflanze mit Beute infiziert	<i>D. errans</i> besetzt innerhalb der 10 Minuten Testdauer die Pflanze B, infiziert mit Beutetieren
	0 keine Pflanze	<i>D. errans</i> besetzt innerhalb der 10 Minuten Testdauer keine Pflanze; sitzt am Gefäß oder bewegt sich noch
Flug	Flug gerichtet	<i>D. errans</i> fliegt zielstrebig auf eine Pflanze oder einen anderen Ort in der Testkammer zu
	Flug ungerichtet	<i>D. errans</i> erreicht eine Pflanze oder einen anderen Ort in der Testkammer „auf Umwegen“ mit ausschweifenden Flügen
	kein Flug	<i>D. errans</i> fliegt nicht, sondern läuft in der Testkammer mehr oder weniger orientiert

4.4.3.1.2 Ergebnisse

Olfaktometerexperiment

Die Weibchen von *D. errans* ließen in den zehnminütigen Testläufen keine eindeutige Orientierung nach einer Duftquelle erkennen (Abb. 28, S. 61). Ein Reaktionswert (R) nach BRAASCH (1969) konnte nicht ermittelt werden.

Deutliche Wahrnehmungsreaktionen waren zu beobachten: ausgiebige Fühler- und Kopfbewegungen sowie das Aufrichten des Körpers. Die Tiere zeigten im Olfaktometer kaum lokomotorische Aktivität und verharren zu 25 % bewegungslos am Rohreinlass nahe dem Schieber. Sie streckten ihre Beine in einem sehr engen Winkel flach gegen die Oberfläche im Gegensatz zu dem sonst auffallenden sehr weiten Körperabstand vom Untergrund. Die getesteten Weibchen bewegten sich kaum oder sehr unsicher und überwandten nur sehr kurze Strecken und verblieben zu 55 % im Stammrohr bzw. 20 % an der Rohrverzweigungsstelle.

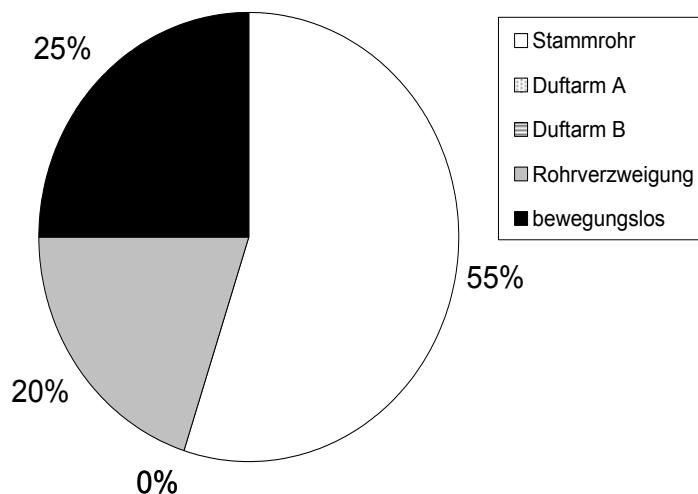


Abb. 28: Verhaltensweise von *Dicyphus errans* Wolff (♀♀) im Y-Olfaktometer, n = 19.

Auf eine umfassende statistische Auswertung wurde aufgrund der relativ geringen Anzahl an Testergebnissen verzichtet.

Bioessay im Windkanal

Alle Versuchstiere waren unabhängig von der Tageszeit und trotz Hungerphase fähig, die Orientierungsplattform zu verlassen und sich frei in der Windkammer zu bewegen. Die statistisch abgesicherte Mehrzahl (72 %) der insgesamt 910 getesteten Individuen flog ungerichtet und besetzte keine Pflanze während der zehnminütigen Testzeiten (87 %) (Tab. 14, S. 62). Der Anteil ungerichteter Flüge war signifikant größer als derjenige gerichteter Flüge und der Individuen, die nicht flogen. Die zielstrebigen Flugreaktionen gingen mit Landungen auf den Duftquellen einher. Pflanze B mit Beute wurde tendenziell häufiger angesteuert als die gesunde Pflanze A. Bei den Reaktionen von *D. errans* hinsichtlich der drei verschiedenen Wirtspflanzen-Phytophaga-Systeme waren mit Spannen von 3 bis 9 % zwischen den Resultaten keine deutlichen Unterschiede ersichtlich. In der Variante mit *N. sylvestris* wurde Pflanze B mit Beute häufiger anvisiert als in den anderen beiden Varianten (5,8 % mehr Tiere als in der Variante mit *L. esculentum*). Unerfahrene und erfahrene *D. errans* reagierten nicht signifikant verschiedenen. Naive Testorganismen besetzten insbesondere in der Variante *N. sylvestris* mit bis zu 16 % Anteil häufiger eine Duftquelle als konditionierte. Ein allgemeiner Trend war nicht zu beobachten.

Männchen und Weibchen differierten mit 3 bis 9 % in ihren Reaktionsweisen nicht wesentlich.

Vor dem Verlassen des Glasröhrchens in die Windkammer schalteten sich stets intensive Wartephasen ein während denen alle Testindividuen ausgiebige Fühler- und Kopfbewegungen vollführten. Meist richteten sie ihre Vorderkörper auf.

Tab. 14: Anteile der Reaktionen [%] von *Dicyphus errans* Wolff nach 6 Parametern im Windkanalbioessay, n = 100, außer ♂♂ unerfahren an *Nicotiana sylvestris*: n = 10; (unterschiedliche Buchstaben deuten auf signifikante Unterschiede zwischen Werten einer Zeile bei p < 0,05)

Pflanzen- art	<i>Dicyphus errans</i>	Reaktionsverhalten nach Testparametern					
		Landungen			Flugverhalten		
		keine Pflanze	A, Pflanze (gesund)	B, Pflanze (+ Beute)	Flug gerichtet	Flug ungerichtet	kein Flug
<i>Nicotiana sylvestris</i>	♀♀ unerfahren	65 a	11 b	24 b	10 a	43 b	47 c
	♀♀ erfahren	93 a	0 b	7 b	2 a	81 b	17 c
	♂♂ unerfahren	80 a	0 b	20 b	0 a	70 b	30 c
	♂♂ erfahren	93 a	3 b	4 b	3 a	86 b	11 c
<i>Cucumis sativus</i>	♀♀ unerfahren	80 a	5 b	15 b	7 a	74 b	19 c
	♀♀ erfahren	92 a	5 b	3 b	5 a	70 b	25 c
	♂♂ unerfahren	97 a	2 b	1 b	1 a	80 b	19 c
	♂♂ erfahren	97 a	3 b	0 b	2 a	80 b	18 c
<i>Lycopersicon esculentum</i>	♀♀ unerfahren	84 a	7 b	9 b	12 a	68 b	20 c
	♂♂ unerfahren	89 a	5 b	6 b	5 a	68 b	27 c
Mittlere Anteile der beobachteten Reaktionen		87 a	4,1 b	8,9 b	4,7 a	72 b	23,3 c

Es waren echte, aktive, vibrierende Flüge und unterschiedliche Flugmuster zu beobachten (Abb. 29, S. 63). Orientierungsflüge zu den Duftquellen erfolgten fast ausnahmslos gerichtet geradlinig oder wellenförmig binnen weniger Sekunden. Neben sprungartigen Flügen absolvierten die generell sehr flugfreudigen Wanzen hauptsächlich ausgedehnte kontinuierliche ungerichtete Flugmanöver bis zu fünf Minuten Dauer, den gesamten Windkammerraum erkundend, z. B. in Form von Parabeln, Zickzack, Wellen und Spiralen.

Bezüglich der maskulinen und femininen Flugrituale existierten offensichtlich keine prägnanten Unterschiede. Männchen mit ihrem leichten Körperbau scheinen häufiger Schwirr- und mückenartige Kurvenflüge zu unternehmen.

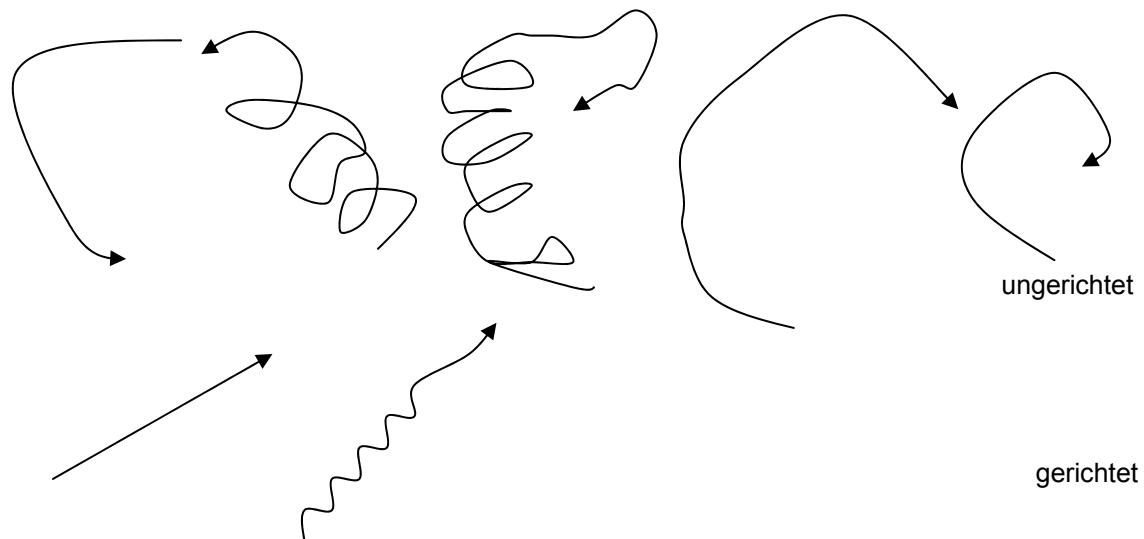


Abb. 29: Flugmuster von *Dicyphus errans* Wolff im Windkanaltest.

Die 60minütigen Intensivbeobachtungen einzelner Individuen bestätigten den Trend ausgedehnter Flüge die gesamte Windkammer durchquerend für Männchen wie auch für Weibchen. Die mitunter sehr zügigen Ortsbewegungen gestalteten sich individuell sehr verschieden (vgl. Anlage 2). Zwischen den lokomotorischen Aktivitätsphasen verharren die *D. errans* von wenigen Sekunden bis zu 60 Minuten an einem Ort. Währenddessen waren häufig Putzen sowie Kopf- und Fühlerregungen zu beobachten.

Von je 17 männlichen und weiblichen Tieren besetzten vier Weibchen nach spätestens zehn Minuten die Pflanze mit der Beute, zwei nach 60 Minuten die unbefallene Pflanze sowie je zwei Männchen die gesunde und infizierte Pflanze nach durchschnittlich 1,5 bzw. 29 Minuten (Abb. 30, S. 64).

Der Prozentsatz der Tiere ohne Landung auf den Duftquellen innerhalb von 60 Minuten unterschied sich nicht zwischen den beiden Geschlechtern. Die Weibchen besetzten im Gegensatz zu den Männchen häufiger die infizierte Pflanze als die gesunde und verwenden hierfür mehr Zeit.

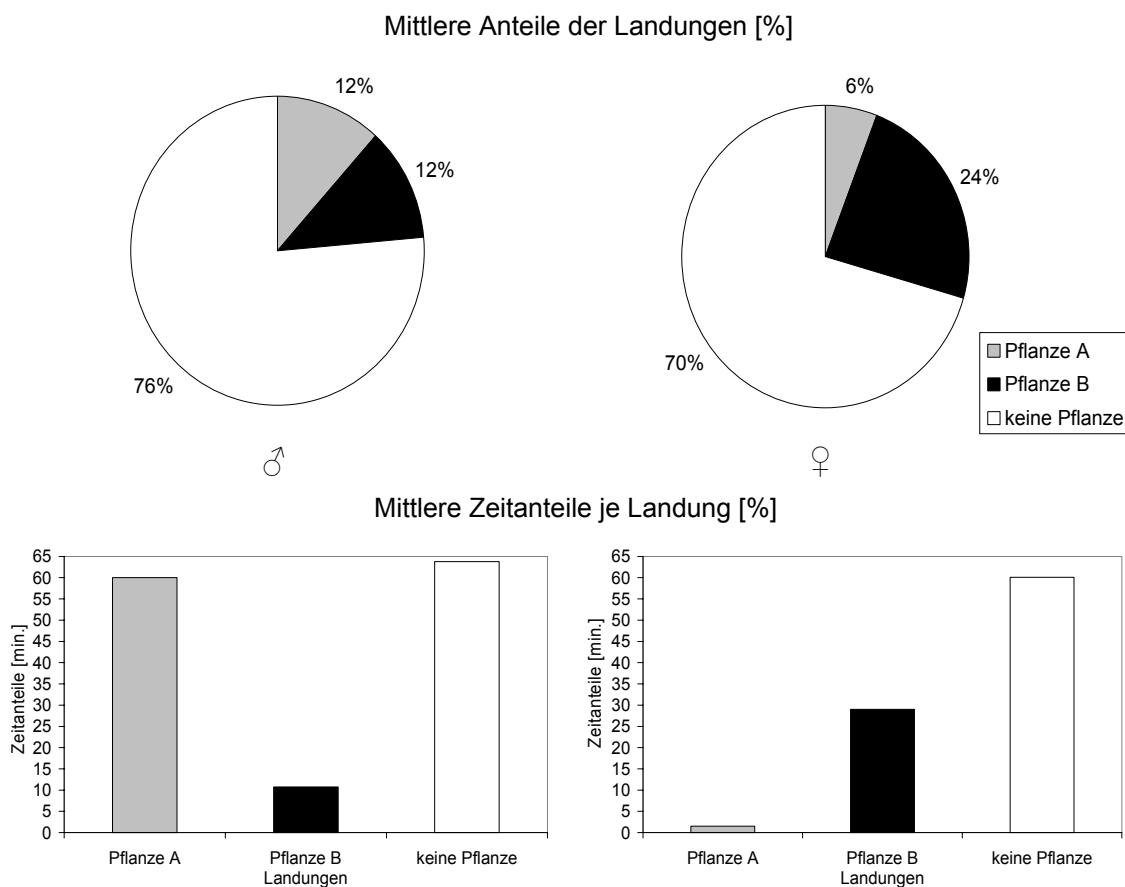


Abb. 30: Mittlere prozentuale Anteile der Landungen von *Dicyphus errans* Wolff ($n = 34$) auf den Duftquellen und Gefäßwänden sowie der dafür benötigten Zeit.

Die im Versuchsgefäß unter Windstille zugeführten 40 *D. errans* fanden sich nach 24 Stunden vornehmlich an der Pflanze mit Beute (Abb. 31).

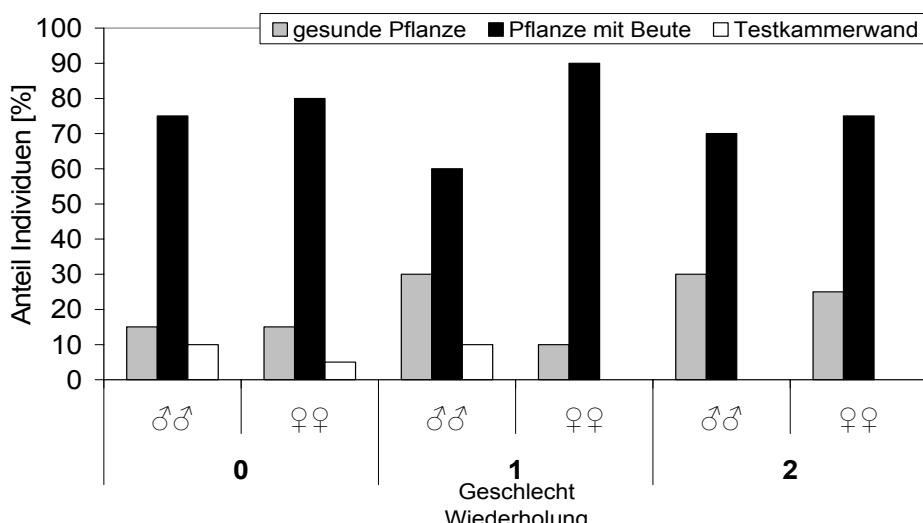


Abb. 31: Nach 24 Stunden von *Dicyphus errans* Wolff in der Testkammer bei Windstille prozentual besetzte Duftquellen (*Nicotiana sylvestris* Spegazz et Gomez gesund und mit Beute *Planococcus citri* Risso), $n = 40$.

Tendenziell besetzte eine größere Anzahl Weibchen als Männchen die Pflanze mit Beute, im umgekehrten Verhältnis die gesunde Pflanze. Die Ergebnisse der einzelnen Wiederholungen wichen geringfügig voneinander ab.

4.4.3.1.3 Diskussion

Über 300 Millionen Jahre bieten die Pflanzen den Kerbtieren Nahrung, Schutz, Reproduktionsgelegenheiten und manipulieren überdies natürliche Feinde von Herbivoren als „Bodyguards“, um ihr eigenes Überleben zu sichern. Verschiedene Strategien der Pflanzen-Insekten-Beziehungen entwickelten sich (COPLAND ET AL. 2004; DICKE ET AL. 1990; DICKE & SABELIS 1988 a, b; HUNTER 2002; SABELIS ET AL. 1999). In vielen Fällen erweisen sich Synomone der Pflanzen für die Orientierung von Phytophagen-Gegenspielern weitaus bedeutender als Kairomone, welche direkt von Herbivoren abgegeben werden (MICHA & WYSS 1995, PARÉ ET AL. 1999). Informationsgewinnung auf zwei Ebenen von Herbivoren und von Pflanzen im tritrophischen Kontext, erhöht die Sucheffektivität und Fitness der von Parasitoiden und Räubern (VET & DICKE 1992). Diese Effekte wurden binnen der letzten zwei Jahrzehnte verstärkt erforscht und dokumentiert (DRUKKER ET AL. 1996, GARTSIDE 2000, JAMAL & BROWN 2000, JAMES 2003, LEWIS & MARTIN 1990, MICHA & WYSS 1995, REDDY 2002, ROMEIS ET AL. 1997, ZHAO & KANG 2003).

STEIDLE & LOON (2003) postulieren die Nutzung spezifischer Infochemikalien durch eine beachtliche Anzahl von Generalisten ohne häufige Unterschiede zwischen Generalisten und Spezialisten. Die Autoren prognostizieren, dass alle Carnivore Ökomone bei der Nahrungssuche unabhängig vom Spezialisierungsgrad gebrauchen. DICKE & LOON (2000) untermauern multitrophische Effekte im evolutionären Kontext. Herbivore und carnivore Arthropoden verwenden pflanzliche Volatile oder Mischungen von Volatilen bei der Nahrungssuche. Gegenüber Spezialisten, welche spezifische Zeichen verwerten, nehmen Generalisten häufiger generelle Signale wahr. Bei Generalisten ist Lernen häufiger ausgeprägt, bei Spezialisten weniger. Der olfaktorischen Perzeption dienen insbesondere die Antennen mit ihren vielzähligen Rezeptoren (ANGELI ET AL. 1999, GUERNSTEIN & GUERIN 2001, PICKET ET AL. 1992, VAN TOL & VISSER 2002). DICKENS ET AL. (1998) beschreiben für die Heteropteren *Lygus lineolaris*, *Lygus hesperus*, *Podisus maculiventris* und *Nezara viridula* ein so genanntes LAP (Lygus-Antennal-Protein), welches über Immunreakтивität sowie duftbindende Eigenschaften verfügt und wichtige olfaktorische Funktionen besitzt.

Die Wahrnehmungsreaktionen von *D. errans* (Kopf- und Fühlerregungen, Aufrichten des Körpers) sind offensichtlich als orientierendes Verhalten der Phase I des Appetenzverhaltens nach TEMBROCK (1978) bzw. „sensory input“ laut KENNEDY (1978, 1986) zu verstehen. Die Wanzen suchen nach orientierenden Reizen als Voraussetzung für weitere

Motivationen. Die anschließende Phase II der gerichteten Annäherung („sensory output“) war selten zu beobachten. Insbesondere im Olfaktometerexperiment verharrete *D. errans* im Stammrohr und an der Rohrkreuzung indifferent, anstatt eine Duftquelle gezielt aufzusuchen. Dieses Verhalten kann mannigfaltig begründet sein. Nach BRAASCH (1969) übt ein Komplex endogener und exogener Faktoren, wie die Größe des Versuchsröhres, die Strömungsgeschwindigkeit, die Duftstoffkonzentrationen (zum Teil bedingt durch die Besatzdichte der Herbivora auf den Testpflanzen), das Geschlecht, das Alter, der physiologische und Entwicklungszustand, Einfluss auf die Reaktionsergebnisse aus. Möglicherweise war kein optimales Zusammenspiel dieser Parameter in der Versuchsanlage für *D. errans* gegeben. Welcher Feinsensorik die Mechanismen unterliegen können, veranschaulichen RAPUSAS ET AL. (1996), die von Verhaltensunterschieden der Miridae *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter und *Nilaparvata lugens* Stål hinsichtlich der Volatile verschiedener Genotypen von *Oryza nivara* Sharma et Shastry berichten. Neben der geringeren Versuchsdauer gegenüber Arenaversuchen (SELANDER ET AL. zitiert in MÜLLER 1993) bestünde der Vorteil von Olfaktometern in der „hohen Leistungsfähigkeit bei der Demonstration graduell differenzierter Verhaltensweisen im Bereich attraktiver, indifferenter und repellenter Wirkungen der Dampfphase von Prüfstoffen“. Diese Dampfphase der Duftstoffe bestand unter Umständen aufgrund der Verwendung kompletter Pflanzen nicht. Die Grünblattduftstoffe variieren in ihrer chemischen Komposition, Komplexität und Quantität in Abhängigkeit vom physiologischen Zustand der Wirtspflanze, vom Habitat und zeitbedingt (OSBORNE 1972, VET & DICKE 1992). Die experimentellen Voraussetzungen ermöglichen mitunter eine zu geringe Konzentration der ausgeschiedenen pflanzlichen Volatile. Weitere mögliche Einflussquellen bestehen in einer ungünstigen Duftquellenkombination, einer zu geringen Versuchsdauer oder einem zu kurzfristigen Beuteentzug.

Überzeugend erscheint, dass sich der Experimentaufbau für Untersuchungen der Orientierungsfähigkeit der fein gebauten, zarten, flugfreudigen Insekten nicht eignet. Die reine Glasoberfläche des Olfaktometers erschwerte den Testorganismen offensichtlich die Fortbewegung per pedes und somit das zielstrebige Aufsuchen der Duftquellen. Vergleichbare Untersuchungen fanden den Recherchen zufolge stets mit Geräten aus anderen Materialien statt (vor allem Kunststoffe).

Während ferner verwandte Wanzenarten, wie *Orius laevigatus* Fieb. (VENZON ET AL. 1999), *Anthocoris nemorum* L. (DWUMFOUR 1992), *Lygus pabulinus* L. (GROOT & VISSER 2001), in Olfaktometertests eindeutige Präferenzen für mit Herbivora infizierte Pflanzen gegenüber gesunden aufweisen, erscheinen Untersuchungsergebnisse über das Orientierungsvermögen der nahe stehenden Spezies *Dicyphus hesperus* Knight aus Kanada nicht aussagekräftig. Laut McGREGOR & GILLESPIE (2004) bevorzut die Wanze einzelne Blätter

von *Lycopersicon esculentum* mit Befall von *Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae) gegenüber gesunden Blättern. Zwischen zwei unterschiedlichen Beutetieren beobachteten die Autoren keine orientierte Reaktion von *D. hesperus* und interpretieren diese Tatsache mit der Mischung der Düfte im Olfaktometerstammrohr sowie einer Maskierung der Duftstoffe der Präferenznahrung durch diejenigen der Referenznahrung. Die Argumentation und die Definition einer bewussten Reaktion nach der Bewegung von lediglich 1 cm in den Duftarm sprechen nicht zweifelsfrei für eine zielstrebige olfaktorische Ortung der Duftquellen. Mitunter liegen Wahrnehmung und Lokalisation von Wirtspflanzen und Beute in dem Zusammenspiel mehrerer Sinnesorgane begründet. FREUND & OLMSTEAD (2000) schreiben räuberischen Heteroptera (*Nabicula subcoleoptrata* Kirby, *Nabis americoferus* Carayon, *Sinea diadema* F.) primär eine visuelle Stimulation neben verschiedenen weiteren Modalitäten (antennale olfaktorische) zu, um eine maximale Effizienz für Nahrungsaufnahme und Feindvermeidung zu erreichen. In diesem Falle ist unter Berücksichtigung der Sinnesvielfalt die Durchführung von Experimenten in größeren Arenen, wie z. B. im Windkanal, für die Beurteilung der Orientierungsvorgänge von Vorteil.

Die Ergebnisse des Bioessays im Windkanal bestätigen den sehr agilen *D. errans* eine ausgesprochene aktive, kontinuierliche Flugfähigkeit trotz der 24 Stunden Beuteentzug vor Versuchsbeginn. Die Methode erwies sich, der Aktionsfreude nach zu urteilen, für Untersuchungen zum Orientierungsverhalten von *D. errans* als günstig. Die Bewegungen der Wanzen entsprachen dennoch hauptsächlich vielmehr einer ungerichteten Anemokinese als einer gerichteten Anemotaxis. Das zielstrebige Ansteuern einer Duftquelle war während der 10-Minuten-Tests und der einstündigen Beobachtungen die Ausnahme. Der Aufenthalt an der Pflanze mit Beute von bis zu 90 % der Versuchstiere im 24stündigen Release-Recapture-Test spiegelt einerseits die Fähigkeit von *D. errans* zur Orientierung in Richtung einer Nahrungsquelle wider, was schon eigene Untersuchungen zur Wirtspflanzenpräferenz 2000 bis 2002 aufzeigten (VOIGT 2002). Anderseits spricht das Resultat für ein sehr langwieriges Appetenzverhalten bis zum tatsächlichen Auffinden geeigneter Aufenthaltsorte, welches während der kurzweiligeren Experimente nicht abgrenzbar war. Die Abbildung 32 (S. 68) verdeutlicht den positiven Effekt der längeren Versuchsdauer. Erwähnt sei, dass während des 24stündigen (1.440 Min.) Experiments der Windstrom unterbunden war. Demnach ist eine verbesserte Reaktionsfähigkeit wegen des Windausschlusses ebenso denkbar. Dieser Annahme muss künftig nachgegangen werden. Die zielgerichteten Besuche der Duftquellen, die ausgeprägten orientierenden Verhaltensweisen und Erkundungsflüge in den Varianten mit Luftstrom entgegnen dieser Idee. Die 60-Minuten-Studien lassen auf ein individuell differenziertes Orientierungs- und Flugverhalten schließen. Bis auf wenige Ausnahmen zeigt *D. errans* generell eine sehr

lange, intensive Erkundungsphase, um das Areal anscheinend weiträumig zu erschließen. Inwieweit und auf welche Art und Weise visuelle und olfaktorische Reize Verhaltensabfolgen beeinflussen oder sogar bestimmen bleibt nach den bisherigen Resultaten offen.

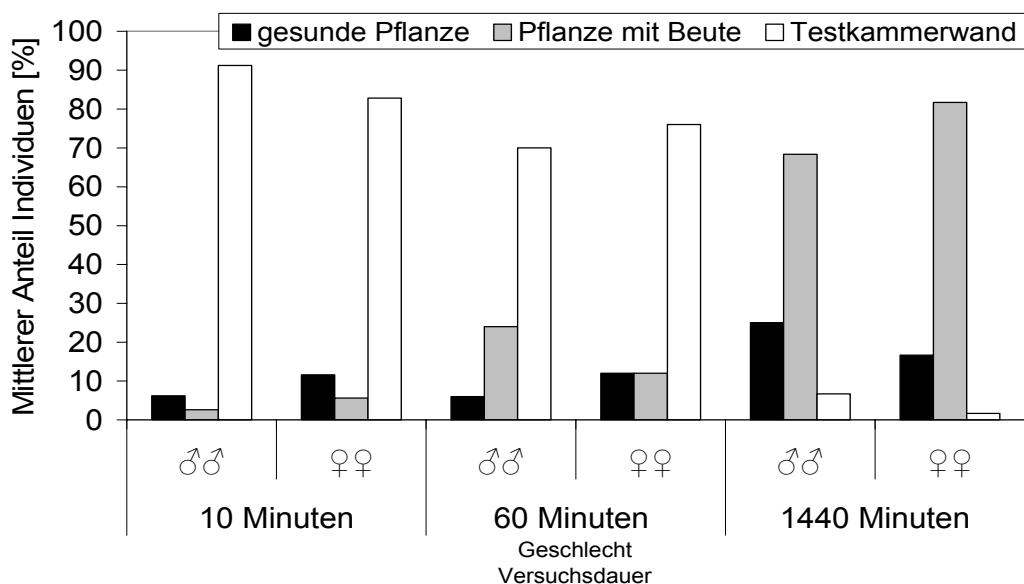


Abb. 32: Vergleichende Darstellung der Landungen von *Dicyphus errans* Wolff während der Bioessays im Windkanal mit unterschiedlicher Experimentdauer; 10 Minuten: n = 910, 60 Minuten: n = 34, 1440 Minuten: n = 120.

Den Parasitoiden gleichende Verhaltensweisen sind vor dem biologisch-ökologischen Hintergrund von *D. errans* auszuschließen. Die generalistische, omnivore Miridae wird abweichende Motivationen für das Auffinden von Nahrung erleben und dementsprechend verschieden reagieren. Diese Effekte stellen sich bei den Studien zur Lernfähigkeit von *D. errans* heraus. Zahlreiche Insekten vermögen assoziativ zu lernen bzw. zu konditionieren, insbesondere Parasitoide (MÖLCK 2001, OKU ET AL. 2003, VET & GROENEWOOLD 1990), auch Honigbienen (PALDI ET. AL. 2003) und Omnivore wie *Periplaneta americana* L. (GADD & RAUBENHEIMER 2000). DRUKKER ET AL. (2000) deuten für die polyphage Anthocoridae *Anthocoris nemoralis* Fieb. einen Präferenzwechsel durch assoziatives Lernen. Wenn eine Beute nicht mehr erreichbar ist, müssen die Wanzen daraus lernen, auf neue Beute und Wirtspflanzen zu wechseln. COLL & GUERSHON (2002) vermuten, dass die Lernfähigkeit von Omnivoren wie bei Herbivoren mit der Nährstoffbalance verbunden ist. Entsprechend der Theorie der optimalen Nahrungsaufnahme („optimal foraging“, marginales Theorem) verlassen Organismen einen Nahrungsplatz (patch), wenn die Energieausbeute der maximalen Durchschnittsraten derjenigen der Umgebung gleicht. Das Energiebudget der Omnivoren muss alle potenziellen Nahrungsressourcen im Habitat einschließen. Das omnivorentypische Switching der Nahrungsplätze innerhalb und zwischen Habitaten (FRISCHKNECHT 1986) verlangt von den Tieren vielmehr eine flexible

Habituation, eine kurzfristige Gewöhnung an Ressourcen und Requisiten, anstelle einer ausgeprägten Konditionierung. Diese Taktik bestätigen die Versuchsergebnisse des Bioessays im Windkanal, wobei keine signifikanten Verhaltensunterschiede zwischen unerfahrenen (naiven) und erfahrenen (konditionierten) Testindividuen auftraten. Die Unfähigkeit von *D. hesperus* zur Differenzierung zwischen zwei angebotenen Beutetierarten bei Untersuchungen von McGREGOR & GILLESPIE (2004) ließe sich hiermit ebenso erklären.

Das Orientierungsverhalten generalistischer omnivorer Miridae sollte komplex betrachtet und künftig umfassend beleuchtet werden. Die vorliegenden Studien liefern erste Ansatzpunkte. Untersuchungen in großräumigen Arenen oder Windkammern über ausreichend lange Zeiträume sind unter omnivoren spezifischer Weiterentwicklung und Optimierung der Methoden zu empfehlen. Hierbei erweisen sich professionelle quantitative Videoanalysen (z. B. mit Hochgeschwindigkeitskameras) als hilfreich.

Da das Verstehen der Arbeitsweise des Sensorsystems der Lebewesen bei der Interpretation des Verhaltens herausragende Bedeutung erlangt (BERNAYS & CHAPMAN 1994), bedarf es außerdem diffiziler Betrachtungen der Sinnesorgane. Bislang konzentrierten sich morphologische und funktionsanalytische Arbeiten zur olfaktorischen Stimulation bei den Heteroptera auf intraspezifische, Pheromon bedingte Wechselwirkungen (z. B. ALDRICH 1998, DRIJFHOUT ET AL. 2000, DRIJFHOUT & GROOT 2001). Sie geben Einblick in ein vielfältiges Sinnesleben der Wanzen und Antrieb für künftige Forschung. Die Anwendung spezieller Präparationstechniken und die Durchführung von Elektroantennogrammen (EAG) kann Aufschluss über das tatsächliche Wahrnehmungspotenzial von *D. errans* bringen.

4.4.3.2 Strukturanalytische Studien zur Beziehung „Wanze-Pflanze“

Die Interaktionen zwischen Pflanzen und Wanzen erweisen sich als sehr vielschichtig. Neben den in Kapitel 4.4.3.1 (S. 56 ff.) betrachteten biochemischen Effekten, spielen physikalische Faktoren eine nicht zu unterschätzende Rolle. Unter diesem Aspekt stellen die im Folgenden beschriebenen biomechanischen Analysen innovative Ansätze dar, die enge Assoziation von *D. errans* mit behaarten Pflanzen zu erfassen und zu verstehen.

4.4.3.2.1 Material und Methoden

Physikalische Größen, wie Reibungskraft und Adhäsion, bieten die Möglichkeit, die Mechanik und Funktionsweise biologischer Haft-Systeme quantifizierend zu beschreiben und zu interpretieren. Vor diesem Hintergrund wurde in Zusammenarbeit mit Dr. Stanislav Gorb und der Evolutionary Biomaterials Group im Max-Planck-Institut für Metallforschung Stuttgart eine Serie biomechanischer Experimente mit *D. errans* zur Fortbewegung und Haftung auf unterschiedlichen Substraten durchgeführt (Inversions-, Zentrifugal- und Zugkraftexperiment).

Inversionsexperiment

Ein Screening der adaxialen¹² und abaxialen¹³ Blattoberflächen von 40 Pflanzenarten aus 25 Pflanzenfamilien sollte Aufschluss über das Haftvermögen von *D. errans* (Weibchen und Männchen) auf verschiedenen Pflanzensubstraten geben.

Hierfür wurden jeweils einzelne Blätter zwischen dem Apikal- und dem Mittelbereich verschiedener Pflanzen entnommen. Jede Oberfläche wurde mit einer Wanze besetzt und mit dem Tier um 180 ° in drei differenten Testnuancen gedreht: einfaches Drehen ohne Schütteln, Drehen mit leichtem Schütteln, Drehen mit starkem Schütteln. Das Haftvermögen wurde in vier Stufen dokumentiert (vgl. dazu auch Abb. 33, S. 71):

- (0) beim einfachen Drehen abgefallen,
- (1) beim Drehen mit leichtem Schütteln abgefallen,
- (2) beim Drehen mit starkem Schütteln abgefallen und
- (3) beim Drehen mit starkem Schütteln gehaftet.

Ausgehend von (0) war keine Haftfähigkeit, d. h. sofortiges Abfallen von der Oberfläche, bis hin zu vollständiger Haftfähigkeit in allen Inversionsvarianten (3) zu verzeichnen.

¹² adaxial: zur Pflanzenachse gerichtete Blattoberfläche (Oberseite)

¹³ abaxial: von der Pflanzenachse weg gerichtete Blattoberfläche (Unterseite)

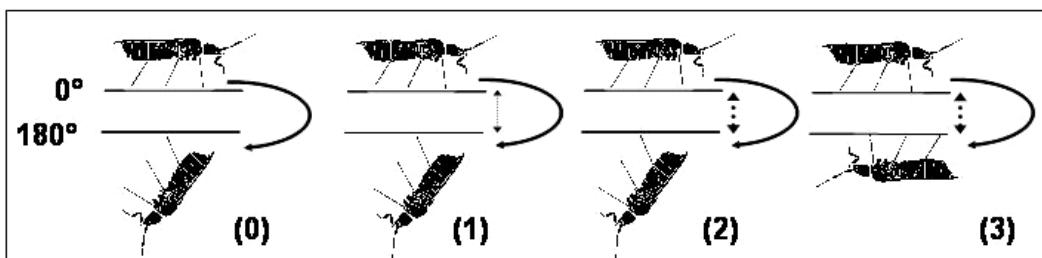


Abb. 33: Schema zur Festlegung der Hafterfolgsstufen 0 bis 3 im Inversionsexperiment mit *Dicyphus errans* Wolff.

Die Versuchstiere entstammten der in Kapitel 4.2 (S. 21 ff.) erwähnten Vermehrung. Männchen und Weibchen wurden pro Oberfläche jeweils mit vier Wiederholungen getestet. Zwischen den verschiedenen Pflanzenoberflächen erfolgte ein „Leerlauf“ auf Filterpapier. Die Temperatur betrug 23 ± 2 °C die relative Luftfeuchte 55 ± 3 %.

Im Zuge des Screenings wurden die Charakteristika der verwendeten Pflanzenarten sondiert, gelistet und tabellarisch festgehalten. Hierfür wurden Studien mit dem Binokular LEICA MZ 12,5 und Literaturrecherchen betrieben.

Zentrifugalexperiment

Unter Anwendung der von GORB (2001) und GORB ET AL. (2001 a) beschriebenen Methode (Abb. 34, S. 72) wurde die individuelle Haftperformance (maximale Haftkraft) von *D. errans* mit dem Gerät Tetra Zentri 01P auf unterschiedlichen Oberflächen ermittelt. Die Zentrifugaltechnik wird standardgemäß für Reibungs- und Adhäsionskraftmessungen eines weiten Spektrums von Objekten angewandt. Der größte Vorteil der Methode besteht darin, dass keine aufwendige Vorbehandlung der vitalen Insekten durchgeführt werden muss.

Verwendung fanden Scheiben aus polymerisiertem Methacrylatharz Spurr (SPURR 1969) (pt) der Rauhigkeitsstufen 0 µm; 0,3 µm; 1,0 µm; 3,0 µm; 9,0 µm und 12,0 µm. Diese wurden auf einer Trommel installiert, welche ein computergesteuerter Motor antrieb. Der faseroptische Sensor (fos) wurde exakt über der Scheibenoberfläche einjustiert. Das Signal registrierte ein Computer (cp). Die Aufsicht-Schemata in Abbildung 34 B bis D, verdeutlichen die Technik, welche zur Wahrnehmung der Position des Inseks (Rotationsradius) notwendig ist. Der Sensor wurde von einer Seite der Scheibe um eine Distanz (d) vom Zentrum verschoben. Das Insekt (bug) rotierte im Uhrzeigersinn, passierte den Laserstrahl zwei Mal pro Runde. Somit unterbrach das Sensorsignal zwei Mal. Bei gegebener Motorgeschwindigkeit und der Zeit der Unterbrechungen konnte die Position des Insekts auf der Scheibe kalkuliert werden (Abb. 34 D) (GORB ET AL. 2001 a).

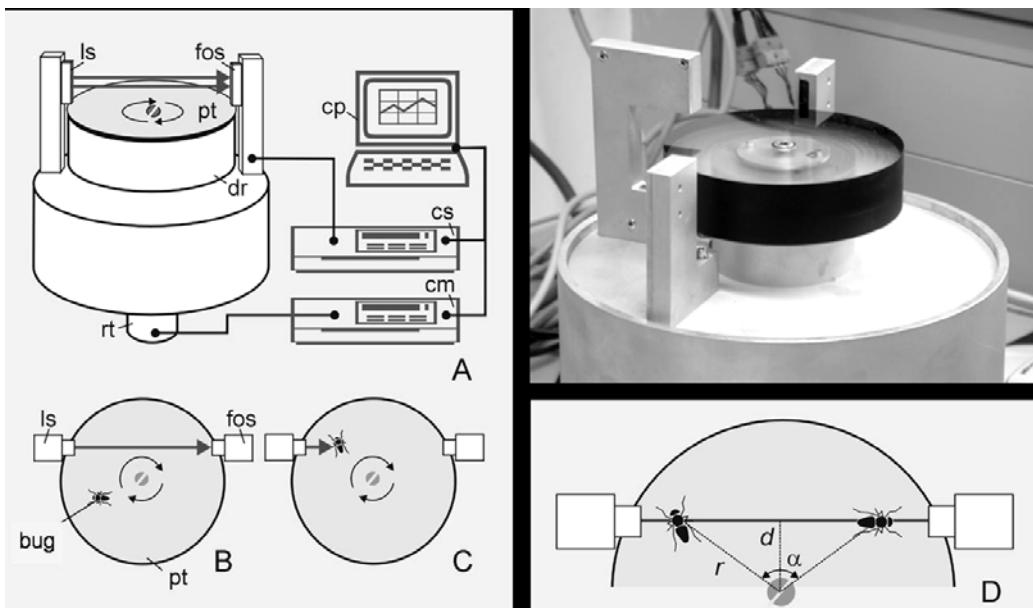


Abb. 34: Design der Zentrifugaleinrichtung zur Messung des Haftvermögens (Reibungs- und Adhäsionskraft) von *Dicyphus errans* Wolff, aus GORB ET AL. (2001 a). **A)** Trommel (dr), Substratscheibe (pt), Sensor (fos), Computer (cp); **B-D)** Ansicht von oben, welche die Technik verdeutlicht, die zur Wahrnehmung der Position des Insekts notwendig ist, Insekt (bug); **D)** Winkel zwischen den erkannten Insektenpositionen und dem Trommelzentrum (α), Sensorkontrollelektronik (cs), Motorkontrollelektronik (cm), Verschiebung des Sensors vom Trommelzentrum (d), Lichtquelle (ls), Radius der Position des Insekts vom Rotorzentrum (r), Rotor des Motors (rt).

Wanzen aus der in Kapitel 4.2 (S. 21 ff.) beschriebenen Vermehrung wurden als Testorganismen verwendet. Nach dem sorgsamen Abtrennen der Flügel mit einer Mikroschere unter kurzfristiger Anästhesie mit CO₂, erfolgte die Gewichtsbestimmung der Tiere mit der Mikropräzisionswaage Mettler Toledo AG 204 Delta Range® (Greifensee, Schweiz) und danach eine einstündige Erholungsphase der Individuen. Je fünf Weibchen und Männchen wurden einzeln in neun Wiederholungen den Zentrifugalkräften ausgesetzt und bei einer kontinuierlich, 20 Sekunden anwachsenden Beschleunigung zu maximal 3000 Umdrehungen pro Minute bis zum Versagen der Haftkraft rotiert. Die Daten (Motorgeschwindigkeit und Position des Insekts bezüglich des Rotationszentrums) wurden automatisch mit der Software PC Fly erfasst. Die Klimabedingungen entsprachen denen während des Inversionstests.

Zugexperiment

Das Reibungsexperiment galt der Überprüfung des Einflusses unterschiedlicher Blattoberflächen auf die Haftsystemfunktionalität von *D. errans* anhand seiner Zugkraft. Blätter und Blattstücke von Pflanzen im Sechsblattstadium 15 verschiedener Arten aus 10 Familien wurden als Laufsubstrat für *D. errans* getestet. Je Pflanzenart wurden die Zugkräfte von fünf Individuen determiniert. Die Gewichtsbestimmung der Tiere erfolgte mit

der Präzisionswaage Mettler Toledo AG 204 Delta Range®. Jedes Individuum wurde unter CO₂-Betäubung behutsam mit einem 10 bis 15 cm langen glatten Menschenhaar versehen. Dieses wurde durch ein Wachströpfchen unter Zuhilfenahme eines speziellen Heizgriffels mit filigraner Impföse im dorsalen Thoraxbereich befestigt, womit gleichzeitig die Flügel verklebt wurden. Die Wanzen erholteten sich im Anschluss an die Betäubung für eine Stunde. In Anlehnung an den etablierten Experimentaufbau von GORB ET AL. (2004) wurde das andere Ende des Haares mit einem Kraftsensor (10 g Kapazität, Biopac Systems Ltd, Santa Barbara, CA, USA) verbunden, welcher mit einem Computer und der Software AcqKnowledge 3.7.2 kommunizierte (Abb. 35).

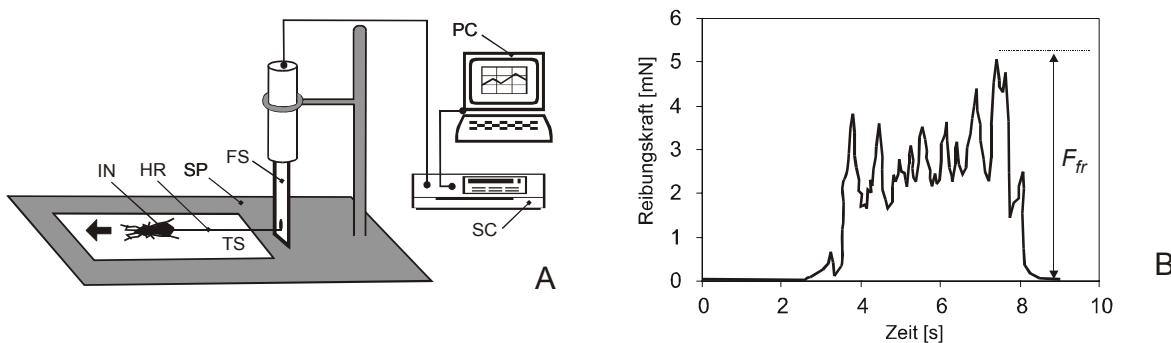


Abb. 35: Experimentaufbau des Zugexperiments (A) mit *Dicyphus errans* Wolff und dazugehörige typische Kraft-Zeit-Kurve (B) für die Ermittlung der maximalen Reibungskraft (F_{fr}), aus GORB ET AL. (2004); (FS) Kraftsensor, (HR) Menschenhaar, (IN) Insekt, (PC) Computer, (SC) Sensorkontrolle, (SP) Glasunterlage, (TS) Testoberfläche.

Die frischen 5 bis 25 cm² großen Blattausschnitte wurden mit doppelseitigem Klebeband auf einer Glasplatte horizontal plan mit der abaxialen Seite nach oben arretiert. Letztere wurde ausgewählt, weil sich a) *D. errans* Beobachtungen zufolge, hauptsächlich daran aufhält und b) die Wanzen daran im Inversionsexperiment einen besseren Hafterfolg erzielten. Jedes Weibchen vollbrachte drei Zugaktionen: 1) auf einer gereinigten Glasplatte (als Kontrollwert), 2) auf der Pflanzenoberfläche und 3) auf einer gereinigten Glasplatte (als Prüfwert zur Leistungsfähigkeit nach dem Aufenthalt auf der Pflanzenoberfläche). Die von den Insekten generierte Kraft registrierte der Kraftsensor und die Software zeichnete sie auf. Aus den resultierenden Kraft-Zeit-Kurven (Abb. 35 B) wurde die maximale Reibungskraft, die von *D. errans* produziert wurde, ermittelt. Die Klimawerte glichen denen des Inversionsexperiments.

Im Rahmen der Studien fand eine Strukturanalyse der verwendeten Pflanzenoberflächen statt. Mit dem Binokular LEICA MZ 125, seiner integrierten Kamera LEICA IC A und der Ringleuchte LEICA 1500 LCD sowie der Software Sigma Scan Pro 5 wurden die Typen, die Dichte, die Länge und der Durchmesser (Basis, Mitte, Spitz) der Trichome bestimmt.

Zusätzlich erbrachten rasterelektronenmikroskopische Studien mit dem Gerät LEO 420 in Zusammenarbeit mit Professor Dr. Christoph Neinhuis im Institut für Botanik der Technischen Universität Dresden Informationen über die Pflanzenoberflächentextur ausgewählter Spezies. Die Pflanzenproben wurden in 100 %igem Methanol „schnellentwässert“, einer Kritisch-Punkt-Trocknung unterzogen, auf Probehaltern mit doppelseitigem Klebeband montiert, mit flüssiger Leitkohle umrandet und im Sputter Emitech K 550 mit einer 20 nm dicken Leitschicht (Goldpaladium) bedampft.

Außerdem wurden die Prätarsi von *D. errans* mit der Software Sigma Scan 5.0 anhand vorliegender rasterlektronenmikroskopischer und lichtmikroskopischer Fotoaufnahmen vermessen.

4.4.3.2.2 Ergebnisse

Inversionsexperiment

Die mikroskopische Betrachtung der Testpflanzen führte zu der in Tabelle 15 festgehaltenen Oberflächentypisierung.

Tab.15: Oberflächencharakterisierung der im Inversionstest zum Haftvermögen von *Dicyphus errans* Wolff verwendeten Pflanzen;
s = glatt; w = kristallin bewachst; h = behaart; gh = glandulär behaart; Haartypen: (p) peltat, (s) sternartig, (b) baumartig, (!) einfach, geiselförmig

Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Oberflächentyp	
		adaxial	abaxial
<i>Aristolochia elegans</i> Mart.	Aristolochiaceae	w	w+h(!)
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gongylodes</i> L. 'Gigant'	Brassicaceae	w	w
<i>Begonia x semperflorens</i> Link & Otto	Begoniaceae	w	w
<i>Borago officinalis</i> L.	Boraginaceae	w+h(!)	w+h(!)
<i>Calendula officinale</i> L. 'Orangestrahlen'	Asteraceae	w+gh	w+gh+h
<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder'	Solanaceae	w+h(p)	w+h(p)
<i>Cissus njegerre</i> Gilg	Vitaceae	w+h(!)	w+h(!)
<i>Cleome hirsuticaulis</i> J. F. Macbr.	Capparidaceae	w+gh+h(!)	w+gh+h(!)
<i>Cucumis sativus</i> L. 'Rawa'	Cucurbitaceae	w+h(!)	w+h(!)
<i>Cuphea lanceolata</i> W. T. Aiton	Lythraceae	w+h(!)	w+gh+h(!)
<i>Cucurbita pepo</i> L. 'Hokkaido'	Cucurbitaceae	h (!)	h (!)
<i>Cyclamen persicum</i> Mill. 'Sierra F1'	Primulaceae	w	w
<i>Datura innoxia</i> Mill.	Solanaceae	gh+h(!)	w+gh+h(!)
<i>Digitalis purpurea</i> L. 'Excelsior'	Scrophulariaceae	w+h(!)	w+h(!)
<i>Fuchsia x hybrida</i> Hort. ex Vilm 'Winston Churchill'	Onagraceae	w+h(!)	w+h(!)
<i>Gerbera jamesonii</i> x hybrida Adlam	Asteraceae	w+h(!)	w+h(!)
<i>Geranium robertianum</i> L.	Geraniaceae	w+h(!)	w+h(!)

Tab. 15: Fortsetzung

Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Oberflächentyp	
		adaxial	abaxial
<i>Hibiscus rosa-chinensis</i> L.	Malvaceae	s	w+h(l)
<i>Ibicella lutea</i> (Lindl.) Van Eselt.	Martynaceae	gh(l)	gh(l)
<i>Lactuca sativa</i> L. 'Attraktion'	Asteraceae	w	w
<i>Lagenaria siceria</i> (Mol.) Stadley	Cucurbitaceae	w+h(p)	w+h(l)
<i>Lophospermum erubescens</i> D. Don	Scrophulariaceae	w+h	w+gh
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 'Grit'	Solanaceae	gh+h(l)	w+gh+h(l)
<i>Malus domestica</i> Borkh.	Rosaceae	w	w+h(l)
<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz. et Gomez	Solanaceae	gh	w+gh
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	w	w
<i>Oenothera biennis</i> L.	Onagraceae	w+h(l)	w+h(l)
<i>Pelargonium zonale</i> (L.) L'Hérit.	Geraniaceae	w+gh	w+gh
<i>Petunia x hybrida</i> Vilm.	Solanaceae	w+gh	w+gh
<i>Plectranthus ambiguus</i> (Bolus) Codd.	Lamiaceae	w+gh	w+gh
<i>Rosa x hybrida</i> L. 'Bernstein'	Rosaceae	s	w
<i>Saintpaulia ionantha</i> Wendl.	Gesneriaceae	w+h(l)	w+h(l)
<i>Solanum melongena</i> L. 'Black Beauty'	Solanaceae	w+h(s)	w+h(s)
<i>Solanum tuberosum</i> L. 'Acapella'	Solanaceae	gh	w+gh
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae	w+h	w
<i>Syngonium auritum</i> Schott	Araceae	h(p)+s	w
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Tropaeolaceae	w	w+h(l)
<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	w+h(l)	w+h(l)
<i>Verbascum thapsus</i> L.	Scrophulariaceae	w+h(b)	w+h(b)
<i>Viola tricolor</i> L.	Violaceae	w	s

Prinzipiell lassen sich die vier Gruppierungen von Oberflächen zusammenfassen:

- kristallin bewachst (mit deutlichen Wachskristallen nach BARTHLOTT ET AL. 1998),
- „glatt“ und eben (ohne Auswüchse, wie Trichome, Papillen oder Wachskristalle),
- einfach behaart sowie
- glandulär behaart.

Die Ergebnisse des Haftvermögens von *D. errans* an den diversen Oberflächen verdeutlicht die Abbildung 36 (S. 76).

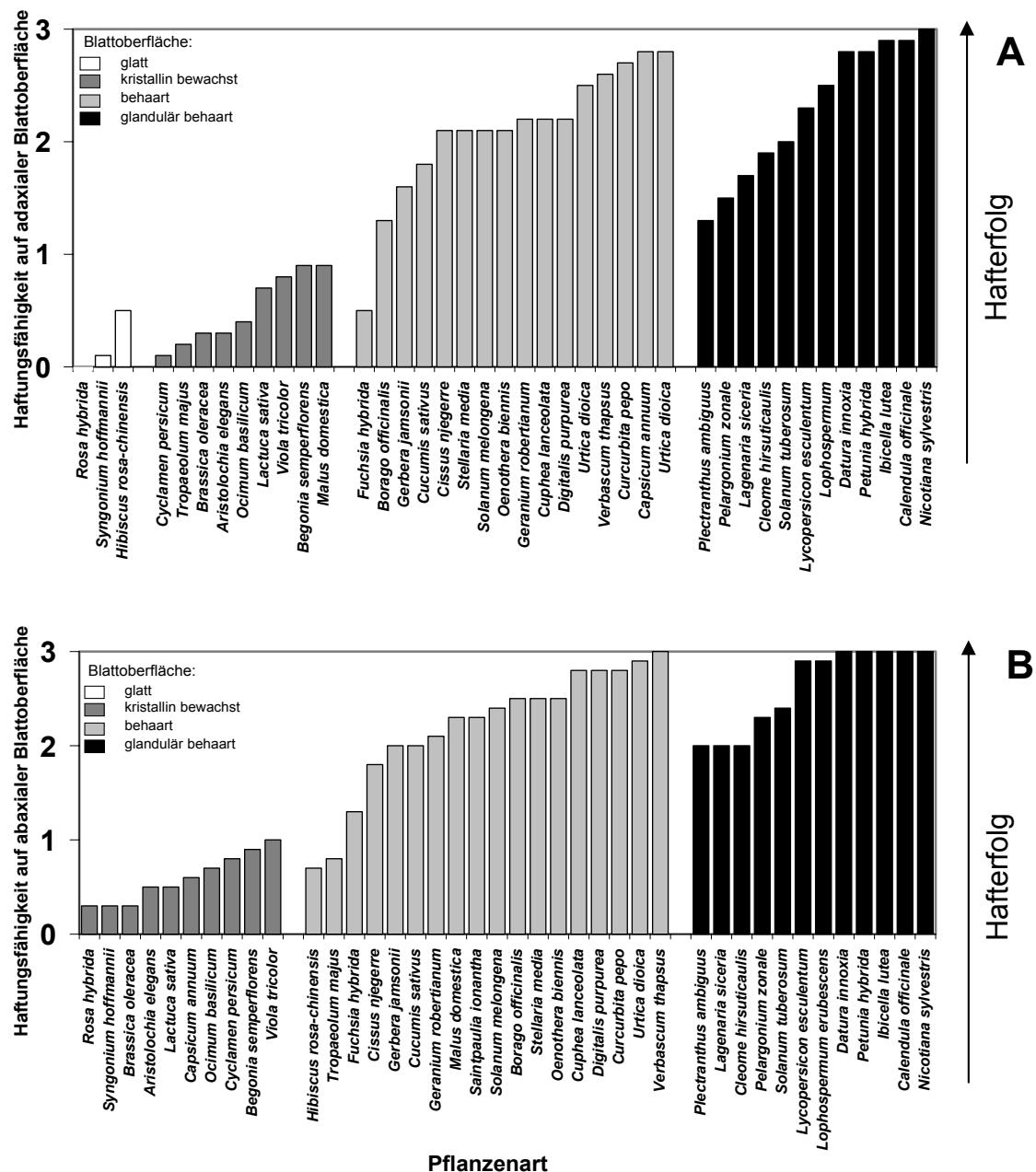


Abb. 36: Haftvermögen von *Dicyphus errans* Wolff im Inversionsexperiment, A) auf der adaxialen Blattseite, B) auf der abaxialen Blattseite, n = 10 (5 ♀♀ + 5 ♂♂); 0) Abfallen beim einfachen Drehen, 1) Abfallen beim Drehen und leichten Schütteln, 2) Abfallen beim Drehen und starken Schütteln, 3) Haften beim Drehen und starken Schütteln.

Die gemittelten Daten je von fünf Weibchen und Männchen sind entsprechend der Oberflächentypengruppierungen arrangiert.

Auf den abaxialen Blattoberflächen haftete *D. errans* erfolgreicher als auf den adaxialen. Einfach und vor allem glandulär behaarte Pflanzen ermöglichten den Wanzen ein besonders starkes Anhaften.

Zwischen dem Haftungsvermögen der Männchen und Weibchen waren geringfügige Unterschiede festzustellen (Abb. 37).

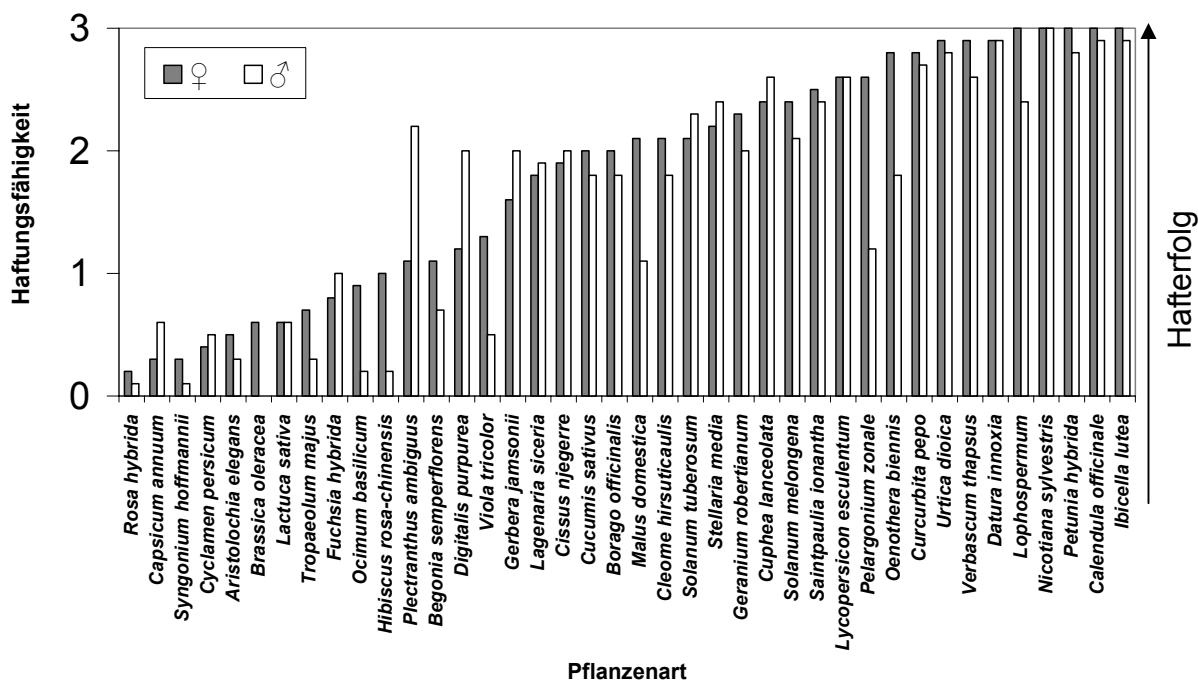


Abb. 37: Haftungserfolg der Männchen und Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff im Inversionsexperiment, n = 5.

Das maskuline Geschlecht zeigte insbesondere auf weniger behaarten Oberflächen ein besseres Haftvermögen. Im Allgemeinen hafteten Weibchen intensiver als Männchen. Parallelen gleicher Haftfähigkeit bestanden bei den Pflanzen *Datura candida*, *Lagenaria siceraria*, *Lycopersicon esculentum* und *Nicotiana sylvestris*.

Generell verfügte *D. errans* über ein beachtliches Haftvermögen auf 79 der 80 getesteten Substraten. Lediglich die adaxiale Blattfläche von *Rosa x hybrida* ließ die Weichwanze nicht haften. Mit Wachskristallen besetzte Oberflächen (*Aristolochia elegans*, *Begonia x semperflorens*, *Brassica oleracea*, *Capsicum annuum*, *Cyclamen persicum*, *Lactuca sativa*, *Malus domestica* adaxial, *Ocimum basilicum*, *Syngonium auritum*, *Rosa x hybrida*, *Tropeolum majus* adaxial) verminderten den Hafterfolg beachtlich.

Zentrifugalexperiment

Die Zentrifugalkrafttests führten zu signifikant unterschiedlichen Beschleunigungs- und Reibungskraftwerten für *D. errans* in Abhängigkeit von der Oberflächenrauhigkeit und dem Geschlecht (Tab. 16, S. 78).

Tab. 16: Gemittelte Reibungskraft (F_r), die *Dicyphus errans* Wolff im Zentrifugalexperiment generierte und die dabei realisierte Beschleunigung (a) in Abhängigkeit von verschiedenen Oberflächenrauhigkeiten, n = 50;
(kleine Buchstaben deuten auf signifikante Unterschiede zwischen den Werten in einer Spalte, große Buchstaben in einer Zeile bei $p < 0,05$)

	Geschlecht:	gemessene physikalische Größe [Einheit]			
		Beschleunigung, a [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]		Reibungskraft, F_r [mN]	
	♀	♂	♀	♂	
Oberflächentyp/-rauhigkeit	Polymer 0,0 µm	532,35 ± 387,28 c A	1164,95 ± 1067,06 c B	1,26 ± 0,94 c A	1,72 ± 1,59 c B
	Polymer 0,3 µm	104,54 ± 57,71 d A	110,49 ± 71,83 d A	0,38 ± 0,21 d A	0,26 ± 0,17 d A
	Polymer 1,0 µm	174,51 ± 196,01 e A	259,96 ± 215,11 e A	0,48 ± 0,47 e A	0,46 ± 0,32 e A
	Polymer 3,0 µm	511,54 ± 601,68 f A	1547,53 ± 1364,76 f B	1,28 ± 1,42 f A	1,86 ± 1,58 f B
	Polymer 9,0 µm	1085,21 ± 656,15 g A	1906,24 ± 1187,46 g B	2,78 ± 1,70 g A	2,73 ± 1,55 g A
	Polymer 12,0 µm	2608,18 ± 2231,54 h A	3706,91 ± 1638,83 g B	6,73 ± 5,88 h A	5,90 ± 2,83 g B

Die ermittelte Reibungskraft F_r [mN] entspricht der Widerstandskraft der Insekten gegen die Summe der Zentrifugal- und Tangentialkräfte. Auf raueren Oberflächen wurde eine signifikant stärkere Reibungskraft generiert. Eine Rauigkeit von 12,0 µm ermöglichte den Wanzenweibchen eine um den Faktor 4,4 höhere Haftkraft als auf glatten Substraten. Die Ausnahme bildet der Rauigkeitsbereich zwischen 0,3 µm und 1,0 µm, in dem die Messwerte beider Geschlechter signifikant gegen 0 tendierten (Abb. 38).

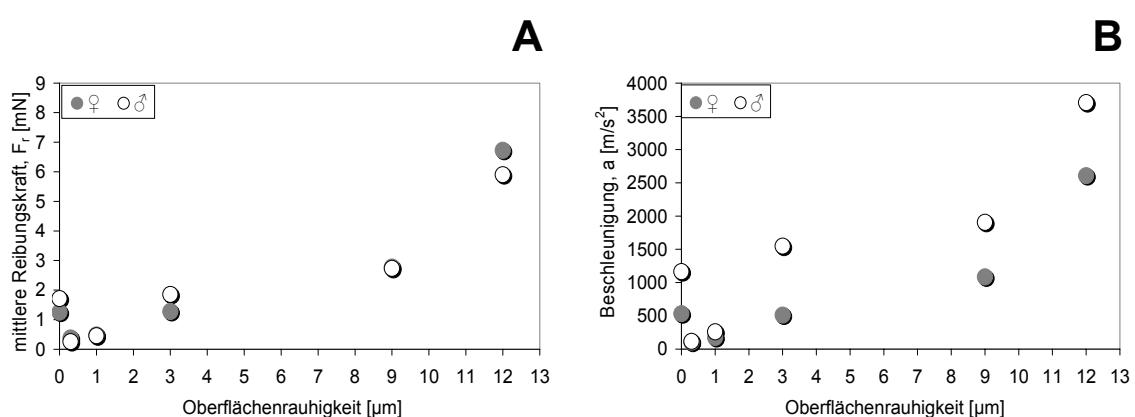


Abb. 38: Von *Dicyphus errans* Wolff im Zentrifugalkrafttest generierte Reibungskraft (A) und Beschleunigung (B) bis zum Versagen der Haftkraft auf dem rotierenden Testsubstrat, n = 50.

Das durchschnittliche Gewicht der Weibchen ($2,6 \pm 0,2$ mg) betrug das 1,9fache desjenigen der Männchen ($1,4 \pm 0,2$ mg). Letztere generierten auf den Rauigkeiten 0 µm, 3,0 µm und 12,0 µm eine signifikant geringere Reibungskraft als die schwereren Weibchen, hielten aber bei 0 µm, 3,0 µm, 9,0 µm und 12,0 µm einer statistisch abgesicherten höheren Beschleunigung bis zum Kontaktverlust Stand.

Aus dem Verhältnis der Reibungskraft zur Körpermasse der Insekten leiten sich nach GORB & GORB (2004) die Reibungskoeffizienten (μ) ab (Tab. 17).

Tab. 17: Reibungskoeffizienten (μ) von *Dicyphus errans* Wolff im Zentrifugalkrafttest, n = 50

Testsubstrat	Reibungskoeffizient, μ			
	Mittelwert	♀♀ Minimum-Maximum	Mittelwert	♂♂ Minimum-Maximum
Polymer 0,0 µm	54,8	13,5 - 258,1	119,0	22,5 - 517,0
Polymer 0,3 µm	13,0	2,0 - 32,0	18,0	5,1 - 83,3
Polymer 1,0 µm	19,3	3,2 - 97,3	29,1	3,9 - 100,4
Polymer 3,0 µm	52,5	5,8 - 243,4	158,0	12,5 - 593,2
Polymer 9,0 µm	109,0	20,4 - 303,6	192,0	12,7 - 492,8
Polymer 12,0 µm	261,9	6,9 - 960,8	371,0	101,9 - 911,5

Die Reibungskoeffizienten (μ) versinnbildlichen das Vielfache des eigenen Körpergewichts, mit dem *D. errans* auf den unterschiedlichen Testsubstraten zu haften vermochte, beim Laufen an Wänden festhalten oder auf horizontalen Flächen Scherkräften gegenhalten kann (GORB & GORB 2004). Die Maximalwerte reichten bis zum 960,8fachen des eigenen Körpergewichtes der Weibchen auf dem Substrat mit einer Rauigkeit von 12,0 µm. Die durchschnittlichen Reibungskoeffizienten der Männchen lagen insgesamt um das 1,3- bis 3,0fache höher als diejenigen der Weibchen.

Erwähnt sei das Verhalten von *D. errans* bei den Zentrifugaltests. Während der Hochgeschwindigkeitsrotationen pressten die Testindividuen ihre Körper und Extremitäten eng gegen die Oberfläche.

Zugexperiment

Die Abbildung 39 (S. 80) präsentiert eine Auswahl der getesteten behaarten Blattoberflächen in Rasterelektronenmikroskopaufnahmen.

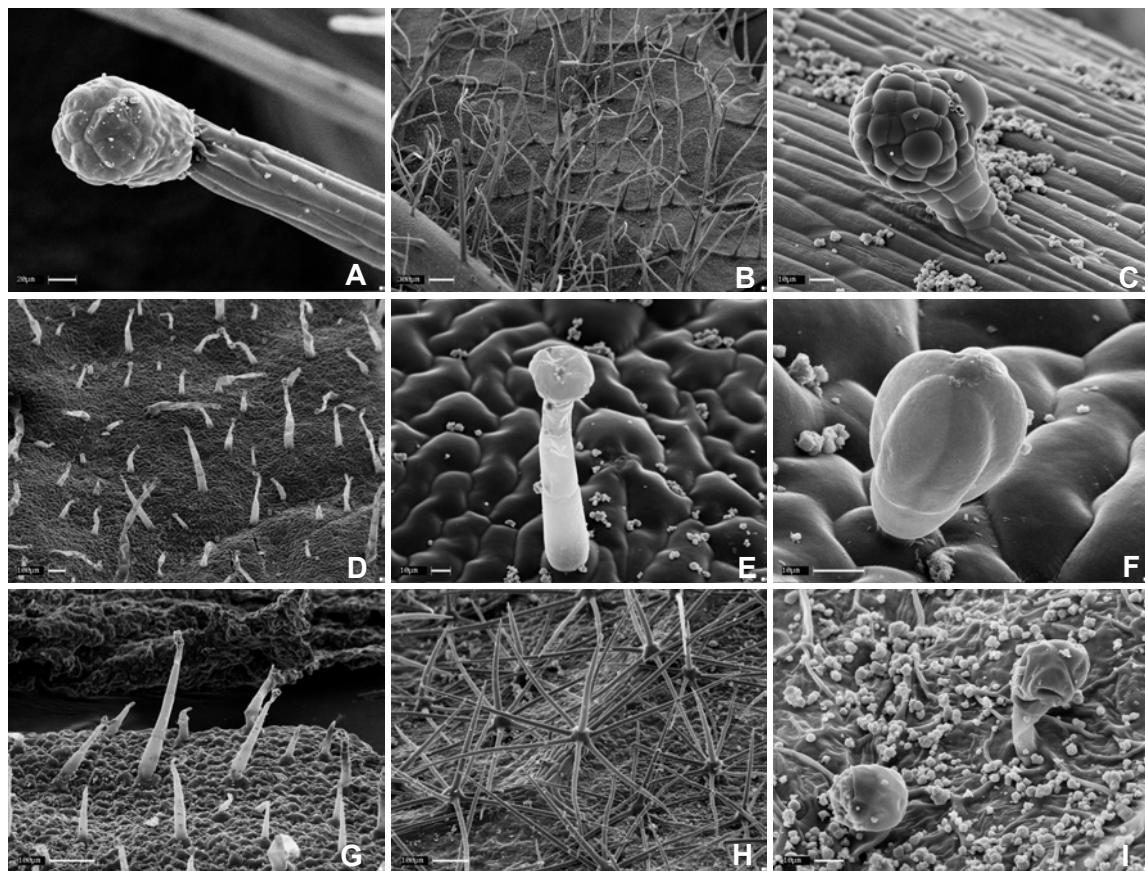


Abb. 39: Auswahl der Palette untersuchter Pflanzen im Zugexperiment mit *Dicyphus errans* Wolff mit ihren charakteristischen Haarkleidern, REM-Aufnahmen; **A-C)** *Cleome hirsuticaulis*, **A)** Detail der Spitze mit Drüsenkopf eines mehrzellreihibigen Haares, **B)** Überblick in der Aufsicht auf die abaxiale Blattseite, **C)** mehrzelliger ungestielter Drüsenkopf mit Sekretausfluss auf der rechten Seite; **D-F)** *Ibicella lutea*, **D)** Überblick in Aufsicht auf die adaxiale Blattseite, **E)** dreizelliges Trichom mit Drüsenkopf im Detail, **F)** sechszelliges Drüsenköpfchen, **G)** *Nicotiana sylvestris*, Überblick in Aufsicht auf abaxiale Blattseite; **H-I)** *Solanum melongena*, **H)** Überblick in Aufsicht auf abaxiale Blattseite, **I)** (kollabierte) gestielte Drüsenköpfchen im Detail.

Die begleitende Strukturanalyse der Blattoberflächen ließ auf eine große intra- und interspezifische Formenvielfalt der verwendeten Pflanzensubstrate schließen (vgl. Abb. 39). Eine beschreibende Liste der Charakteristika findet sich in der Anlage 3. Meist fand sich ein Nebeneinander unterschiedlicher Trichomtypen von verschiedener Länge und Dicke in mehr oder weniger regelmäßiger Anordnung. Es existieren mehrzellige (Abb. 39 C) und einzellige (Abb. 39 I), mehrzellreihibige (Abb. 39 A) und einzellreihibige (Abb. 39 E), verzweigte und unverzweigte, glanduläre (Abb. 39 A, C, D-G, I) und nicht glanduläre (Abb. 39 H), aufrechte (Abb. 39 E) und gekrümmte (Abb. 39 B), mit Drüsenköpfchen (Abb. 39 A, E, I) und ohne Drüsenköpfchen (Abb. 39 H), kurze und lange Trichome jeweils in individueller artspezifischer Ausprägung. Diejenigen morphometrischen Daten der Pflanzen, welche in die Ergebniskalkulationen einflossen, listet Tabelle 18 (S. 81) auf. Die Werte sind trichomtypübergreifend zusammengefasst und gemittelt.

Tab. 18: Durchschnittliche Dichte, Länge und Durchmesser der Trichome Pflanzenoberflächen im Zugkraftexperiment mit *Dicyphus errans* Wolff; (n = Grundgesamtheit)

Pflanzenart, -sorte, -familie	Trichom- dichte [St./mm ²]	Mittelwert	Trichomlänge [µm] Minimum-Maximum	Mittelwert	Trichomdurchmesser [µm] Minimum-Maximum
<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder', Solana- ceae (nur in Donatien!)	70,6 ± 0,6 (n = 5)	262,1 (n = 38)	26,1 - 478,2	43,2 (n = 12)	40,6 - 45,8
<i>Cleome hirsuticaulis</i> J. F. Macbr., Capparidaceae	4,2 ± 1,7 (n = 5)	643,7 (n = 57)	139,4 - 1341,7	87,7 (n = 18)	24,8 - 346,7
<i>Cucumis sativus</i> L. 'Rawa', Cucurbitaceae	7,0 ± 0,7 (n = 5)	439,5 (n = 150)	130,6 - 1151,6	38,2 (n = 42)	28,2 - 48,3
<i>Digitalis purpurea</i> L. 'Excelsior', Scrophulariaceae	58,0 ± 2,6 (n = 5)	416,0 (n = 470)	110,1 - 1118,8	40,4 (n = 15)	17,6 - 27,4
<i>Fuchsia x hybrida</i> Hort. ex Vilm 'Winston Churchill', Onagraceae	2,6 ± 0,6 (n = 5)	348,1 (n = 60)	81,2 - 838,9	15,4 (n = 27)	9,9 - 28,8
<i>Gerbera jamesonii</i> x hybrida Adlam, Asteraceae	12,0 ± 0,8 (n = 5)	415,6 (n = 16)	190,5 - 1261,8	25,8 (n = 27)	26,3 - 28,6
<i>Ibicella lutea</i> (Lindl.) Van Eselt., Martynaceae	17,4 ± 3,9 (n = 5)	399,7 (n = 36)	112,6 - 1100,5	37,9 (n = 24)	21,7 - 63,0
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 'Grit', Solanaceae	40,2 ± 8,2 (n = 5)	550,6 (n = 328)	42,0 - 5896,3	74,6 (n = 22)	31,8 - 106,9
<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz. et Gomez, Solanaceae	25,6 ± 4,0 (n = 5)	323,8 (n = 100)	148,5 - 675,3	36,9 (n = 50)	16,8 - 50,4
<i>Petunia x hybrida</i> Vilm., Solanaceae	13,1 ± 6,4 (n = 5)	355,3 (n = 218)	93,9 - 1171,3	44,3 (n = 10)	15,7 - 70,6
<i>Plectranthus ambiguus</i> (Bolus) Codd., Lamiaceae	8,1 ± 1,4 (n = 5)	650,4 (n = 338)	16,8 - 1545,0	81,3 (n = 105)	39,7 - 325,2
<i>Solanum melongena</i> L. 'Black Beauty', Solanaceae	3,8 ± 1,4 (n = 5)	468,0 (n = 175)	160,4 - 938,7	39,5 (n = 24)	17,1 - 76,9

Die experimentell ermittelte Zugkraft (F_Z) von *D. errans* wird vorrangig von der Reibungskraft (F_r) der Prätarsen auf dem Substrat und der Muskelkraft der Wanzen (F_M) bestimmt.

Zwischen den Varianten bestanden keine signifikanten Unterschiede. Auf der Glasfläche absolvierten die Testindividuen vor und nach dem Laufen auf der Pflanzenoberfläche eine tendenziell ähnliche Zugkraft (Tab. 19, S. 82). Die absolute Zugkraft (F_Z) auf den

abaxialen Blattflächen schwankte zwischen 0,07 mN auf der kristallin bewachsten Art *B. oleraceae* und 1,21 mN auf den behaarten *P. ambiguus* und *S. melongena*.

Tab. 19: Durchschnittliche Ergebnisse im Zugkraftexperiment mit *Dicyphus errans* Wolff auf den Testoberflächen Glas vor dem Laufen auf der Blattfläche, Blattfläche, Glas nach dem Laufen auf der Blattfläche, n = 5

Pflanzenart	Absolute Zugkraft, F_Z [mN] auf den Testoberflächen			F_Z Blattfläche / F_Z Glas vorher
	Glas vor der Blattfläche	abaxiale Blattfläche	Glas nach der Blattfläche	
<i>Brassica oleracea</i>	0,12 ± 0,06	0,07 ± 0,02	0,09 ± 0,04	0,63
<i>Capsicum annuum</i>	0,46 ± 0,13	0,76 ± 0,35	0,43 ± 0,15	1,65
<i>Cleome viridiflora</i>	0,19 ± 0,09	1,17 ± 0,53	0,20 ± 0,09	6,15
<i>Cucumis sativus</i>	0,14 ± 0,12	0,84 ± 0,40	0,13 ± 0,10	5,91
<i>Cuphea lanceolata</i>	0,24 ± 0,14	1,03 ± 0,41	0,97 ± 1,81	4,32
<i>Cyclamen persicum</i>	0,26 ± 0,05	0,40 ± 0,27	0,17 ± 0,03	1,58
<i>Digitalis purpurea</i>	0,26 ± 0,08	1,18 ± 0,44	0,25 ± 0,15	4,58
<i>Fuchsia x hybrida</i>	0,28 ± 0,08	0,80 ± 0,18	0,30 ± 0,11	2,90
<i>Gerbera jamsonii</i>	0,29 ± 0,14	1,04 ± 0,53	0,26 ± 0,09	3,57
<i>Ibicella lutea</i>	0,21 ± 0,14	1,01 ± 0,28	0,31 ± 0,33	4,91
<i>Lycopersicon esculentum</i>	0,33 ± 0,08	1,13 ± 0,19	0,31 ± 0,23	3,36
<i>Nicotiana sylvestris</i>	0,23 ± 0,17	0,76 ± 0,27	0,22 ± 0,08	3,32
<i>Petunia x hybrida</i>	0,17 ± 0,08	0,94 ± 0,24	0,13 ± 0,04	5,50
<i>Plectranthus ambiguus</i>	0,29 ± 0,10	1,21 ± 0,22	0,22 ± 0,08	4,18
<i>Solanum melongena</i>	0,35 ± 0,16	1,21 ± 0,35	0,36 ± 0,16	3,43

Das Verhältnis der Zugkraft auf der strukturierten Pflanzenoberfläche zur Zugkraft auf der glatten Glasfläche führt zur normierten Zugkraft (F_{rel}) (HOSODA & GORB 2004). Diese Größe beschreibt, um welchen Faktor die Zugkraft auf der Blattfläche diejenige auf der Kontrollfläche Glas übersteigt. Die Werte belaufen sich auf das 0,63-Fache auf *B. oleracea* bis zum 6,15-Fachen auf *C. viridiflora*.

Die Abbildung 40 (S. 83) veranschaulicht die Zugkraftergebnisse unter Berücksichtigung der Oberflächeneigenschaften.

Der Zugkrafterfolg auf den behaarten Pflanzen tritt deutlich hervor (Abb. 40 A, B). Zwischen den generierten Kräften auf glandulär und nicht glandulär behaarten Blattoberflächen bestehen keine signifikanten Unterschiede. Der Reibungskoeffizient (μ) schwankt zwischen 1,9 und 33,8 (Abb. 40 C).

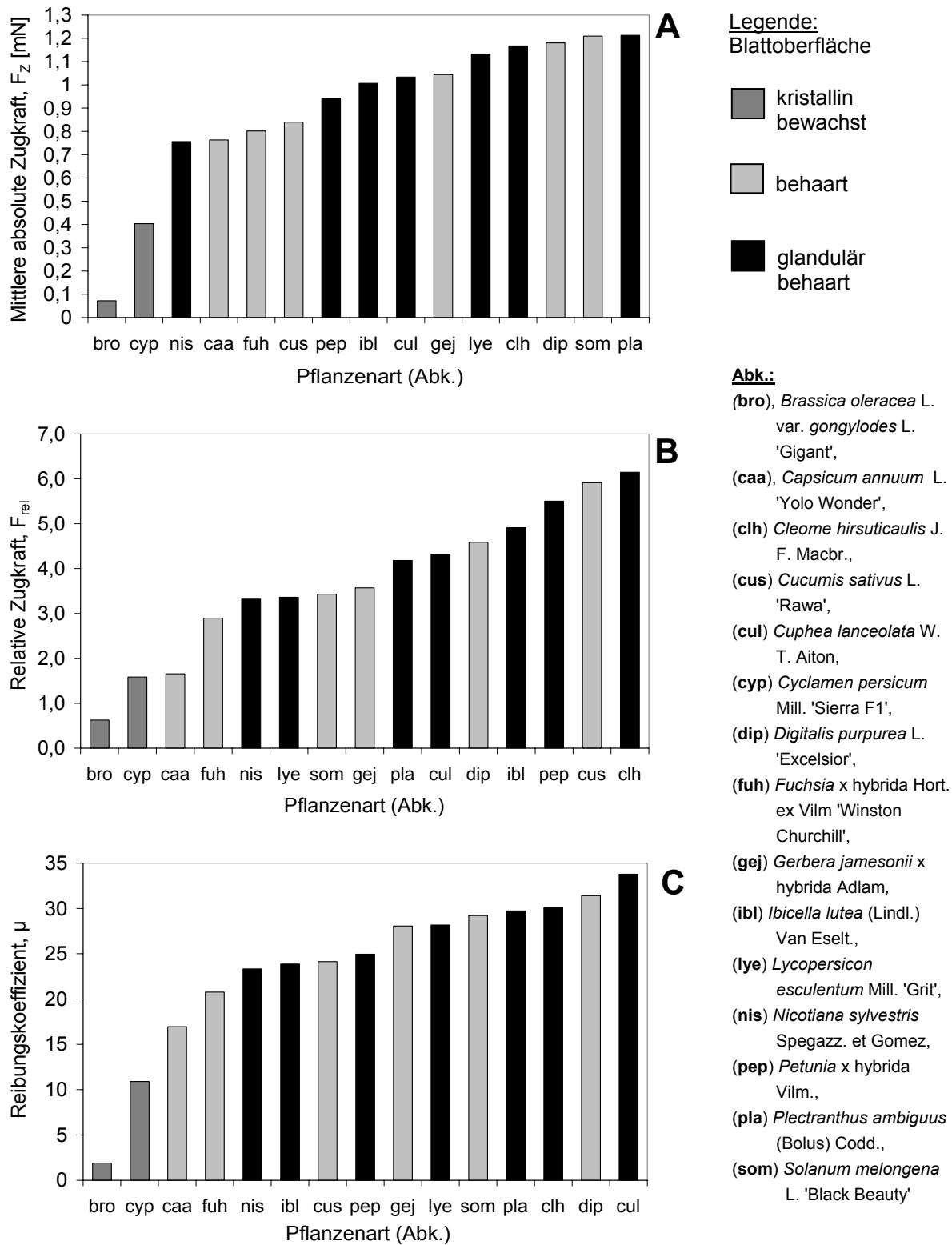


Abb. 40: Ermittelte mittlere Zugkraft, F_Z (A), relative Zugkraft, F_{rel} (B) und Reibungskoeffizienten, μ (C) auf verschiedenen abaxialen Pflanzenoberflächen in den Zugexperimenten mit *Dicyphus errans* Wolff, $n = 5$.

Eine Betrachtung der absoluten Zugkraft in Verbindung mit den Messwerten der Strukturanalyse der Pflanzenoberflächen lässt signifikante Wechselbeziehungen zwischen den Größen erkennen (Abb. 41).

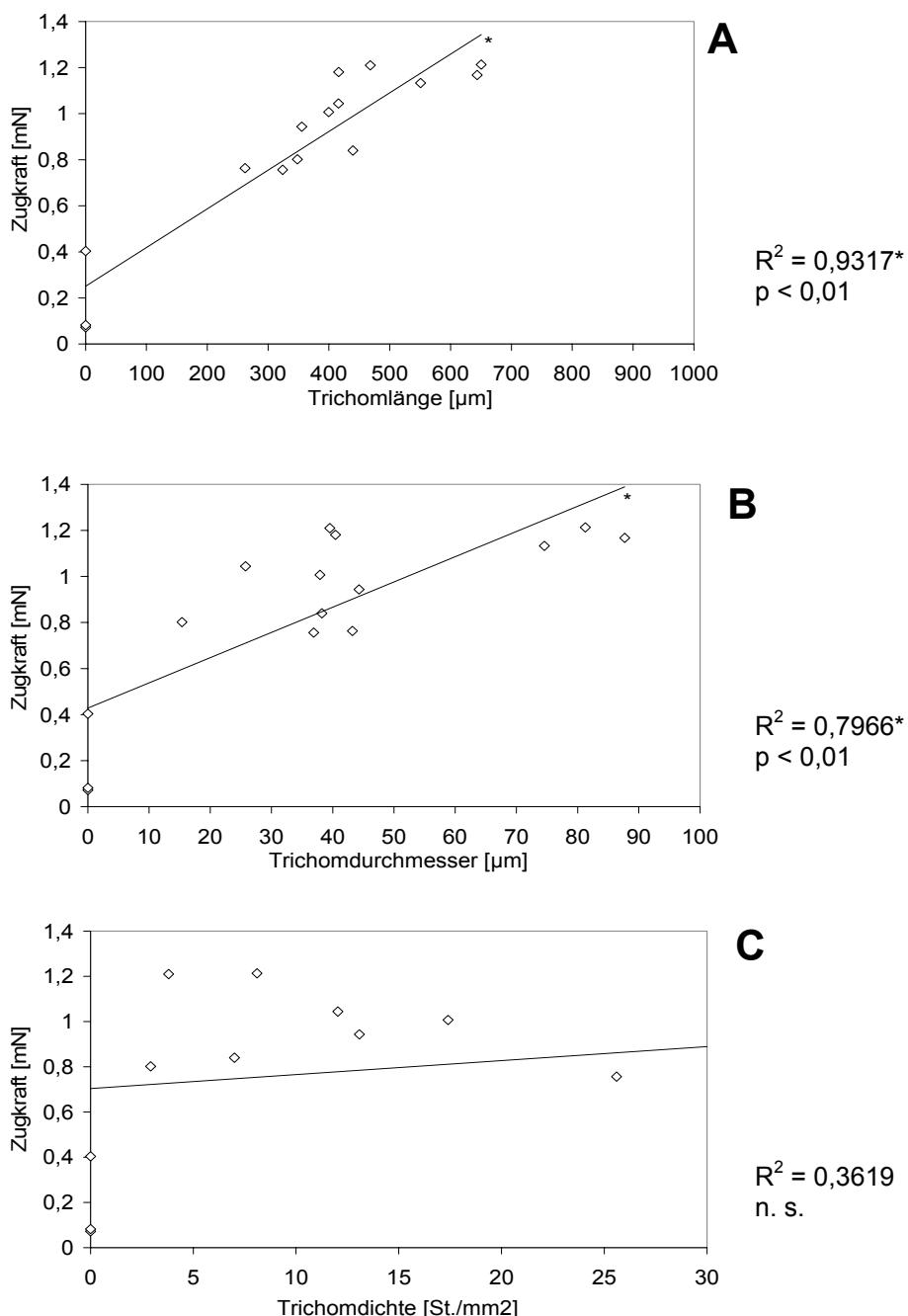


Abb. 41: Zusammenhänge der absoluten Zugkraft von *Dicyphus errans* Wolff mit den Blattoberflächenparametern Trichomlänge (**A**), -durchmesser (**B**) und -dichte (**C**); (*) signifikante Korrelation bei $p < 0,01$, (R^2) Korrelationskoeffizient nach Pearson.

Statistisch abgesicherte positive Korrelationen bestehen insbesondere zwischen der Trichomlänge und der Zugkraft von *D. errans* (Abb. 41 A) sowie dem Trichomdurchmesser und der Zugkraft von *D. errans* (Abb. 41 B). Je länger und dicker die

Pflanzenhaare, desto mehr Kraft generierten die Wanzen. Zwischen Zugkraft und Haardichte ist so gut wie kein Zusammenhang ausgeprägt (Abb. 41 C, S. 84).

Die morphometrische Analyse der Prätarsi erwies sich aufgrund deren Kurvatur als schwierig. Die vorläufigen durchschnittlichen Abmaße ergaben sich bei einer Grundgesamtheit von $n = 4$ wie folgt:

Tarsenlänge (Abb. 42, a): $159 \pm 16,7 \mu\text{m}$;

Durchmesser der basalen Klauenkrümmung (Abb. 42, b): $35,1 \pm 10,9 \mu\text{m}$;

Länge der Empodialborsten/Parempodien (Abb. 42, c): $106,6 \pm 1,1 \mu\text{m}$;

Länge des Klauenzahns (Abb. 42, d): $8,4 \pm 1,0 \mu\text{m}$ und

Fläche des Haftläppchens/Pseudopulvilli (Abb. 42, A): $2092,6 \pm 511,7 \mu\text{m}^2$.

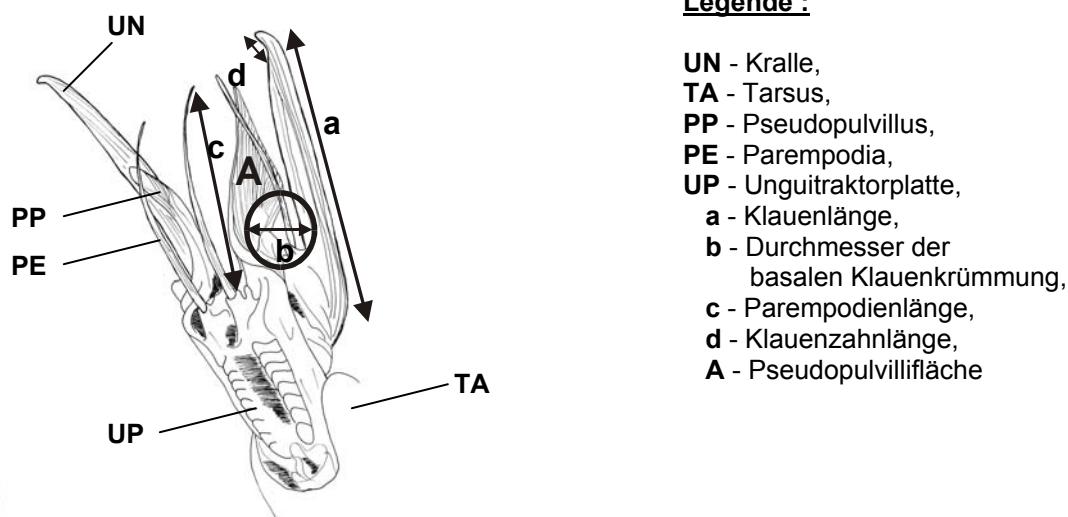


Abb. 42: Berücksichtigte Größen bei der morphometrischen Analyse der Prätarsi von *Dicyphus errans* Wolff.

Bemerkenswert ist ferner das ausgeprägte Putzverhalten von *D. errans*, v. a. nach dem Laufen auf den glandulär behaarten Pflanzen. Während des Zuges war die in Abbildung 43 (S. 86) erkenntliche typische Körperhaltung zu beobachten. Vorderkörper und Kopf werden nach vorn gebeugt.

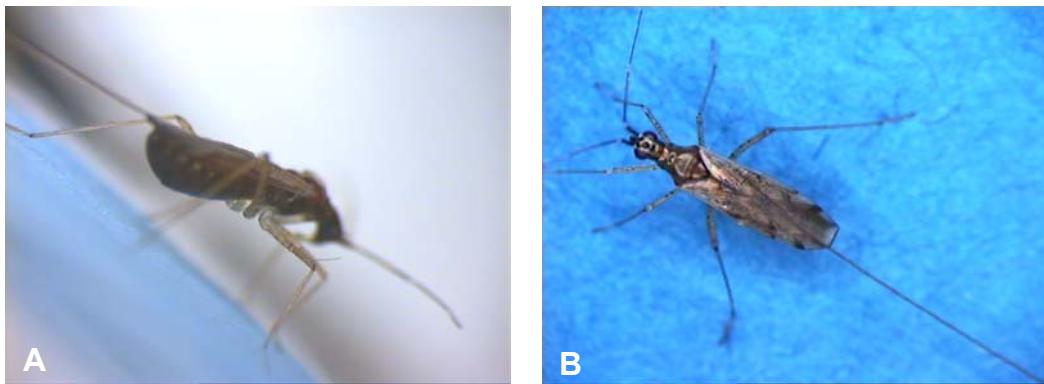


Abb. 43: Körperhaltung von *Dicyphus errans* Wolff im Zugkraftexperiment;
A) lateral, B) dorsal.

Die Vorderbeine befinden sich nach vorn gestreckt, während die Hinterbeine breit nach hinten auseinander stehen, um den nötigen Halt und Rückstoß zu verleihen.

4.4.3.2.3 Diskussion

Pflanzenoberflächen sind eines der bedeutendsten Anhaftungssubstrate für eine große Vielzahl von phytophagen Insekten und ihrer natürlichen Feinde (EIGENBRODE 2004). „Die Fähigkeit sich effektiv an Oberflächen anzuhafte, gilt als ein Knotenpunkt in der Insektenevolution und als eine der evolutionären Hürden, die die Anzahl der auf terrestrischen Pflanzen lebenden Insekten limitieren. Die Form der terrestrischen Pflanzen kann sich wandeln und durch natürliche Selektion gestalten, um die Anhaftung von Phytophagen zu behindern. Pflanzenhaare, harte Oberflächen und architektonische Aspekte, die die Bewegung der Pflanzen im Wind erhöhen, sind potenziell durch Insektenhaftung gefährdet. Es besteht ein Anhaftungs-Abwehr-Wettkampf (SOUTHWOOD 1986).“ CORTESERO ET AL. (2000) bewerten Pflanzen als interaktive Komponenten im biologischen Pflanzenschutz.

Die Besonderheit von *D. errans* und nahe verwandter Arten der Bryocorinae besteht in der Präferenz und Besiedlung einfach und glandulär behaarter Pflanzenarten, während andere Insekten durch behaarte Pflanzenoberflächen behindert und in ihrer Mobilität eingeschränkt werden. Larven von Coccinellidae verletzen ihr Integument (DIXON 1986, QUILICI & IPERTI 1986, OBRYCKI 1986, WALTERS 1974). *Chrysopa externa* Hagen (Chrysopidae) wird behindert (DOS SANTOS ET AL. 2003). Aleyrodidae kleben an *Datura wrightii* Regel. (DAM & HARE 1998). *Medicago sativa* L. fängt *Empoasca fabae* Harris (Cicadellidae) mit glandulären Trichomen (RANGER & HOVER 2002). Junge Orius-Larven (Anthocoridae) und Aphididae verfangen sich in Tomatenhaaren (FERGUSON ET AL. 2002). Parasitoiden wird Pflanzenbehaarung häufig zum Verhängnis (JERVIS & KIDD 1996, SOUTHWOOD 1986). DUFFEY (1986), FORDYCE & AGRAWAL (2001), JEFFREE (1986), JOEL

(1989), JOLIVET (1998), LEVIN (1973), MALAKAR & TINGEY (2000), SIMMONS & GURR (2004), SITTE ET AL. (2002) sowie WANG ET AL. (2001) schreiben Trichomen eine herausragende Funktion in der Abwehr von Insekten zu. SHANOWER ET AL. (1996) resümieren: „je länger und dichter Trichome, desto weniger Schädlinge“, aber auch desto längere Such- und Fangzeiten und häufigeres chemisches Vertreiben natürlicher Feinde treten auf. Demnach besiedelt *D. errans* Nischen, die andere Insekten, vor allem räuberisch lebende Arten, meiden oder nicht besetzen können.

Pflanzen erlangen als Mikrohabitat, Eiablagensubstrat, Jagdrevier und alternative Nahrungsquelle eine herausragende Bedeutung für Weichwanzen (SOUTHWOOD 1986, COLL 1998). Die pflanzlichen Charakteristika beeinflussen den Entwicklungszyklus, die Fortbewegung, die Nahrungsaufnahme und andere Lebensfunktionen der Wanzen wesentlich. WILLMER (1986) hebt in diesem Zusammenhang die mikroklimatischen Wirkungen der Pflanzenoberfläche (luftstille Grenzschicht, hygrothermale Stabilität/Ausgeglichenheit der Feuchtigkeitsprofile, Blattunterseite als bemerkenswert konstant kühle feuchte Nische) in Abhängigkeit der Blattgröße, Blattform, Blatttextur und Blattseite hervor. SOUTHWOOD (1986) zufolge bestehen ausgeprägte Kontakteffekte durch Halt- und Haftungshürden der Pflanzen sowie die Größe, Fortbewegungsart und Nahrungsaufnahme der Insekten. PEETERS (2002) stellt in breiten Studien heraus, dass der Herbivorenbesatz auf Pflanzen signifikant stärker mit der Blattstruktur als mit Blattinhaltsstoffen korreliert. COLL (1998) sowie WHITE & EIGENBRODE (2000) erwähnen für die phänotypischen Pflanzeneigenschaften einen Einfluss auf die Regulation von Beute durch Räuber. Beispielsweise wiesen EIGENBRODE (2004), GORB ET AL. (2001 a), GORB ET AL. (2004), GORB & GORB (2002), GORB & GORB (2004) sowie HOSODA & GORB (2004) experimentell nach, dass unterschiedliche Oberflächeneigenschaften die Haftung und Fortbewegung von Insekten beeinflussen.

Dicyphus errans verwendet zwei Strategien zur Verankerung auf den Oberflächen. Einerseits können sich seine Krallen an den Pflanzenhaaren offensichtlich verhaken bzw. festklammern (Abb. 44, S. 88). Andererseits besitzt die Wanzenart weiche, flexible Pseudopulvilli (Haftläppchen), welche insbesonders die Haftung auf glatten Oberflächen ermöglichen (vgl. dazu auch Abb. 17, S. 32 und Abb. 44 B-D). *Dicyphus errans* reiht sich unter diejenigen Insekten mit glatten Haftsystemen („smooth attachment systems“) nach GORB ET AL. (2001 b) und GORB (2001, 2005). Hierzu zählen außer Heteroptera unter anderen auch Orthoptera und Hymenoptera, denen die Arthropoden mit so genannten haarigen Haftsystemen (z. B. Coleoptera, Diptera) gegenüberstehen.

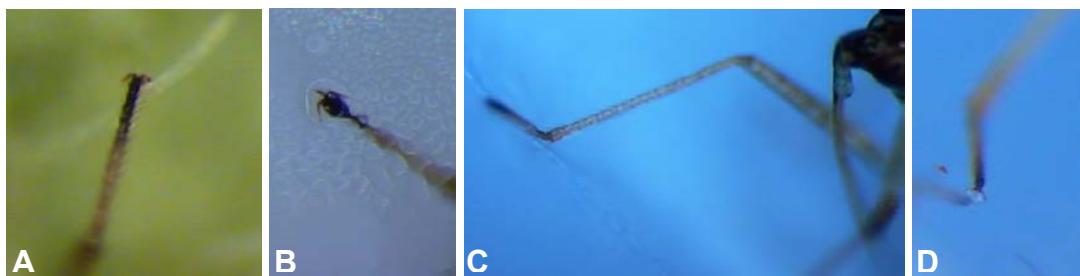


Abb. 44: Haftungsmöglichkeiten von *Dicyphus errans* Wolff auf Oberflächen;
 (A) Verhaken mit dem Pflanzenhaar (Videostandbild), (B-D) Kontakt der Pseudopulvilli und aller drei Tarsomeren zur Erhöhung der Auflagefläche und Reibung auf glatten Oberflächen (Digitalfotoaufnahmen).

Welchen Einfluss verschiedene Oberflächeneigenschaften auf den Funktionsmechanismus des Haftsystems von *D. errans* ausüben und ob sich die Haftfähigkeit auf unterschiedlichen Substraten unterscheidet, stellte das Inversionsexperiment in einem ersten Überblick heraus. Das breit angelegte Screening von 80 Blattoberflächen bestärkte die Assoziation der Wanzenart mit behaarten Pflanzen. Der Haftungserfolg auf einer Vielzahl der Testpflanzen entspricht der generalistischen Lebensweise von *D. errans*. Freilanderhebungen (vgl. Anlage 1) ließen bislang auf ein weit ausgedehntes Wirtsplanzenspektrum, insbesondere pubescenter Arten, schließen (VOIGT 2002). Die Pflanzen, an denen die Wanzen hervorragend hafteten, werden auch im Habitat bevorzugt besetzt. Im Gegensatz zu *Chrysolina fastuosa* Scop. (Chrysomelidae) (GORB & GORB 2002) hält sich *D. errans* auch an der Art *Lycopersicon esculentum*, welche glanduläre Trichome besitzt, hervorragend fest. Mit kristallinen Wachsen bedeckte Pflanzenoberflächen wirkten sich negativ auf das Haftvermögen aus. Derartige Effekte beobachteten ebenso EIGEN-BRODE (2004) für Anthocoridae, Miridae und Coccinellidae, GORB & GORB (2002) für *C. fastuosa*, LAUENSTEIN (1976, 1980) für *Anthocoris nemorum* L. und *Orius insidiosus* Say (Anthocoridae) sowie JEFFREE (1986), GORB (2001) sowie WHITE & EIGENBRODE (2000) für eine Vielzahl von Insekten. GORB & GORB (2002) postulieren diesbezüglich vier Hypothesen für das verminderte bzw. verhinderte Haften auf pruinosen Oberflächen:

- (1) die „Mikro“-Rauigkeit der Wachskristalle gestattet den Insektenhaftsystemen keinen Kontakt;
- (2) die Kontamination der Insektenfüße mit den leicht ablösbar Wachskristallen;
- (3) die Wachsauflösung durch die Haftsekrete der Insektenfüße und somit Ausbildung einer dicken, rutschigen Flüssigkeitsschicht und
- (4) die Flüssigkeitsabsorption der Haftsekrete der Insektenfüße durch die Wachsschichten.

Das bessere Haftvermögen auf den abaxialen Blattseiten entspricht den bisherigen Beobachtungen zum Aufenthalt von *D. errans* (VOIGT 2002). GORB & GORB (2002) schildern entsprechende Erfahrungen bei Inversionsexperimenten mit *C. fastuosa*. Meist erscheinen die adaxialen Blattflächen glatter als die abaxialen. HOSODA & GORB (2004), beispielsweise, wiesen für die Blattoberseite von *Rumex crispus* L. (Polygonaceae) eine geringere Rauigkeit als für die Blattunterseite nach.

Die im Zentrifugalexperiment ermittelten Daten bekräftigen den im Inversionstest herausgestellten Einfluss unterschiedlicher Oberflächen auf die Haftfähigkeit von *D. errans*. Rauigkeit, Form, Irregularitäten, periodische und vor allem fraktale Strukturen sind ausschlaggebend für die Haftperformance von Arthropoden (GORB 2001, HOSODA & GORB 2004, PERESSADKO & GORB 2004). Eine größere Rauigkeit führte im Experiment zu einer stärkeren Reibungskraft und besseren Haftung von *D. errans* im Einklang der Ausführungen zu *Gastrophysa viridula* L. (Chrysomelidae) von GORB (2001) sowie HOSODA & GORB (2004). Die Autoren heben ebenso eine kritische Rauigkeit im Bereich von 0,3 µm bis 1,0 µm hervor, wie sie für *D. errans* zu beobachten war. Diese Partikelgröße korrespondiert laut GORB (2001) mit den Abmaßen pflanzlicher Wachskristalle und beeinträchtigt die Haftsystemfunktion entsprechend der oben erwähnten Hypothese (1) durch mikroskopische Rauigkeit. Die geschlechterspezifischen Unterschiede lassen sich auf den Gewichtsunterschied der Männchen und Weibchen (1,9faches Gewicht der Männchen) zurückführen. GORB ET AL. (2001) schildern den Einfluss der Körpermasse auf die Reibungskraft unterschiedlich schwerer Syrphidae-Arten. GORB & GORB (2004) erwähnen diesen Aspekt für die Ontogenesestadien von *Coreus marginatus* L. (Coreidae). Die Annahme, dass ein größeres Gewicht und der damit verbundene höhere Druck auf den Untergrund die mittlere Reibungskraft F_R positiv beeinflussen sollten, kehrt sich bei kleinen Objekten aufgrund der zunehmenden Adhäsionseffekte in das Gegenteil um (KENDALL zitiert in GORB & GORB 2004). Demnach erfolgt bei schwereren Insekten eine höhere Reibung. Leichtere Individuen halten aber einer größeren Beschleunigung stand als die schweren und weisen einen größeren Reibungskoeffizienten (μ) auf. Derjenige der Männchen von *D. errans* umfasst das Zweifache desjenigen der Weibchen auf glattem Substrat, das 1,4- bis 1,5fache bei der kritischen Rauigkeit 0,3 µm bis 1,0 µm und das Dreifache auf 3,0 µm. Die Werte sind bei den Rauigkeitsstufen 9,0 µm und 12,0 µm rückläufig ($\mu = 1,4$ bzw. 1,8). Eine Möglichkeit der Erklärung dieses Phänomens liegt im Auftreten durch Adhäsion vermittelter Reibung. Laut GORB ET AL. (2001) sowie GORB & GORB (2004) signalisieren Reibungskoeffizienten von $\mu > 1$ die hervortretende Rolle der Adhäsion im Reibungsgeschehen. Die durchschnittlichen Reibungskoeffizienten von *D. errans* (Weibchen: $\mu = 13,0$ bis 261,9; Männchen: $\mu = 18,0$ bis 371,0) reichen über die für Syrphidae ($\mu = 7,0$ bis 35,0) und *C. marginatus* ($\mu = 5,0$ bis 40,0) zitierten hinaus.

Demzufolge ist Adhäsion im Haftungsprozess dieser Weichwanze als eine wichtige Komponente zu betrachten. Im Falle der Maskulina tritt diese Größe stärker hervor als bei den Feminina. Die dahingehend geringeren Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern bei Rauhigkeiten von 9,0 µm und 12,0 µm deuten möglicherweise auf einen stärkeren Einsatz der Klauen und eine zunehmende Rolle der Reibung auf raueren Substraten. Weitere Einflussfaktoren auf die Reibung bestehen laut GORB ET AL. (2001 a) sowie GORB & GORB (2004) in der tatsächlichen Kontaktfläche der Insekten, den adhäsiven Eigenschaften der Haftsysteme, insbesondere bei Wanzen in der Viskosität der Haftsekrete und/oder den visko-elastischen Eigenschaften des schaumartigen Haftlappenmaterials. Inwieweit diese Parameter bei der Reibungskraft und dem Haften an Oberflächen von *D. errans* eine Rolle spielen, bleibt offen und Gegenstand künftiger Untersuchungen.

Die Zugkraft der Weichwanzen variierte in Abhängigkeit von der Pflanzenart. Dem Inversionstest adäquat generierte *D. errans* mehr Kraft auf behaarten Pflanzen als auf unbehaarten, insbesondere als auf kristallin bewachsten Oberflächen. Nach dem Vergleich der auf Glasflächen erbrachten Zugkraft vor und nach dem Laufen auf den Blattflächen zu urteilen, beeinträchtigen die Pflanzenoberflächen die Haftsysteme der putzfreudigen Wanzen nicht. Eben solche Beobachtungen existieren für *C. fastuosa* mit Ausnahme der glandulär behaarten Oberflächen, welche die Tarsen der Chrysomelidae nachhaltig verkleben (GORB & GORB 2002), allerdings für *D. errans* ein ideales Substrat verkörperten.

Die Reibungskoeffizienten liegen mit Werten zwischen 1,9 (auf *Brassica oleraceae*) und 33,8 (auf *Cuphea lanceolata*) um die Faktoren 6,8 bis 11,0 unter denen im Zentrifugal-kraftexperiment. Folglich generierten die Wanzen im Zugexperiment Kraft um ein weniger Vielfaches des eigenen Körpergewichts als im Zentrifugaltest. Woraus gefolgt werden kann, dass das Potenzial zum (passiven) Festhalten auf der Oberfläche unter Einwirkung horizontaler Kraft größer ist als dasjenige zur aktiven Fortbewegung auf den Pflanzen.

Die Einbindung der ermittelten strukturanalytischen Daten zur Pflanzenoberflächentextur ermöglichte das Herauskristallisieren signifikanter mechanisch bedingter Wechselwirkungen zwischen der Zugkraft von *D. errans* und den Pflanzenparametern Trichomlänge und -durchmesser. Diese Interaktionen sprechen für eine enge Beziehung zwischen Wanzen und behaarten Pflanzen. Während Größe und Dichte von Trichomen laut GORB & GORB (2002) keine signifikante Auswirkung auf *C. fastuosa* in einem Inversionstest zu besitzen schienen, sind zwischen der Pflanzentextur und der generierten Kraft von *D. errans* im Zugexperiment deutliche Zusammenhänge zu erkennen. Einen Einfluss der Trichomdichte erkannten ebenfalls VALVERDE ET AL. (2001) auf die Resistenz von *Datura*

stramonium L. gegenüber Phytophaga, ZHAO & KANG (2003) auf die Ansiedlung von *Liriomyza sativae* Blanch. (Agromyzidae) auf Pflanzen, ARZET (1972) auf das Laufverhalten von *Chrysopa carnea* Steph. auf verschiedenen Oberflächen. SHANOWER ET AL. (1996) sowie SOUTHWOOD (1986) beobachteten Effekte auf natürliche Feinde durch die Länge, Dichte und Ausrichtung von Trichomen.

Unter Berücksichtigung der in Kapitel 4.4.1 (S. 33 ff.) gewonnenen Ergebnisse zur Fekundität und Ontogenese von *D. errans* in Abhängigkeit unterschiedlicher Wirtspflanzenarten offenbaren sich weitere Interaktionen (Tab. 20). Die Trichomeigenschaften beeinflussen nicht nur direkt die Fortbewegung, Haft-, Reibungs- und Zugkraft von *D. errans*. Trichomdurchmesser und -länge korrelieren zudem signifikant positiv mit der Juvenilentwicklungs dauer, letztere auch mit der Fekundität.

Tab. 20: Korrelationen zwischen Parametern des Lebenszyklus und Parametern der Pflanzenoberflächentextur (2004);

(R^2) Korrelationskoeffizient nach Pearson; (*) deutet auf Signifikanz; (n. s.) steht für nicht signifikante Korrelationen

	Parameter des Lebenszyklus'	
Pflanzenoberflächenparameter	Fekundität	Juvenilentwicklungs dauer
Trichomdichte [St./mm ²]	$R^2 = 0,23$; n. s.	$R^2 = 0,10$; n. s.
Tricholänge [μm]	$R^2 = 0,65^*$; $p < 0,0400$	$R^2 = 0,94^*$; $p < 0,0006$
Trichomdurchmesser [μm]	$R^2 = 0,45$; n. s.	$R^2 = 0,83^*$; $p < 0,0106$

Generell scheint die Länge der Trichome eine herausragende Rolle in der Beziehung Wanze-Pflanze zu spielen. Der spezifischen Performance auf Pflanzenoberflächen nach zu urteilen, kann die Bindung von *D. errans* an (glandulär) behaarte Pflanzen aus entwicklungsgeschichtlicher Sicht durchaus als Adaptation bezeichnet werden. Eine Co-Evolution der tierischen und pflanzlichen Strukturen liegt nahe.

Die zur Verfügung stehenden morphometrischen Daten zum Prätarsus von *D. errans* lassen vorerst keine spezifische Skalierung mit den Trichomen erkennen. Für repräsentative ökomorphologische Rückschlüsse bedarf es ausgiebigerer und diffizilerer Studien der Haftorgane und Bewegungsabläufe. Offenkundig erscheinen allerdings die in Kapitel 2.3 (S. 5 ff.) und 4.3 (S. 27 ff.) erläuterten morphologischen Voraussetzungen, wie der feingliedrige Körperbau und die schlanken, sehr langen Beine, deren kleiner Winkel zum Körper und der somit sehr weite Körperabstand von der Oberfläche (Abb. 45, S. 92), die *D. errans* die Fortbewegung auf pubeszenten Pflanzen erlauben. Eine vergleichbare Taktik beschreibt EIGENBRODE (2004) für die Aphididae *Bryocorinae brassicae* L., der längere Femuri und Tarsi ein effektiveres Laufen auf ihrer Wirtspflanze ermöglichen.



Abb. 45: Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff schreitet über die stark behaarte adaxiale Blattoberfläche von *Cleome hirsuticaulis* J. F. Macbr. (Capparidaceae).

Die Grundlagen des Funktionsmechanismus der Umklammerung eines einzelnen Haares durch die *Dicyphus*-Kralle (Abb. 46, A) verlangen ebenfalls nach tiefgründigeren Analysen und Experimenten. Einerseits bleibt zu klären, wie die Prätarsi ein Haar im Detail erfassen, daran haften und es wieder loslassen.

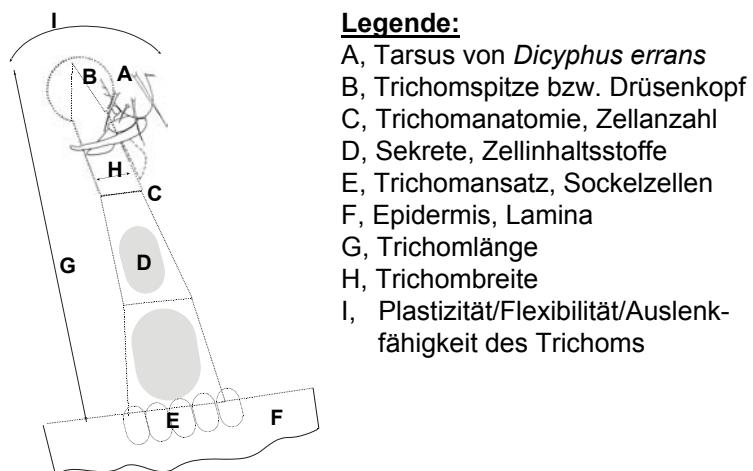


Abb. 46: Ansatzpunkte für zukünftige Studien zum Anhaften von *Dicyphus errans* Wolff an Pflanzen und zu berücksichtigende Einflussgrößen der Pflanzenhaare.

Andererseits ist die Bedeutung spezifischer Charakteristika der Trichome für die Kraftgeneration und Bewegungsfähigkeit von *D. errans* aufzuklären. Hierzu könnten definierte Modellhaare aus Naturfasern oder Kunststoff beitragen. Denkbare Einflussgrößen sind

- die Geometrie: Fläche und Volumen, Länge (Abb. 46, G) und Breite (Abb. 46, H);

- die Morphologie: spitzes bzw. abgerundetes Auslaufen oder Vorhandensein eines Drüsenkopfes (Abb. 46, B), die Verankerung in der Epidermis/Vorhandensein von Sockelzellen (Abb. 46, E), epidermale Ursprünge (Abb. 46, F);
- Anatomie: Einzellig- bzw. Mehrzelligkeit (Abb. 46, C), Zellbestandteile, Vorhandensein oder Fehlen von Sekreten (Abb. 46, D) sowie
- Materialeigenschaften: Auslenkungsfähigkeit/Flexibilität/Elastizität der Trichome (Abb. 46, I).

Des Weiteren sollte bei glandulären Typen unbedingt die Adhäsion und spezielle Chemie der Pflanzenoberflächen einkalkuliert werden.

Ebenso ist der Einfluss kristalliner Wachse auf die Haftperformance von Arthropoden auf Pflanzenoberflächen bislang nicht eindeutig geklärt und bedarf künftiger Beachtung.

Für weitergehende Überlegungen und Interpretationen zur komplexen Beziehung zwischen den Wanzen und Pflanzen könnten ontogenetische Unterschiede in der Haftperformance von *D. errans* von wissenschaftlichem Interesse sein. Umfassende Beobachtungen zur Fortbewegung, Haftung und Kontamination der Haftsysteme und des eingebundenen Putzverhaltens erlauben konkretere Rückschlüsse auf mögliche spezifische Verhaltensanpassungen der Weichwanze an behaarte Pflanzenoberflächen.

4.4.4 Nahrungserwerb

In Anbetracht der Omnivorie von *Dicyphus errans* stellen Studien zum Nahrungserwerb eine facettenreiche Herausforderung dar. Die vielschichtigen Interaktionen auf mehreren Trophiestufen begründen eine Palette an Forschungsbedarf.

In der vorliegenden Arbeit wurde einerseits versucht, die (Leistungs-)Fähigkeit zur Aufnahme tierischer Nahrung abzugrenzen, um die Bedeutung von *D. errans* als natürlicher Gegenspieler von Phytophagen abschätzen zu können. Andererseits sollten experimentelle Studien zur Verdaubarkeit verschiedener Nahrungskomponenten durch *D. errans* dazu beitragen, die Ernährungsbiologie ansatzweise zu verstehen.

4.4.4.1 Verzehrleistung in Abhängigkeit von ausgewählten Beute-Wirtspflanzen-Komplexen, der Beutepräferenz und Temperatur

In dem Versuchsblock galt es, Parameter zu prüfen, welche Einfluss auf den Erwerb tierischer Nahrung ausüben könnten und im gleichen Zuge die unterschiedliche Verzehrleistung von *D. errans* zu erfassen. Herausgegriffen wurden die Faktoren Wirtspflanzenart, Beutespezies, Zweifach-Wahlmöglichkeit (two-choice), Wasserverfügbarkeit und Temperatur.

4.4.4.1.1 Material und Methoden

Verzehrleistung in Abhängigkeit von ausgewählten Beute-Wirtspflanzen-Komplexen

Kulturrelevante Jungpflanzen wurden in Vermehrungssubstrat (Floradur Typ I B fein, Trayerde, Floragard VertriebsGmbH) getopft, im 3- bis 4-Blattstadium jeweils mit 50 Beutetieren besetzt (Feinpinsel) und in Glaszyllindern (20 cm Höhe, 11 cm Durchmesser) mit einer Gazeabdeckung (ca. 2 µm Maschenweite, Fußling der Fa. Esda) zufällig nach dem Auslosverfahren in einer klimatisierten Gewächshauskabine (Tagtemperatur: 22 ± 5 °C, 5:00 bis 21:00 Uhr, Nachttemperatur: 20 ± 3 °C, 21:00 bis 5:00 Uhr, relative Luftfeuchte: 65 ± 15 %, 16 Stunden Photoperiode) aufgestellt (Abb. 47, S. 95). Die Phytophaga entwickelten sich vorab in mindestens einer Generation auf der im Versuch verwendeten Wirtspflanze. Insgesamt wurden acht Pflanzensaftsaugerarten und neun Kulturpflanzenarten in verschiedenen Kombinationen in 22 Varianten nacheinander getestet mit jeweils vier Wiederholungen für 10 bis 20 Tage alte Weibchen und Männchen, zweites Larvenstadium sowie erstes Nymphenstadium (Tab. 21, S. 95).



Abb. 47: Aufstellung der Versuchsgefäße zum Verzehrtest mit *Dicyphus errans* Wolff in der Gewächshauskabine.

Die ausgewählten Phytophaga sind als ausgesprochene Kulturschädlinge vor allem in Gewächshäusern gegenwärtig und häufig herkömmlich schwer zu bekämpfen durch die Ausbildung von Resistenzen gegenüber Pestiziden (CHOI ET AL. 2001, DREES 2002, GUO ET AL. 1998, RAWORTH 2004) oder die Unzugänglichkeit ihrer behaarten Pflanzenhabitale für natürliche Feinde.

Tab. 21: Überblick über die Beute-Wirtspflanzen-Kombinationen bei den Verzehrtests mit *Dicyphus errans* Wolff;

Abk.: **bes** = *Begonia x semperflorens* Link & Otto; **caa** = *Capsicum annuum* 'Yolo Wonder'; **cus** = *Cucumis sativus* L. 'Rawa'; **cyp** = *Cyclamen persicum* Mill. 'Sierra F1'; **fuh** = *Fuchsia x hybrida* Hort. ex Vilm 'Winston Churchill'; **gej** = *Gerbera jamesonii* x *hybrida* Adlam; **las** = *Lactuca sativa* L. 'Attraktion'; **pep** = *Petunia pendula* x *hybrida*; **sai** = *Saintpaulia ionantha* Wendl.

Beutetierart, Familie	Wirtspflanzenart (Abk.)								
	bes	caa	cus	cyp	fuh	gej	las	pep	sai
<i>Aphis gossypii</i> GLOVER, Aphididae	✓		✓	✓	✓	✓			
<i>Aulacorthum circumflexum</i> BUCKTON, Aphididae					✓				✓
<i>Aulacorthum solani</i> KALTENBACH, Aphididae		✓	✓		✓	✓	✓		✓
<i>Echinothrips americanus</i> MORGAN, Thripidae		✓	✓						
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> THOMAS, Aphididae	✓							✓	
<i>Myzus persicae</i> SULZER, Aphididae		✓					✓	✓	
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> WESTWOOD, Aleyrodidae								✓	
<i>Planococcus citri</i> Risso, Pseudococcidae									✓

Die ausgesaugten Beutetiere wurden nach 24 Stunden okular mit Hilfe einer Einstelllupe (Zeiss, 3 x 6 x 9) ausgezählt. Außerdem wurden die überlebenden Pflanzensaftsauger und deren Nachkommen registriert.

Verzehrleistung in Abhängigkeit von der Beutepräferenz

Mini-Split-Arenatests in Kunststoff-Petrischalen (90 mm Durchmesser, 15 mm Höhe) mit je 20 Individuen von zwei verschiedenen Phytophaga-Arten sollten ohne Pflanzenmaterial und mit jeweils einem 10 bis 15 Tage alten Weibchen von *D. errans* in 19 Wiederholungen auf deren Verzehrleistung unter Zwei-Arten-Wahlmöglichkeit widerspiegeln (Tab. 22). Alle Pflanzensaftsaugerarten wurden vorab für die Dauer mindestens einer Generation an derselben Wirtspflanzenart (*Cucumis sativus*) gehalten, um Pflanzeneffekte auszuschließen.

Tab. 22: Überblick über die Varianten und die getesteten Beutetiere im Versuch zur Verzehrleistung von *Dicyphus errans* Wolff in Abhängigkeit von der Beutepräferenz.

Nr.	Beutekombination	Größenverhältnis, Länge [mm]
1	<i>Aphis gossypii</i> (Aphididae) - <i>Aulacorthum solani</i> (Aphididae)	1,8 : 2,0
2	<i>Aphis gossypii</i> (Aphididae) - <i>Planococcus citri</i> (Pseudococcidae)	1,8 : 2,0
3	<i>Aphis gossypii</i> (Aphididae) - <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Tetranychidae)	1,8 : 0,5
4	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Tetranychidae) - <i>Planococcus citri</i> (Pseudococcidae)	0,5 : 2,0
5	<i>Aulacorthum solani</i> (Aphididae) - <i>Aulacorthum circumflexum</i> (Aphididae)	2,0 : 2,1

Nach 24 Stunden erfolgte die Feststellung ausgesaugter Beutetiere okular und mit oben erwähnter Einstelllupe. Versuchslokus war das in Kapitel 4.4.1.1 (S. 35) beschriebene Lichtregal. Die klimatischen Bedingungen beliefen sich auf $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ relativer Luftfeuchte und eine Photoperiode von 16 Stunden.

Verzehrleistung in Abhängigkeit vom Wasserangebot

Der Einfluss einer zusätzlichen Wasserquelle auf den Beuteverzehr wurde durch Tests in den oben genannten Petrischalen mit 30 Larven von *Myzus persicae* (2 mm Länge), unter Ausschluss von Pflanzenmaterial innerhalb von 24 Stunden ermittelt. Die Variante A nur mit Blattläusen wurde der Variante B mit Blattläusen und einem feuchtem Dentalwatterröllchen (35 mm Länge, 8 mm Durchmesser) mit jeweils 19 Wiederholungen gegenüber

gestellt. In jede Petrischale wurde ein 10 bis 15 Tage altes Weibchen von *D. errans* gesetzt. Die Aufstellung der Versuchsgefäße und die Klimabedingungen entsprechen den im vorhergehenden Abschnitt dargelegten Fakten.

Verzehrleistung in Abhängigkeit von der Temperatur

Je 20 Glasschalen pro Variante von 11 cm Durchmesser und 7 cm Höhe waren mit feuchter Watte und Filterpapier ausgelegt, sowie mit Gaze (Nylonstrumpf, Fa. Esda, Maschenweite ca. 2 µm) abgedeckt. Eine Jungpflanze von *Borago officinalis* im 2-Blatt-Stadium wurde vorsichtig von Substrat befreit und in je ein Versuchsgefäß eingesetzt, wobei das Filterpapier die Wurzeln bedeckte. Anschließend wurden mit einem Feinpinsel 50 parthenogenetische Weibchen von *Aphis gossypii* pro Pflanze aufgesetzt und ein Weibchen von *D. errans* beigefügt. In Variante A fanden die Gefäße in der in den vorhergehenden Kapiteln erwähnten Umwelttestkammer bei $14 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 75 % relativer Luftfeuchte und 16 Stunden Photoperiode Aufstellung. Für Variante B lagen die Testbedingungen bei $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 65 ± 5 % relativer Luftfeuchte und einer Photoperiode von 16 Stunden im Lichtregal. Nach 24 Stunden wurde die Anzahl ausgesaugter und überlebender Aphididae okular mit einer Einschlaglupe ermittelt.

4.4.4.1.2 Ergebnisse

Verzehrleistung in Abhängigkeit von ausgewählten Beute-Wirtspflanzen-Komplexen

Die Bandbreite verwendeter Wirtspflanzen und Beutetiere gestattet eine vergleichende Darstellung der Ergebnisse nach dem Einfluss a) der Beutetiere und b) der Wirtspflanzen. Die Tabelle 23 (S. 98 f.) spiegelt die Verzehrleistung hinsichtlich der Pflanzensaftsaugerarten wider, während die Tabelle 24 (S. 100 f.) einen Einblick in dieselben Daten, aber aus dem Blickwinkel der Einflussnahme der Wirtspflanzen gewährt.

Die Anzahl ausgesaugter Beutetiere innerhalb von 24 Stunden variierte signifikant nach dem Geschlecht, dem Entwicklungsstadium, der Phytophaga-Art und der Wirtspflanze. Weibchen saugten die meisten Beutetiere aus, gefolgt von Männchen, Nymphen (N I) und Larven (L II). Die mittlere feminine Verzehrrate rangierte zwischen 1,4 *Aulacorthum circumflexum* an *Cyclamen persicum* und 37,2 *Echinothrips americanus* an *Cucumis sativus*. Größere Arthropoden, wie die durchschnittlich 2,6 mm lange Blattlaus *Macrosiphum euphoribae*, wurden in geringerem Umfang erbeutet als kleinere (*Myzus persicae*, *Trialeurodes vaporariorum*, *E. americanus*). Auf einer Pflanzenart wurden verschiedene Phytophaga in unterschiedlichem Umfang konsumiert.

Tab. 23: Mittlere Anzahl und Standardabweichung der von *Dicyphus errans* Wolff innerhalb von 24 Stunden ausgesaugten Beutetiere nach dem Aspekt des Beutetiereinflusses geordnet, n = 5;
(signifikante Unterschiede bei p < 0,05 zeigen unterschiedliche Buchstaben auf einer Zeile)

Petunia x hybrida

<i>D. errans</i> [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]				
	<i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i>	<i>Aulacorthum</i> <i>solani</i>	<i>Aulacorthum</i> <i>circumflexum</i>	<i>Myzus</i> <i>persicae</i>	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>
Larve	3,2 ± 1,3 a	6,2 ± 1,3 b	5,6 ± 1,7 c	4,4 ± 1,8 d	7,4 ± 2,6 e
Nymphe	3,2 ± 1,1 a	5,6 ± 1,1 b	6,8 ± 1,5 c	12,4 ± 4,2 d	7,2 ± 3,0 c
Männchen	4,8 ± 0,8 a	8,2 ± 3,1 b	12,2 ± 5,9 c	13,6 ± 4,2 d	4,8 ± 4,6 a
Weibchen	6,0 ± 1,4 a	14,8 ± 5,9 b	15,0 ± 3,2 b	18,4 ± 7,5 c	13,4 ± 6,5 d

***Lactuca sativa* 'Attraktion'**

<i>D. errans</i> [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]	
	<i>Myzus</i> <i>persicae</i>	<i>Aulacorthum</i> <i>solani</i>
Larve	6,0 ± 2,0 a	4,0 ± 0,7 b
Nymphe	5,2 ± 1,6 a	4,2 ± 1,3 b
Männchen	10,6 ± 2,5 a	4,0 ± 1,0 b
Weibchen	11,0 ± 3,3 a	6,6 ± 2,7 b

***Cucumis sativus* 'Rawa'**

<i>D. errans</i> [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]		
	<i>Aphis</i> <i>gossypii</i>	<i>Aulacorthum</i> <i>solani</i>	<i>Echinothrips</i> <i>americanus</i>
Larve	6,0 ± 2,7 a	12,0 ± 4,7 b	22,4 ± 4,3 c
Nymphe	8,4 ± 1,7 a	13,2 ± 3,7 b	20,6 ± 8,8 c
Männchen	10,8 ± 3,3 a	18,2 ± 5,4 b	19,6 ± 5,1 c
Weibchen	14,0 ± 2,8 a	28,8 ± 4,1 b	37,2 ± 5,1 c

***Cyclamen persicum* 'Sierra White'**

<i>D. errans</i> [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]	
	<i>Aphis</i> <i>gossypii</i>	<i>Aulacorthum</i> <i>circumflexum</i>
Larve	5,4 ± 0,5 a	1,2 ± 2,7 b
Nymphe	6,2 ± 1,8 a	1,4 ± 1,7 b
Männchen	6,4 ± 1,3 a	1,8 ± 2,0 b
Weibchen	8,4 ± 2,4 a	1,4 ± 1,3 b

Gerbera jamsonii* x *hybrida

<i>D. errans</i> [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]	
	<i>Aphis</i> <i>gossypii</i>	<i>Aulacorthum</i> <i>solani</i>
Larve	4,8 ± 1,1 a	5,6 ± 1,5 b
Nymphe	7,8 ± 1,9 a	6,4 ± 0,9 b
Männchen	11,8 ± 1,1 a	4,0 ± 1,7 b
Weibchen	14,0 ± 8,6 a	9,0 ± 2,5 b

Tab. 23: Fortsetzung

Begonia semperflorens

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]
<i>D. errans</i> [1 St.]	<i>Aphis gossypii</i>	
Larve	3,4 ± 1,1	
Nymphe	4,8 ± 0,8	
Männchen	3,0 ± 1,2	
Weibchen	6,2 ± 2,4	

Capsicum annuum 'Yolo Wonder'

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]			
<i>D. errans</i> [1 St.]	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aulacorthum solani</i>	<i>Echinothrips americanus</i>	
Larve	0,6 ± 0,9 a	9,8 ± 2,6 b	6,2 ± 1,9 c	10,4 ± 2,4 b	
Nymphe	1,2 ± 0,4 a	8,4 ± 0,9 b	5,8 ± 1,9 c	10,8 ± 3,8 d	
Männchen	1,2 ± 0,8 a	5,8 ± 1,3 b	12,6 ± 4,8 c	10,4 ± 2,1 d	
Weibchen	4,4 ± 1,5 a	13,4 ± 1,1 b	8,0 ± 2,3 c	19,6 ± 1,5 d	

Fuchsia x hybrida 'Winston Churchill'

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]
<i>D. errans</i> [1 St.]	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Aulacorthum solani</i>
Larve	3,4 ± 1,3 a	3,8 ± 0,8 a
Nymphe	4,4 ± 1,5 a	3,8 ± 1,3 b
Männchen	2,8 ± 0,8 a	3,8 ± 0,8 b
Weibchen	6,0 ± 1,0 a	4,8 ± 0,8 b

Saintpaulia ionantha

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.]
<i>D. errans</i> [1 St.]	<i>Planococcus citri</i>	
Larve	5,4 ± 1,3	
Nymphe	9,0 ± 1,4	
Männchen	9,2 ± 2,2	
Weibchen	19,8 ± 2,8	

Den Einfluss der Wirtspflanzen auf die Verzehrleistung von *D. errans* verdeutlicht die Tabelle 24 (S. 100 f.). Eine Pflanzensaftsaugerart wurde auf verschiedenen Wirtspflanzen unterschiedlich effizient erbeutet. Auf *Cucumis sativus* wurde im Vergleich zu den anderen Pflanzen generell eine größere Beutetieranzahl konsumiert. Bis zum Sechsfachen der an *Fuchsia x hybrida* ausgesaugten *Aulacorthum solani* wurde an *C. sativus* dezimiert. Den signifikant geringsten Verzehr leistete *D. errans* auf *Cyclamen persicum*, *F. x hybrida* und *Lactuca sativa*.

Tab. 24: Mittlere Anzahl und Standardabweichung der von *Dicyphus errans* Wolff innerhalb von 24 Stunden ausgesaugten Beutetiere nach dem Aspekt des Wirtspflanzeneinflusses geordnet, n = 5;
(signifikante Unterschiede bei p < 0,05 zeigen unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile)

Macrosiphum euphorbiae

D. errans [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze	
	Petunia x hybrida	Capsicum annuum
Larve	3,2 ± 1,3 a	0,6 ± 0,9 b
Nymphe	3,2 ± 1,1 a	1,2 ± 0,4 b
Männchen	4,8 ± 0,8 a	1,2 ± 0,8 b
Weibchen	6,0 ± 1,4 a	4,4 ± 1,5 b

Aulacorthum solani

D. errans [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze					
	Petunia x hybrida	Lactuca sativa	Cucumis sativus	Gerbera jamesonii	Capsicum annuum	Fuchsia x hybrida
Larve	6,2 ± 1,3 a	4,0 ± 0,7 bf	12,0 ± 4,7 c	5,6 ± 1,5 d	6,2 ± 1,9 e	3,8 ± 0,8 f
Nymphe	5,7 ± 1,1 a	4,2 ± 1,3 b	13,2 ± 3,7 c	6,4 ± 0,9 d	5,8 ± 1,9 e	3,8 ± 1,3 f
Männchen	8,2 ± 3,1 a	4,0 ± 1,0 b	18,2 ± 5,4 c	4,0 ± 1,7 b	12,6 ± 4,8 d	3,8 ± 0,8 e
Weibchen	14,8 ± 5,9 a	6,6 ± 2,7 b	28,8 ± 4,1 c	9,0 ± 2,5 d	8,0 ± 2,3 e	4,8 ± 0,8 f

Aulacorthum circumflexum

D. errans [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze	
	Petunia x hybrida	Cyclamen persicum
Larve	5,6 ± 1,7 a	1,2 ± 2,7 b
Nymphe	6,8 ± 1,5 a	1,4 ± 1,7 b
Männchen	12,2 ± 5,9 a	1,8 ± 2,0 b
Weibchen	15,0 ± 3,2 a	1,4 ± 1,3 b

Aphis gossypii

D. errans [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze				
	Cucumis sativus	Cyclamen persicum	Gerbera jamsonii	Begonia semperflorens	Fuchsia x hybrida
Larve	6,0 ± 2,7 a	5,4 ± 0,5 a	4,8 ± 1,1 b	3,4 ± 1,1 c	3,4 ± 1,3 c
Nymphe	8,4 ± 1,7 a	6,2 ± 1,8 b	7,8 ± 1,9 c	4,8 ± 0,8 d	4,4 ± 1,5 e
Männchen	10,8 ± 3,3 a	6,4 ± 1,3 b	11,8 ± 1,1 c	3,0 ± 1,2 d	2,8 ± 0,8 d
Weibchen	14,0 ± 2,8 a	8,4 ± 2,4 b	14,0 ± 8,6 a	6,2 ± 2,4 c	6,0 ± 1,0 c

Myzus persicae

D. errans [1 St.]	mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze		
	Lactuca sativa	Capsicum annuum	Petunia x hybrida
Larve	6,0 ± 2,0 a	9,8 ± 2,6 b	4,4 ± 1,8 c
Nymphe	5,2 ± 1,6 a	8,4 ± 0,9 b	12,4 ± 4,2 c
Männchen	10,6 ± 2,5 a	5,8 ± 1,3 b	13,6 ± 4,2 c
Weibchen	1,0 ± 3,3 a	13,4 ± 1,1 b	18,4 ± 7,5 c

Tab. 24: Fortsetzung

Trialeurodes vaporariorum

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze
D. errans [1 St.]	Petunia x hybrida	
Larve	7,4 ± 2,6	
Nymphe	7,2 ± 3,0	
Männchen	4,8 ± 4,6	
Weibchen	13,4 ± 6,5	

Echinothrips americanus

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze
D. errans [1 St.]	Cucumis sativus	Capsicum annuum
Larve	22,4 ± 4,3 a	10,4 ± 2,4 b
Nymphe	20,6 ± 8,8 a	10,8 ± 3,8 b
Männchen	19,6 ± 5,1 a	10,4 ± 2,1 b
Weibchen	37,2 ± 5,1 a	19,6 ± 1,5 b

Planococcus citri

		mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St.] an Wirtspflanze
D. errans [1 St.]	Saintpaulia ionantha	
Larve	5,4 ± 1,3	
Nymphe	9,0 ± 1,4	
Männchen	9,2 ± 2,2	
Weibchen	19,8 ± 2,8	

Beispielgebend verdeutlicht die Abbildung 48 den Trend zu einer größeren Anzahl ausgesaugter *A. solani* auf behaarten im Vergleich zu unbehaarten Pflanzen.

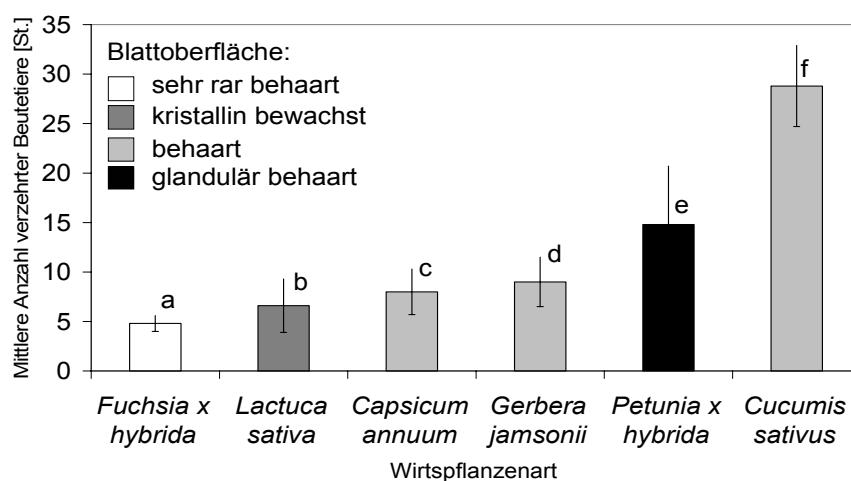


Abb. 48: Mittlere Anzahl der durch *Dicyphus errans* Wolff (Weibchen) innerhalb von 24 Stunden ausgesaugten Larven von *Aulacorthum solani* Kb. auf verschiedenen Wirtspflanzen;
(verschiedene Buchstaben deuten auf signifikante Unterschiede bei $p < 0,05$ zwischen den Säulen, Balken zeigen Standardabweichungen).

Die Beutekonsumation auf behaarten Pflanzen erscheint besonders erfolgreich. Unter Berücksichtigung der pflanzlichen Oberflächencharakteristika (vgl. Kap. 4.4.3.2, S. 70 ff.) zeigen sich Beziehungen zwischen Länge, Durchmesser, Dichte der Trichome und der absolvierten Verzehrleistung. Die Anzahl erbeuteter *Aphis gossypii* korreliert positiv mit dem Haardurchmesser ($R^2 = 0,81$), der Haarlänge ($R^2 = 0,85$) und der Haardichte ($R^2 = 0,45$). Die auf den Pflanzenoberflächen generierte Zugkraft lässt einen Zusammenhang ($R^2 = 0,56$) mit der Prädationsrate erkennen.

Verzehrleistung in Abhängigkeit von der Beutepräferenz

Bei einem synchronen Angebot zweier Beutetierarten in einer Petrischale zeigte *D. errans* signifikante Unterschiede in der Verzehr率 (Tab. 25). Eine Beutekomponente wurde stets bevorzugt.

Tab. 25: Mittlere Verzehrleistung (\pm Standardabweichung) der Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff innerhalb von 24 Stunden im Mini-Split-Arenatest, n = 20; (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede in einer Variante/Nr. bei $p < 0,05$)

Nr.	Beutekombination	Mittlere Anzahl ausgesaugter Beutetiere [St./24 h]
1	<i>Aphis gossypii</i> (Aphididae)	8,0 ± 8,0 a
	<i>Aulacorthum solani</i> (Aphididae)	1,9 ± 1,6 a
2	<i>Aphis gossypii</i> (Aphididae)	6,1 ± 2,4 a
	<i>Planococcus citri</i> (Pseudococcidae)	2,3 ± 1,1 b
3	<i>Aphis gossypii</i> (Aphididae)	12,4 ± 13,3 a
	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Tetranychidae)	3,6 ± 4,9 a
4	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Tetranychidae)	11,6 ± 9,8 a
	<i>Planococcus citri</i> (Pseudococcidae)	3,3 ± 3,4 b
5	<i>Aulacorthum solani</i> (Aphididae)	17,1 ± 14,3 a
	<i>Aulacorthum circumflexum</i> (Aphididae)	4,6 ± 5,0 b

Kleinere Beutetiere verzehrte *D. errans* in den Varianten 2, 4, 5 in signifikant 2,6- bis 3,7fach höherer Anzahl als größere. Eine Ausnahme besteht bei der Beutekombination *A. gossypii*-*T. cinnabarinus*, wobei von der letztgenannten Tetranychidae trotz ihrer 3,6fach geringeren Körperlänge lediglich 3,6 Individuen erbeutet wurden im Vergleich zu 12,4 Exemplaren der Aphididae *A. gossypii*. Somit wurden Blattläuse in den Wahltests bevorzugt. Ein kombiniertes Angebot von *T. cinnabarinus* und *P. citri* führte zu einem stärkeren Verzehr der kleineren Tetranychidae.

Verzehrleistung in Abhängigkeit vom Wasserangebot

Unter Verfügbarkeit einer zusätzlichen Wasserquelle saugte *D. errans* über 50 % mehr Beutetiere aus als ohne (Abb. 49).

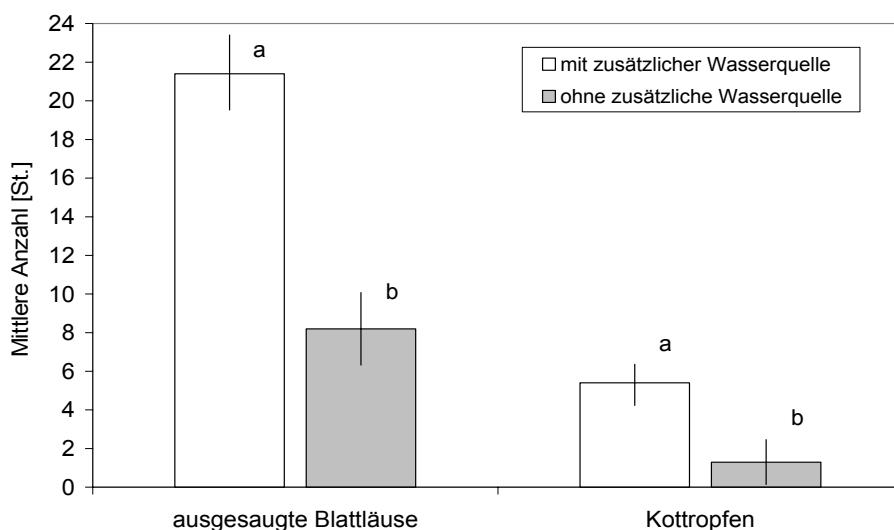


Abb. 49: Mittlere Anzahl ausgesaugter Larven von *Myzus persicae* Sulzer je Weibchen von *Dicyphus errans* Wolff in Abhängigkeit einer zusätzlich verfügbaren Wasserquelle, n = 20;
(unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede bei p < 0,05, Balken deuten Standardabweichungen an)

Die Anzahl abgegebener Kottropfen variierte signifikant zwischen 5,4 mit zusätzlicher Wasserquelle und 1,3 ohne ein solche. Die Durchmesser der Kottropfen besaßen nahezu einheitliche Abmaße zwischen beiden Varianten ($1,0 \pm 0,2$ mm mit Wasserquelle versus $0,8 \pm 0,2$ mm ohne Wasserquelle).

Verzehrleistung in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Anzahl ausgesaugter Beutetiere unterscheidet sich signifikant in Abhängigkeit von der eingestellten Temperatur (Tab. 26).

Tab. 26: Mittlere Anzahl und Standardabweichung überlebender und erbeuteter parthenogenetischer Weibchen von *Aphis gossypii* im Test zur Verzehrleistung von *Dicyphus errans* Wolff abhängig von der Temperatur bei 16:8 h Licht/Dunkel, n = 20;
(unterschiedliche kleine Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte, große Buchstaben innerhalb einer Zeile, p < 0,05)

Variante	überlebende <i>Aphis gossypii</i>	ausgesaugte <i>Aphis gossypii</i>
14 °C, 75 % F _R	$15,3 \pm 3,5$ aA	$28,8 \pm 3,5$ aA
23 °C, 60 % F _R	$2,9 \pm 2,0$ bB	$45,9 \pm 52,7$ bB

Bei einer 9 °C höheren Temperatur wurden um den Faktor 1,6 mehr Blattläuse erbeutet und 21 % weniger Beutetiere überlebten.

4.4.4.1.3 Diskussion

Die Ergebnisse spiegeln die Vielfalt und Komplexität der Einflussfaktoren auf die Nahrungsaufnahme von *D. errans* wider. Wirtspflanzen, Beutetierart und -angebot, Klima und Wasserverfügbarkeit nehmen nachweislich Einfluss auf die Prädation durch die Weichwanze.

Verzehrleistung in Abhängigkeit von ausgewählten Beute-Wirtspflanzen-Komplexen

Die Kulturschädlinge aller 22 angebotenen Wirtspflanzen-Herbivoren-Komplexe wurden von *D. errans* verzehrt. Diese Tatsache belegt das außerordentlich breite Beutespektrum der Weichwanze. Die in den durchgeföhrten Experimenten erzielte Prädationsleistung ist beachtenswert und spricht für *D. errans* als natürlichen Gegenspieler von Phytophaga. Sie liegt jedoch insbesondere bei den Aphididae unter den für verwandte Arten zitierten Fakten. Beispielhaft sei der tägliche Verzehr von *Aphis gossypii* durch *D. errans* (Weibchen: 14,0 St.; Männchen: 10,8 St.; Nymphen: 8,4 St.; Larven: 6,0 St.) verwandten Arten gegenübergestellt: *Dicyphus tamaninii* Wagner mit 43,6 St. an *Cucumis sativus* (ALBAJES ET AL. 1996), *D. tamaninii* Weibchen mit 33,6 St. „jungen“ und 42,3 St. „alten“ Blattläusen, Männchen 34,3 St. „jungen“ und 41,1 St. „alten“ Blattläusen an *Cucumis sativus* bei 25 °C, 60 % F_R , 16 h Photoperiode (SALEH & SENGONCA 2000), *Dicyphus hyalipennis* Burm. Nymphen mit 41,2 St. und Adulte mit 31,8 St. (CEGLARSKA 1999) sowie *Deraecoris nebu-losus* Uhler mit 4 bis 7 St. bei 27,2 °C, 60 % F_R , 14 h Photoperiode (SNODGRASS 1991).

Allerdings erlauben die heterogenen Literaturangaben keine unmittelbaren Vergleiche mit den Daten von *D. errans*. Hierfür bedarf es umfassender vergleichender Tests unterschiedlicher Wanzenarten bei simultanen Bedingungen (Wirtspflanzenart, Versuchsklima, Raumangebot). Den Literaturangaben zufolge fanden die Experimente mit den verwandten Arten unter differenten Klimakonditionen statt. Die dabei höheren Temperaturen könnten deren weitaus besseren Saugerfolge erklären (vgl. Experiment zur Verzehr率 von *D. errans* in Abhängigkeit von der Temperatur, S. 103 f.).

Die zunehmende Verzehr率 mit dem Älterwerden der Wanzen und die höhere Saugleistung der Weibchen im Vergleich zu derjenigen der Männchen stehen in Einklang mit verfügbaren Literaturangaben verwandter Arten (CASTINEIRAS 1995, GLEN 1973, VIGGIANI 1971).

Unterschiedliche Verzehrraten in Abhängigkeit von der Beutetierart können unter anderem auf deren Körpergröße zurückzuführen sein. Kleinere Phytophaga wurden im Allgemeinen in größerer Anzahl erbeutet als größere. Analoge Beobachtungen beschreiben SENGONCA ET AL. (2002 b) für *Dicyphus tamaninii* und begründen diesen Effekt mit den längeren Handhabungszeiten bei größeren Beutetieren. Die durchschnittliche Dauer der Erbeutung eines Individuums steigt durch komplizierter zu handhabende widerstandsfähigerere Beute an. Dadurch verringert sich die Anzahl insgesamt ausgesaugter Organismen (BEGON ET AL. 1991). Die Handhabungszeit der Beute gilt zudem als ein bedeutender Faktor bei der funktionellen Reaktion (HOLLING 1966 und HASSEL 1978 zitiert in COHEN 1998), zu welcher *D. errans* befähigt ist (VOIGT 2002).

Darüber hinaus erweisen sich sicherlich die Qualität und Nährstoffkonzentration der Beute von maßgebender Bedeutung. TILLMANN & RUBERSON (2002) halten für *Geocoris punctipes* Say (Geocoridae) die Art, Größe und Qualität der Beute als ausschlaggebend für Beutefrequentierung und Pflanzensaftaufnahme. Experimente von TOFT & WISE (1999) mit *Schizocosa sp.* (Araneae, Lycosidae) belegen erhebliche Qualitätsunterschiede (Gehalt an Energie, Nährstoffen, Toxinen und Deterrentien) bei verschiedenen Beutetieren. Studien von REINHOLD (1975) zufolge variiert die Beuteeignung in Abhängigkeit von der besaugten Pflanzenart, deren sekundären Inhaltsstoffen und „Schmackhaftigkeit“. Zu ebensolchen Ergebnissen führten die Verzehrtests mit *D. errans*, wobei die Anzahl ausgesaugter Herbivora je nach Wirtspflanze schwankt. Pflanzen, Beute und Wanze interagieren offensichtlich in tritrophischen Komplexen. Wirtspflanzeeffekte auf die Räuberfitness über Nährstoffwert der herbivoren Beute sind beispielsweise für ein Pflanze-Blattlaus-Marienkäfer-System bekannt. GILES ET AL. (2002) beschreiben für *Aulacorthum pisum* an *Medicago sativa* L. quantitative Unterschiede im Nahrungswert der auf verschiedenen Wirtspflanzen vermehrten Blattläuse bezüglich deren Fettsäuren und Nährstofflevel (Kalorien). YASUDA (1997) deutet Chlorophyll in der Beute als wichtiges Signal der Beutelokalisierung von Räubern.

Neben der indirekten Wirkung über die Inhaltstoffe der Phytophaga, üben die Pflanzen direkte Einflüsse auf die natürlichen Gegenspieler aus. Deutlich werden diese nicht zu verachtenden Effekte anhand der festgestellten positiven Zusammenhänge zwischen der durch *D. errans* erbeuteten Nahrung und der pflanzlichen Oberflächenparameter Trichomlänge, -dichte und –durchmesser sowie der auf den Oberflächen von den Wanzen generierbare Zugkraft, einhergehend mit den Resultaten zur Assoziation von *D. errans* mit behaarten Pflanzen in Kapitel 4.4.3.2 (S. 70 ff.). Möglicherweise optimiert ein kräftigeres Haften bzw. Festhalten auf den Pflanzen die Handhabung von Beutetieren und damit gleichzeitig die Prädation.

Wissenschaftliche Parallelen dahingehend erweisen sich als rar. COLL (1998) und EVANS (1976) erwähnen, dass Räuberpräferenzen für das Suchen und das Leben an bestimmte Pflanzenstrukturen gebunden sind. In analoger Weise dokumentiert GESSE-SOLÉ (1992) ein unterschiedliches Verhalten (Ruhe, Lokomotion, Tasten, Saugen, Putzen) von *D. tamanii* auf verschiedenen Pflanzen (Tomate, Bohne, Gurke, Paprika). Die Untersuchungen mit *D. errans* deuten auf eine herausragende Relevanz der direkten, durch die Pflanzenstruktur bedingten Wechselwirkungen im Prädationsgeschehen omnivorer Miridae hin. Diese Erkenntnis ist bei künftigen Studien unbedingt zu berücksichtigen! Die eingehende Aufklärung und Beurteilung der entsprechenden Einflussgrößen sowie der stattfindenden dynamischen Prozesse in den tritrophischen Komplexen kann zu realitätsnahen Simulationen der Aktivität von *D. errans* und verwandten Arten bei der natürlichen Regulation von Herbivora beitragen.

Bei der Interpretation der Verzehrleistung von *D. errans* ist zu berücksichtigen, dass sich die Testorganismen zwar an intakten Pflanzen, aber in einer No-Choice-Situation in abgegrenzten Versuchsgefäßen befanden. EUBANKS & DENNO (2000) stimmen überein, dass Experimente bei Generalisten mit nur einer Beuteart irreführen. Unter natürlichen Bedingungen könnten sich die Wanzen anders verhalten. Unter diesem Gesichtspunkt lassen z. B. die Untersuchungen zur Beutepräferenz Hinweise auf das Verhalten von *D. errans* unter dem Angebot eines tierischen Nahrungsmix' erkennen.

Verzehrleistung in Abhängigkeit von der Beutepräferenz

Obwohl Räuber für weitgehend generalistisch gehalten werden, zeigen doch viele einen hohen Spezialisierungsgrad für Beute und Habitatnutzung (TAUBER & TAUBER 1987 sowie NEW 1991 zitiert in COLL 1996). Nach CARAYON (1961) besteht bei den Miridae eine Tendenz zur Beutepräferenz. Diese konnte in den Untersuchungen mit *D. errans* unabhängig vom pflanzlichen Einfluss bestätigt werden. Aphididae werden augenscheinlich anderer Nahrung vorgezogen, was auch COSTANZI & PINI (1991), PETACCHI & ROSSI (1991), SCHEWKET BEY (1930), SCHRAMEYER (2000) und VOIGT (2002) erwähnen. FOGLAR ET AL. (1990) führen dieses Verhalten ebenso für *Macrolophus melanotoma* an. Für generalistische Vertreter anderer Insektenordnungen, wie z. B. die Coccinellidae *Hippodamia convergens* Guer.-Men, existieren ähnliche Studienergebnisse (SCHADE & SENGONCA 1998).

Die Präferenztests bestärken außerdem die schon erwähnte Vermutung der effizienteren Überwältigung kleinerer, leichter handhabbarer Beutetiere.

Verzehrleistung in Abhängigkeit vom Wasserangebot

Die Ergebnisse zeigen, dass Wasser als limitierender Faktor bei der Aufnahme tierischer Nahrung gilt. Die Anzahl ausgesaugter Beutetiere ist größer bei zusätzlich zur Verfügung stehenden Wasserquellen, welche unter realen Bedingungen die Pflanzen bieten. EGGERMANN & BONGERS (1971) beobachteten bei der Lygaeidae *Oncopeltus fasciatus* Pallas sehr ähnliche Effekte. Demnach sind bei dieser Wanzenart die Speichelbildung und die Nahrungsaufnahme nur mit ausreichend Wasser möglich. Die Saugaktivität hängt dabei von der Turgeszenz des Pflanzengewebes ab.

Nahe liegend erscheint, dass Wasser dem Ausgleich der osmotischen Balance von *D. errans* dienen könnte, welches durch das Aussaugen von Beutetieren und der damit verbunden Aufnahme von Nährstoffen und Salzen aus dem Gleichgewicht geraten kann. Zudem lässt die reichlichere Anzahl abgegebener Kottropfen auf eine erfolgreichere Verdauung der Beute unter genügend Wasserverfügbarkeit schließen. Hinweise darauf geben SINIA ET AL. (2004), wonach Beuteverzehr bei *Dicyphus hesperus* zu Wasserstress führt. Diese Verluste müssen ausgeglichen werden, weil die extra-orale Verdauung der Wanze auf einer Wasseranreicherung beruht. Die Autoren setzen die Pflanzensaftaufnahme mit dem Wassererwerb gleich. GILLESPIE & MCGREGOR (2000) schreiben dem Pflanzensaftaufnahme eine multifunktionelle Rolle der Nährstoff- und Wasseraufnahme zu. Laut COHEN (2000 a, b) muss Wasser während des gesamten Saugprozesses als Basis für die Verdauungsenzyme recycelt werden, weil diese in wiederholten Intervallen in die Beute injiziert werden. Für TILLMANN & RUBERSON (2002) gilt die Pflanzensaftaufnahme bei *Geocoris punctipes* Say (Lygaeidae) somit als normaler Bestandteil der Ernährung. Die Anthocoridae *Orius insidiosus* Say bezieht über Pflanzen Feuchte und Nährstoffe bei Beutemangel (ARMER ET AL. 1998). Nabidae profitieren von Pflanzen als Feuchte- und Nahrungsquelle (STONER 1972). Das Überleben der Rhopalidae *Leptocoris trivittatus* Say während der Winterzeit beeinflusst Wasser als meist limitierender Faktor (BROWN & NORRIS 2003).

COHEN (1982) legt die Wechselwirkungen der Nahrungsaufnahme in Abhängigkeit einer regelmäßigen Wasser- bzw. Feuchtigkeitsaufnahme dar. Demnach verliert der Wanzenkörper 25 % bis 30 % des Totalkörpergewichts an Wasser durch Transpiration und Defäktion, insbesondere im Bereich kritischer thermischer Maxima.

Für spezifische stichhaltige Theorien bedarf es der Fortführung der initialisierten Studien inclusive qualitativer und quantitativer Konsumptionsanalysen und wechselnder Situationen, welche die Bedeutung der Wasserverfügbarkeit für *D. errans* untermauern und erklären.

Verzehrleistung in Abhängigkeit von der Temperatur

Die ermittelte größere Verzehrrate unter wärmeren Konditionen entspricht einem höheren Stoffumsatz im Sinne der von van't Hoff formulierten RGT-Regel. Demnach steigt die Geschwindigkeit chemischer Prozesse bei einer Erhöhung der Temperatur um 10 °C auf das Zwei- bis Dreifache an (SCHAEFER & TISCHLER 1983). Eine Temperaturerhöhung um 9 °C bewirkte bei *D. errans* einen Anstieg konsumierter Beutetiere um den Faktor 1,6. Die bei der Nahrungsaufnahme der Weichwanzen aktivierte Prozesse können folglich als temperaturabhängig betrachtet werden. Studien von SALEH (2002) mit *D. tamaninii* und der Beute *A. gossypii* resultierten in einer höheren Verzehrleistung der Wanze bei 18 °C und 30 °C im Vergleich zu 25 °C.

Eine feinere Temperaturabstufung in künftigen Studien kann Aufschluss über mögliche „Dosis-Wirkungs-Prinzipien“ und differenzierte Reaktionsbereiche geben.

Die Uberwaltung und der Verzehr von Beutetieren von *D. errans* bedingt in summa ein umfassender Faktorenkomplex. Ökologische Antriebe bestehen mutmaßlich in der Erhaltung der Fitness und der damit verbundenen positiven Energiebilanz. Dem tatsächlichen Nahrungserwerb geht offensichtlich eine Kausalkette von Interaktionen und Reaktionen voraus, die es künftig stärker zu ergründen gilt.

Offene Fragen bestehen beispielsweise in der konkreten Eignung von Beutetieren, welche anhand der erfolgreichen Fortpflanzung und Entwicklung eines Räubers mit einer Beute zu definieren ist (HODEK 1967, 1973; KALUSHKOV & HODEK 2004). Hierbei sind unbedingt vollständige Pflanzen-Beute-Komplexe einzubeziehen, da diesbezüglich unterschiedliche Reaktionen der multisensiblen *D. errans* zu erwarten sind. Im Falle von *P. pendula* x *hybrida* gelang den Wanzen im Experiment mit Eiern von *Sitotroga cerealella* keine Entwicklung. Weibchen und erste Larvenstadien starben. Doch in den 24stundigen Verzehrtests konsumierten die Ruber an dieser Pflanzenart im Vergleich zu den anderen Wirtspflanzen reichlich Beutetiere ohne kurzfristig zu beobachtende Beeintrichtigungen. Ein zusätzlicher Effekt auf die Effizienz der Nahrungsaufnahme kann in der circadianen Rhythmik und der Chronobiologie der Insekten begründet liegen. VANLAERHOVEN ET AL. (2003) berichten in dieser Hinsicht, dass die verwandte Art *D. hesperus* nachts mehr Zeit mit der Beutesuche und -berwaltung verbringt als tagsüber. Eine besonders erfolgreiche Prädation erfolgt bei einem Lichtregime zwischen 8- und 16stundiger Photoperiode. Die mit *D. errans* durchgeführten Untersuchungen bestätigen der Weichwanze eine bemerkenswerte, breitenwirksame Verzehrleistung und damit die positive Wirkung bei der biologisch-ökologischen Regulation Pflanzensaft saugender Arthropoden. In Anbetracht der Bionomie der omnivoren Miridae, ordnet sich das Insekt als ein Kompartiment in komplexe Nahrungsnetze ein.

Zur praktischen Abschätzung des räuberischen Potenzials, der Bedeutung und Möglichkeiten der Ausnutzung der positiven Eigenschaften von *D. errans* in realen Kulturpflanzenbeständen können aufbauend auf die vorliegenden Daten Semifreiland- und Praxisversuche angelegt werden.

4.4.4.2 Bemerkungen zur Omnivorie

Die Natur omnivorer Lebewesen besteht in der Fähigkeit, sich die Vorteile pflanzlicher und tierischer Kost für den eigenen Energiegewinn zunutze zu machen. Belege hierfür sind z. B. die Enzymaktivitäten der Organismen. Dahingehende Indikatoren für partiell zoophag lebende Wanzen zeugen von deren biochemischen Reaktionsvermögen (AGUSTÍ & COHEN 2000, COHEN 1989, 1990, 1993; COLL & GUERSHON 2002; EUBANKS & DENNO 1999; EUBANKS ET AL. 2003; SINGER & BERNAYS 2002; ZUH ET AL. 2003). Für *D. errans* lagen in diesem Zusammenhang bislang keine Informationen vor. Wie verhält sich die biochemische Response dieser Bryocorinae? Vergleichende Literaturrecherchen zu verwandten Arten und die Erprobung von Enzymessays ließen Vermutungen und Forschungsansätze entstehen.

In Anlehnung an die Methoden von BOYD ET AL. (2002), BOYD (2003) und ZUH ET AL. (2003) wurden für Speicheldrüsen- und Mitteldarmgewebeproben von *D. errans* Enzymessays für α -Amylase, α -Glucosidase, Trypsin und Chymotrypsin arrangiert (vgl. Anlage 4). Die biochemischen Analysen fanden in Zusammenarbeit mit Professor Karl-Heinz van Pee im Institut für Biochemie der TU Dresden statt. Hinweise zu unterschiedlichen Aktivitäten pflanzen- und tierverdauender Enzyme im Speicheldrüsenkomplex und Mitteldarmtrakt von *D. errans* wurden dadurch aufgedeckt. Aber es bestehen keine eindeutigen repräsentativen Belege, so dass an dieser Stelle auf eine ausführliche Darlegung verzichtet wird.

Laut Cohen (1995) handelt es sich bei den Verdauungsenzymen der Heteroptera ausschließlich um Hydrolasen. Deren Aufgabe besteht darin, Makromoleküle in einfache Bestandteile auflösen, die im Verlauf der extra-oralen Verdauung absorbiert und zirkuliert werden können. Zu den für Heteroptera nachgewiesenen Hydrolasen gehören Proteinasen in Form von Endopeptidasen (Trypsinartige Enzyme, Chymotrypsinartige Enzyme, Pepsine, Cathepsine, Thiol-Proteinase), Lipasen (Triacylglycerol Lipase, Phospholipase), Amylase, (Des-)Ribonuclease, Hyaluronidase. Die reiche Ausstattung an Verdauungskatalysatoren ermöglicht einen relativ großen Umsatz tierischer und pflanzlicher Kost. COHEN (1989) ermittelte für *Geocoris punctipes* Say einen Verzehr von Aphididae bis zum 25- und 50fachen des eigenen Körpergewichts innerhalb von 6 Stunden mit einer durch-

schnittlichen Verdauungseffizienz 86 %. Bemerkenswert erscheint die flexible Produktion der unterschiedlichen Enzyme in Abhängigkeit vom Nahrungsangebot. Extrakte von *Lygus hesperus* Knight variierten in Studien von CELORIO-MANCERA ET AL. (2002) in Abhängigkeit von der Nahrung, woraus die Autoren eine scheinbare Fähigkeit zum Anpassen der Produktion von Speichelenzymen ableiten. ZENG & COHEN (2001) stellten für dieselbe Art eine Steigerung der Elastaseproduktion bei einer verstärkten Fütterung mit tierischer Nahrung fest. Außerdem war die Elastaseaktivität im Verdauungstrakt höher als in Speicheldrüsen. Die Adaptierung der Enzymproduktion kann demnach als ein Schlüssel zur Fitness eines breit angepassten Omnivoren interpretiert werden.

Der Einfluss verschiedener pflanzlicher Wirtssubstrate auf das Speichelproteinprofil von Heteroptera wirkt sich offensichtlich nicht so stark wie derjenige tierischer Nahrungsquellen aus. Im Gegensatz zu Homoptera ändern räuberische Wanzen ihre Enzymproduktion nicht in Abhängigkeit unterschiedlicher Wirtspflanzen (HABIBI ET AL. 2002).

BOYD ET AL. (2002) und BOYD (2003) definierten anhand durchgeföhrter Enzymessays für *Deraecoris nigritulus* Uhler und *Deraecoris nebulosus* Uhler trypsin-, chymotrypsin-, und elastaseähnliche Enzyme, Pektinase, Amylase sowie Glucosidase, worin die Autoren eine hauptsächliche Anpassung an Zoophagie deuten und einen gewissen Grad an Phytophagie. ZUH ET AL. (2003) wiesen für die Miridae *Lygus lineolaris* unter Anwendung von PCR eindeutig Proteasen und Proteine als existenzielle Notwendigkeit für Wachstum und Entwicklung nach.

Trotz der Feststellung von COLL & GUERSHON (2002), dass Enzymprofile als keine eindeutigen Hilfsmittel zum Beschreiben des Nahrungsspektrums dienen können, bieten Essays zur Bestimmung der Aktivität unterschiedlicher Enzyme für *D. errans* eine geeignete Möglichkeit, die Fähigkeit zur Verdauung tierischer Nahrung aufzuzeigen. Das räuberische Potenzial könnte somit untermauert werden.

Untersuchungen des komplexen Verdauungsmechanismus' bei Omnivoren mit deren extra-oralen Nahrungsaufnahme durch den Einsatz spezifischer Biokatalysatoren, deren Synthese sowie wiederholten Intervallen der Nahrungsaufnahme und Exkretion im 2- bis 3-Stunden-Rhythmus (HABIBI ET AL. 2002) helfen unter anderem, das Verzehrverhalten der Weichwanzen zu verstehen und abzuschätzen.

4.5 Videodokumentation zur Lebensweise und zum Verhalten von *Dicyphus errans* WOLFF

In Zusammenarbeit mit Professor Urs Wyss (Entofilm, Institut für Phytopathologie, Christian-Albrechts-Universität Kiel) entstanden professionelle Makrovideoaufnahmen. Der Lebenszyklus (Oviposition, Eclosion, Juvenilentwicklung, Prä- und Posthäutungsphasen, Kopulation), das Verhalten, insbesondere die Nahrungsaufnahme und die Fortbewegung auf den Pflanzen sind filmisch dokumentiert.

4.5.1 Material und Methoden

Im Vorfeld der Videoaufnahmen wurden gezielt Beutetiere, Wirtspflanzen und Wanzen vermehrt sowie verschiedene Strategien zur Bereitstellung handhabbarer, filmgerechter Präparate sondiert.

Für die Eiablage wurden frische, gut turgeszente Pflanzenteile (Blätter, Blattstiele) auf speziellen Unterlagen befestigt und anschließend darauf Weibchen gesetzt, die drei bis sieben Tage ohne Pflanze, nur mit feuchter Watte und tierischer Nahrung (*Sitotroga cerealella*) gehalten worden waren.

Die Dokumentation des Schlupfes der Larven aus dem Ei (Eclosion) erforderte terminisierte Eiablagen bis ca. 12 Tage vor Drehtermin. Verwendet wurde einerseits turgeszentes Pflanzenmaterial mit gut ausgeprägter Venation größerem Durchmessers (*Plectranthus ambiguus*, *Lycopersicon esculentum*, *Digitalis purpurea*) in Rundtöpfen (9 cm Durchmesser) und in besonderen Mini-Tuffs (20 x 20 x 30 mm). Andererseits wurde versucht, die Weibchen von *D. errans* zur Eiablage in Wasser und Pflanzenpresssaft getränkte, mit Parafilm umhüllte Dentalwatteröllchen sowie in mit Parafilm abgedecktes 1,3 %iges Agar-Agar-Gel (nach KUMM 1997 und WHITBEY 1999) zu bewegen.

Des Weiteren ermöglichte die Bereitstellung eines synchronen Nebeneinanders von Individuen verschiedenen Alters, die Inszenierung der unterschiedlichen Entwicklungsstadien von *D. errans*.

Für die Kopulation wurden frisch gehäutete Imagines für mindestens sechs Tage geschlechterspezifisch separat gehalten. Beide Geschlechter wurden ca. 12 Stunden vor Drehtermin in ein Gefäß zusammengesetzt sowie kühl und dunkel gestellt (Kühlschrank, 4 °C). Kurzzeitig vor der Videodokumentation wurden die Tiere in Raumtemperatur überführt, woraufhin sie kopulierten.

Das Filmen der Nahrungsaufnahme erfolgte mit „hungrigen“ Tieren. Hierfür wurden zwei Chargen von Versuchstieren bereitgestellt: a) vollständig ohne Nahrungs- und Feuchtigkeitsquelle sowie b) ohne Nahrung, aber mit Feuchtigkeitsquelle (feuchte Watte oder Zellstoff). Folgende Beutetiere wurden separat angeboten: *Aphis gossypii* Glover

(Aphididae) an *Cucumis sativus* L. 'Rawa', *Myzus persicae* Sulz. (Aphididae) an *Capsicum annuum* L. 'Yolo Wonder', *Sitobion avenae* F. (Aphididae) an *Triticum aestivum* L., *Tetranychus urticae* Koch und *Tetranychus cinnabarinus* Boisd. (Tetranychidae) an *Phaseolus vulgaris* L. 'Saxa', *Planococcus citri* Risso und *Pseudococcus longispinus* Targ.-Toz. (Pseudococcidae) an *Solanum tuberosum* L. und *Solanum melongena* L. 'Black Beauty', *Parthenothrips dracenae* Heeger (Thripidae) an *Anthurium scherzerianum* Schott., *Saissetia coffeae* Walker (Coccidae) an *Brexia madagascariensis* Thou. ex Ker-Gawl. und *Coleus* sp. sowie *Heliothrips haemorrhoidalis* Bché. (Thripidae) an *Theobroma cacao* L..

Die technische Ausstattung umfasste das Binokular Olympus SZX12, 7- bis 90fach, die Lichtquelle Highlight Olympus Europe 3100, die Objektive Olympus DF PLFL 1,6 x PF 0,3 x und 0,5 x, die Kamera Panasonic Convertible AW-E 300 E, die Aufzeichnungstechnik Video JVC, Super VHS ET, den Recorder SR-VS 30 sowie Mini-DV-Kassetten Panasonic (AY-DVM63PQ) als Speichermedien.

Alle Filmsequenzen wurden standardisiert protokolliert und mit Standbildern archiviert. Die ausführlichen schriftlichen Dokumentationen befinden sich in Listen, die der elektronischen Urdatendokumentation beigefügt sind, welche im Institut für Waldbau und Forstschutz der Technischen Universität Dresden einzusehen ist.

Für einen Kurzfilm (6 Minuten) wurden geeignete Sequenzen herausgefiltert, ein spezielles Drehbuch verfasst und entsprechende Szenen zusammen geschnitten.

4.5.2 Ergebnisse

Nahezu acht Stunden (7:55 h) Filmmaterial im Mini-DV-Format und 270 Standbilder wurden erstellt. Neben detaillierten Szenarios liefern sie einen wertvollen Beitrag, eine Hilfestellung und Unterstützung für die Interpretation der Beobachtungs- und Versuchsergebnisse der vorhergehenden Kapitel. In Folge der Videoanalysen stehen konkrete Informationen zu Verhaltensmustern, deren Abfolgen und Zeitaufwand zur Verfügung, vor allem für Fortbewegung, Orientierung, Kopulation, Eiablage, Nahrungsaufnahme, Ruhephasen und Putzzeremoniells.

Pflanzenoberflächen und Nahrung werden mit Tarsi- und Rostrums spitzen ertastet (Abb. 50 A-D, S. 113). Schon die jungen Stadien schreiten behende über Trichome (Abb. 50 B), Wachs ausscheidungen von Pseudococcidae (Abb. 50 D) und Spinnfäden der Tetranychidae hinweg. Der Körper wird dabei durch die langen Beine in großem Abstand von der Blattoberfläche gehalten (Abb. 50 A, B). Auf unbehaarten Flächen spreizen sich die Beine stärker auseinander, wodurch sich der Körperabstand von der Pflanzenoberfläche reduziert (Abb. 50 I) und der Tarsus eine größeren Kontakt mit der Oberfläche aufweist.



Abb. 50: Standbilder der Videodokumentation über *Dicyphus errans*, Teil I.

A) ♀ Oberfläche ertastend, **B)** 1. Larvenstadium über Pflanzenhaare schreitend, **C)** Tarsus ein Pflanzenhaar umfassend im Detail, **D)** ♀ auf Wachsfäden von *Planococcus citri* laufend, **E)** ♀ saugt Pflanzensaft an *Capsicum annuum*, **F)** ♀ saugt *Macrosiphum euphorbiae* aus, **G)** ♀ saugt an einer Larve von *P. citri*, **H)** Detail der Rostrumspitze in eine Larve von *Tetranychus urticae* einstechend, **I)** ♀ saugt eine Larve von *Heliothrips haemorrhoidalis*, **J)** zweites Nymphenstadium saugt an einem Puparium von *Trialeurodes vaporariorum*, **K)** drittes Larvenstadium beim Anstechen einer Larve von *Myzus persicae*, **L-M)** Detail der Rostrumspitze, **L)** beim Durchdringen des Kniegelenks einer *Aphis gossypii*-Larve, **M)** einer stark hydrolysierten *Aphis gossypii*-Larve, **N-P)** Regurgitation an einer Larve von *Aphis gossypii* (N ausgesaugt, O aufgepumpt, P ausgesaugt).

Hin und wieder nehmen die Wanzen Pflanzensaft auf (Abb. 50 E, S. 113). Tiefe Einstiche erfolgen dabei selten. Häufig saugen die Tiere nur oberflächlich einem „Staubsauger“ ähnlich pflanzliche Kost.

Lokalisierte Beute wird meist nicht zielstrebig, sondern vielmehr zufällig attackiert. Mitunter fixieren die Weichwanzen sie mit den Vorderbeinen (Abb. 50 G). Dabei ist eine charakteristische Körperhaltung zu beobachten: Einer „Raubkatze“ ähnlich beugen sie den Vorderkörper zum Angriff nach unten vor (Abb. 50 F). Die Opfer werden zuerst überwiegend in den Rücken gestochen (Abb. 50 G-K), in seltenen Ausnahmen, z. B. kleinere Blattlauslarven, auch in die ventrale Seite (Abb. 50 N). Während des Aussaugens eines Beutetieres erfolgen meist mehrere Neuanstiche in andere Körperteile, bevorzugt zwischen Fühler (Abb. 50 F), in Kniegelenke (Abb. 50 L) und Beinsegmente. Regelmäßig zeigen die „Gefangenen“ Abwehrreaktionen. Durch die Absonderung von viskosem Abwehrsekret kann die Rostrumspitze der Wanzen bei Kontakt verklumpen/verkleben und muss dann unter großem Kraftaufwand langwierig gesäubert werden. Insbesondere Blattläuse wehren sich zudem durch aktive, heftige Beinbewegungen.

Ist ein Beutetier überwältigt, wird es meist mindestens zu Dreivierteln ausgesaugt, dabei am Rüssel hin und wieder hochgehoben (Abb. 50 K) oder gedreht, selten zu 100 % entleert, stets aber zum Absterben gebracht. Bemerkenswert ist der wiederholte Reflux von Verdauungsssaft bei tierischer und pflanzlicher Kost, das „Spülen“ mit Regurgitat (Abb. 50 N-P). Flüssigkeit wird im Wechsel in die Beutetiere eingepumpt und wieder ausgesaugt. Die Videodokumentationen spiegeln das Beutespektrum in begrenztem Umfang wider. Es existieren Belege für das Aussaugen von Individuen der Aphididae (Abb. 50 F, K-P), Aleyrodidae (Abb. 50 J), Pseudococcidae (Abb. 50 G), Coccidae, Thripidae (Abb. 50 I) und Tetranychidae (Abb. 50 H).

Das Rostrum zeichnet sich durch eine ausgesprochene Flexibilität und das immense Auslenkungsvermögen des Apex' aus (Abb. 50 F, L, M). Unter starker Vergrößerung konnte ein „Boschhammer“-ähnliches Wippen von Kopf und Rostrum und eine gegenläufige Bewegung der Stechborsten beobachtet werden.

Konkrete Zeitbeispiele für Handlungsabfolgen bei der Nahrungsaufnahme seien im Folgenden dargestellt:

- erstes Nymphenstadium nach dem Aussaugen einer Blattlauslarve *Myzus persicae* (308 Sekunden):
tastende Bewegung (12 Sek.) → Ruhe (35 Sek.) → tastende Bewegung inklusive kurzem Saugen an Pflanzengewebe (43 Sek.) → Einstich in die Blattlaus → Saugen an der Blattlauslarve (180 Sek.) → Pflanzensaft saugend (24 Sek.) → Rüsselpulzen (14 Sek.);

- erstes Nymphenstadium nach dem Aussaugen einer Blattlauslarve *Aphis gossypii* (168 Sekunden):

Tasten (19 Sek.) → Saugen an Blattlauslarve (16 Sek.) → Putzen (71 Sek.; Rüssel-Vorderbeine, Fühler-Vorderbeine usw.) → Ruhe (14 Sek.) → Putzen (26 Sek.; Rüssel-Vorderbeine, Fühler-Vorderbeine) → Tasten (4 Sek.) → Ruhe (18 Sek.);
- erstes Nymphenstadium beim Aussaugen einer Blattlauslarve *Aphis gossypii* (239 Sekunden):

Saugen an Blattlaus (35 Sek.) → Tasten (10 Sek.) → Saugen an Blattlaus (20 Sek.) → Tasten mit Rostrumspitze (25 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (4 Sek.) → Tasten (12 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (25 Sek.) → Tasten (2 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (5 Sek.) → Tasten (4 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (7 Sek.) → Tasten (7 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (5 Sek.) → Tasten (15 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (3 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (7 Sek.) → Tasten (1 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (4 Sek.) → Tasten (4 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (9 Sek.) → Tasten (10 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (2 Sek.) → Tasten (3 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (13 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (3 Sek.) → Tasten (4 Sek.);
- Weibchen Pflanzensaft saugend (40 Sekunden):

Saugen an Blattader (12 Sek.) → Putzen (18 Sek.; Rüssel-Vorderbeine, Vorderbeine-Mittelbeine) → Saugen von Pflanzensaft (10 Sek.);
- Weibchen nach dem Aussaugen einer Blattlauslarve *Aphis gossypii* (65 Sekunden):

Tasten mit der Rostrumspitze (8 Sek.) → Saugen von Pflanzensaft (22 Sek.) → Tasten (13 Sek.) → Saugen an der Blattlaus (22 Sek.);
- Weibchen beim Aussaugen einer Blattlauslarve *Aphis gossypii* (264 Sekunden):

dorsaler Einstich in die Blattlaus und Saugen (74 Sek.) → Blattlaus fällt ab, erneutes Einstechen zwischen Stirnhöcker der Blattlaus, Saugen, mit den Beinen strampelnde Blattlaus hochgehoben (60 Sek.) → Umstechen in das Abdomen der Blattlaus, austretendes Abwehrsekret der Blattlaus polymerisiert (25 Sek.) → Rüssel von Blattlaus ablassend, kreisende Tastbewegung mit Rostrum, erneuter Einstich zwischen Stirnhöcker der Blattlaus und Saugen (10 Sek.) → Umstechen in Kniegelenke und Schenkel der Blattlaus (46 Sek.) → Ablassen von der Blattlaus (9 Sek.) → Einstich dorsal in Blattlaus und Saugen (5 Sek.) → Ablassen von der Blattlaus (6 Sek.) → Einstich in Abdomen der Blattlaus (9 Sek.) → danach: völlig entleerte Blattlaus, nur Exuvie bleibt zurück → Tasten an Blattadern und Blattstängeln (20 Sek.).

Im Anschluss an Beutezüge folgen häufig ausgedehnte Ruhephasen (Abb. 51 A, B, S. 116). Die Wanzen verharren (60 Sekunden und länger). Das Rostrum ist an den Körper geklappt. Hin und wieder kann ein Sekrettropfen an der Rostrumspitze beobachtet werden. Die Fühler sind meist starr nach unten gesenkt. In manchen Fällen bewegen sie sich jedoch ausgiebig in alle Richtungen. Die scheinbare Bewegungslosigkeit der Tiere täuscht. In Großaufnahme pulsiert die Körperflüssigkeit vom Kopf bis hin zum Abdomen. Ruhephasen erscheinen insbesondere vor und nach Häutungen (Abb. 51 C-D, S. 116).



Abb. 51: Standbilder der Videodokumentation über *Dicyphus errans*, Teil II.

A) ♀ in Ruhe, **B)** 1. Nymphenstadium in Ruhe, **C)** 1. Nymphenstadium in Ruhe vor der Häutung, **D)** 2. Nymphenstadium in Ruhe vor der Häutung, **E)** 2. Larvenstadium in Ruhe, **F)** 1. Nymphenstadium sich einen Fühler putzend, **G)** ♀ sich das Rostrum putzend, **H)** ♀ sich den Ovipositor putzend, **I)** erstes Larvenstadium sich den Rüssel putzend, **J)** zweites Larvenstadium sich den Rüssel putzend, **K)** kopulierendes Paar dorsal, **L)** kopulierendes Paar posterolateral, **M)** kopulierendes Paar, Detail, **N)** kopulierendes Paar lateral, **O)** eiablagebereites ♀ eine Blattader nach geeigneter Eiablagestelle abtastend.

Charakteristisch für *D. errans* ist das wiederholte, ausgedehnte, gründliche Putzen aller Körperpartien. Nach dem Aussaugen von Beute werden vor allem die Mundwerkzeuge unter Zuhilfenahme spezieller Putzkämme am Tarsus-Tibia-Gelenk der Vorderbeine gereinigt (Abb. 51 G, I, J, S. 116; vgl. dazu auch Kapitel 4.3, S. 31, Abb. 16 N, O). Das Rostrum wird einerseits durch die erwähnten zusammen gehaltenen Putzvorrichtungen gezogen, andererseits auch damit überstrichen und gerubbelt, stets vom Körper weg zur Spitze. Zwischenzeitlich werden die Vorderbeine und deren Kämme wiederholt gegeneinander gerieben und abgestrichen. Ähnlich wird mit den Antennen verfahren. Jeweils ein Fühler wird vom Fühleransatz ausgehend vom Kopf weg durch die gegeneinander gehaltenen Kämme der Vorderbeine gezogen (Abb. 51 F). Die Beine werden gesäubert, indem sie gegeneinander gerieben werden. Das Abdomen wird mit Hinterbeinen (Tarsen) abgerieben. Dabei stehen die Flügel leicht vom Körper ab. Die Flügel werden mit den Tarsen der Hinterbeine überstrichen.

Der Zeitaufwand, die Rhythmen und Putzabfolgen ähneln sich zwischen allen Stadien (Tab. 27, S. 118 f.). Es sind spezifische Serien zu erkennen:

- Flügel-Hinterbeine;
- Abdomen-Hinterbeine, Tarsus-Tibia-Gelenk;
- Abdomen-Hinterbeine → Hinterbeine-Hinterbeine;
- Mittelbeine-Hinterbeine, Tarsus-Tibia-Gelenk;
- Mittelbeine-Hinterbeine (Tibien gegen Tibien sowie Tarsen gegen Tarsen), dabei Rostrum stets mit in Aktion, tastet Femur und vor allem sämtliche Beingelenke ab (als würde ein Sekret zum Putzen abgesondert);
- Vorderbeine-Mittelbeine, Tarsus-Tibia-Gelenk;
- Rostrum-Vorderbeine → Vorderbeine-Vorderbeine → Fühler-Vorderbeine;
- Fühler-Vorderbeine → Vorderbeine-Vorderbeine;
- Rostrum-Vorderbeine, Tarsus-Tibia-Gelenk (häufigster Putzvorgang);
- Vorderbeine-Mittelbeine → Hinterbeine-Abdomen → Fühler-Vorderbeine → Hinterbeine-Mittelbeine, währenddessen Fühlerbewegungen und
- Rostrumspitze-Ovipositor (Abb. 51 H).

Tab. 27: Beispiele für Aktivitäten von *Dicyphus errans* Wolff und die dafür benötigte Zeitspanne während der durchgeführten Videodokumentationen

Aktivität	Stadium <i>Dicyphus errans</i>	Zeitaufwand [Sekunden], Bsp.
Nahrungsaufnahme		
Aussaugen einer Larve von <i>Planococcus citri</i>	L II	180
	N I	10, 37, 60
	N II	60
	Weibchen	23, 88, 90, 120, 180, 283, 360
Aussaugen einer Larve von <i>Heliothrips hemaerrhoidalis</i>	N I	100, 105, 130
	N II	153
Aussaugen einer Larve von <i>Saissetia coffeae</i>	N I	12
Aussaugen eines Pupariums von <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	N II	49, 195, 240, 283, 360
	Weibchen	20, 555
Aussaugen einer Larve von <i>Myzus persicae</i>	N I	47, 50, 98, 130, 330, 870
	N II	60, 124, 140, 150, 246
Aussaugen einer Larve von <i>Aphis fabae</i>	N I	90
Aussaugen einer Larve von <i>Macrosiphum euphorbiae</i>	Weibchen	65, 270
Aussaugen einer Larve von <i>Aphis gossypii</i>	Weibchen	70, 120, 170, 246, 280, 290, 333, 385
Aussaugen einer geflügelten <i>Aphis gossypii</i>	Weibchen	300
Aufnahme von Pflanzensaft	L I	20
	N I	30, 35, 45
	Weibchen	10, 15, 35, 55, 80, 120
Orientierung		
Tasten mit dem Rüssel	N I	10, 30, 70
	N II	35
	Weibchen	10, 20
Ruhe		
Ruhephasen	L I	3
	L III	8
	N I	6, 12
	N II	5, 33, 35, 45, 55
	Weibchen	5, 10
Putzen		
Rostrum-Vorderbeine	N II	10
	Weibchen	15

Tab. 27: Fortsetzung

Aktivität	Stadium <i>Dicyphus errans</i>	Zeitaufwand [Sekunden], Bsp.
Putzen		
Rostrum-Vorderbeine, Vorderbeine-Vorderbeine, Fühler-Vorderbeine in Serie, Vorderbein-„Kamm“	N I	20, 55
Abdomen-Hinterbeine	N II	180
Fühler-Vorderbeine, Vorderbeine-Vorderbeine, in Serie	N I	10, 90
Vorderbeine-Mittelbeine, Hinterbeine-Abdomen, Fühler- Vorderbeine, Hinterbeine-Mittelbeine, währenddessen Fühlerbewegungen	L II	140
Flügel-Hinterbeine		48, 60
Abdomen-Hinterbeine, Hinterbeine-Hinterbeine	Weibchen	32
Rostrumspitze-Ovipositor		15
Hinterbeine-Mittelbeine		56

Die Kopulation dauerte unter Videobedingungen bis zu 900 Sekunden vom Zusammenhaften bis zur Trennung (mit Eisblock unter der Filmoberfläche). Die Geschlechtspartner hängen in einem Winkel von 70° mit ihren Abdominalenden aneinander (Abb. 51 K-N, S. 116), im Laufe der Zeit in einer nahezu waagerechten End-gegen-End-Stellung. Ein Hinterbein des Weibchens verhakt sich an einem Hinterbein des Männchens. Anfangs läuft das Paar „einem Krebs ähnlich“ im Zick-Zack hin und her. Nach ca. 80 Sekunden schließen sich kleine Ruhephasen an, welche wiederum von kurzem Hin- und Herlaufen unterbrochen werden. Es sind kontinuierliche Pumpbewegungen an den Abdomenenden zu beobachten. Als Beispiel für eine konkrete Handlungsfolge der Kopulation mit insgesamt 119 Sekunden vom Zusammenhaften bis hin zur Trennung sei die folgende beschrieben:

in Bewegung, d. h. Zick-Zack-Laufen, Hin- und Herziehen (80 Sek.) → Ruhe (26 Sek.) → Bewegung (24 Sek.) → Ruhe (30 Sek.) → Bewegung (28 Sek.) → Ruhe (374 Sek.) → Bewegung (124 Sek.) → Ruhe (135 Sek.) → Loslösung der Abdominalenden (6 Sek.); das Weibchen vertreibt im Anschluss das Männchen mit strampelnden Beinbewegungen (15 Sek.).

Der Eiablage geht bzw. folgt eine scheinbare Prä- und Postphase von jeweils 300 Sekunden und länger voraus bzw. hinterher. Verstärkte Tastbewegungen der Weibchen mit Rostrum, Fühlern, Ovipositor, Beinen, inklusive zweifachem Auftippen der Fußspitzen und gründlichen tiefen Probestichen im Pflanzengewebe mit Rostrum deuten auf die Vorbereitung einer Eiablage (Abb. 51 O). Ist eine geeignete Stelle an Blattadern- oder Stängeln lokalisiert, erfolgt das Abklappen des Ovipositors und das Einsenken desselben durch kräftige sägende Bewegung in das Pflanzengewebe (Abb. 52 A-C, S. 120). Das Ei rutscht durch die Legescheide und wird in das Pflanzengewebe eingesenkt. Anschließend

zieht das Weibchen den Legebohrer heraus und klappt ihn wieder an den Körper an. Der Vorgang vom Ausklappen des Legebohrers bis hin zum Rückklappen an den Körper umfasst der Videoanalyse entsprechend 140 Sekunden. Während Beobachtungen ohne Videobedingungen erfolgten gewöhnlich mehrere Eiablagen nacheinander und nebeneinander (vgl. dazu auch VOIGT 2002).

Beim Schlupf aus dem Ei handelt es sich um einen sehr langwierigen, sensiblen Prozess, der nicht vollständig kontinuierlich im Film dokumentiert werden konnte.



Abb. 52: Standbilder der Videodokumentation über *Dicyphus errans*, Teil III.

A-C) ♀ bei der Eiablage, den Ovipositor ausklappend, **D)** Ei im Blattgewebe mit durchscheinendem Auge des Embryos, **E-I)** Schlupf aus dem Ei (**E, F** Ei freigelegt in Agar Agar, **L** Kopf aus der Eischale pressend), **G, H** Ei im Pflanzengewebe, Schlupf fortgeschritten, Extremitäten am Körper angeklappt, **I** Ei freigelegt in Agar Agar, Endphase des Schlupfes, Entfaltung der Extremitäten, **J** drittes Larvenstadium bei der Kotabgabe, **K** frisch gehäutete Imago, **L** Exuvie, **M** Männchen in typischer Thanatose-Haltung.

Die einzelnen Sequenzen und Standbilder zeugen von dem enormen Kraftaufwand und wiederholten Kontraktionen in der gesamten Leibeshöhle, die eine schlüpfende Larve aufbringen muss, um sich aus der Eihülle zu befreien. Der Körper ähnelt vorerst einer Walze, ehe sich die Extremitäten Schritt für Schritt entfalten (Abb. 52 D-I, S. 120). Die Häutung verlangt augenscheinlich einen ähnlich großen Energieaufwand wie der Schlupf aus dem Ei. Hierfür stehen ebenfalls anstelle einer ununterbrochenen Filmdokumentation Standbilder und Einzelszenen zur Verfügung. Im Vorfeld zeigen sich ausgedehnte Ruhephasen, alle Bewegungen verlangsamen sich, schattige Orte werden aufgesucht, Bewegung von Körperflüssigkeit und Kontraktionen des Abdomens sind zu beobachten. Die beiden Cuticulae (Häute) heben sich voneinander ab. Die Außenhaut reißt am Kopf t-förmig auf. Das häutende Insekt befreit sich durch diese Öffnung von der alten Haut. Die Exuvie bleibt zurück (Abb. 52 L). Nach der Häutung halten die noch weichen Tiere Ruhe, härten und färben sich aus (Abb. 52 K).

Selten sind Konkurrenz bzw. Interferenz zu beobachten. Unter Umständen treffen sich zwei Weibchen und ringen kurzzeitig (40 Sek.) miteinander um die räumlichen Ressourcen, wobei jeweils ein Hinterbein in die Höhe gestreckt ist und sich heftig bewegt. Des Weiteren konnten zwei Nymphen beobachtet werden, die sich um Beute rangelten (60 Sek.).

In Not- und Gefahrensituationen und bei Störungen kann *D. errans* in mit überzeugender Mimik Thanatose fallen (Abb. 52 M).

Abbildung 52 J zeigt eine Larve des dritten Entwicklungsstadiums bei der Kotabgabe. Hierzu wird die Abdomenspitze nach unten gekrümmmt und ein Tropfen flüssigen Exkretments ausgeschieden, welcher anschließend eintrocknet. Der Lösungsvorgang ist ein routinemäßiger Akt von wenigen Sekunden Dauer.

4.5.3 Diskussion

„Ein Verständnis des Verhaltens räuberischer Insekten und insbesondere der Spezifität oder Nonspezifität ihrer Wirtsbeziehungen ist sehr notwendig bei jeglicher Bemühung, die Bedeutung eines Prädators als Kontrollagent schädlicher Insekten abzuschätzen“ (THOMPSON 1951). Die Filmaufnahmen boten hervorragende Möglichkeiten, *D. errans* detailliert *in situ*, realitätsnah zu verfolgen und zu studieren. Sie tragen dazu bei, die Biologie und das Verhalten der Wanze zu beschreiben und zu verstehen.

Die Erkundung der Habitate durch vorsichtig tastende Beinbewegungen und Lokalisieren mit der Rostrumspitze („Palpation“ laut STÄDLER 1986) bestätigt die Klassifizierung als Tastwanze nach WOLFRAM (1972). Schreitet *D. errans* mit den charakteristischen langen,

schlanken Beinen und feinen Krallen über die Pflanzenoberfläche, wird der Körper in großem Abstand vom Substrat gehalten. Somit ist es der Wanze möglich, flink über Pflanzenhaare (Trichome) zu stolzieren, ohne durch diese behindert zu werden. Beobachtungen von SOUTHWOOD (1986) hierzu (vgl. Kapitel 2.4.6, S. 17 ff.) können bestätigt werden. Auf glatten Oberflächen scheinen die Tiere ihre Haftpunkte zu vergrößern, indem sie die gesamten Tarsi flach andrücken und den Körper in geringerem Abstand halten.

Für die Nahorientierung spielen nach HESLOP-HARRISON (1986) neben gustatorischen, taktilen Reizen lokale chemische Stimuli als primäre Determinanten des Insektenverhaltens eine Rolle; was die kombinierte Aktivität von Tarsen, Rostrum und Antennen erklären würde. ANDERSON (1962 a, b) schreibt extrinsischen und intrinsischen Faktoren die Beeinflussung der Beutewahl bei Vertretern der verwandten Anthocoridae zu. Ein Mix komplexer Wechselwirkungen besteht.

Ähnlich der Miridae *Lygus hesperus* Knight (CLINE & BACKUS 2002) sind bei *D. errans* wiederkehrende Verhaltensfolgen bzw. -abläufe zu beobachten. Bei *Lygus lineolaris* Pal. verläuft jede spezifische Verhaltensaktivität auf jeder Wirtspflanze relativ stereotypisch während Wirtswahl und Fraßverhalten. BACKUS (1988) und HATFIELD et al. (1983) gebrauchen in diesem Zusammenhang den Begriff „fixed action patterns“ und das in Abbildung 53 (S. 123) dargestellte Reaktionsschema. Diesen Mustern entspricht auch das Verhalten von *D. errans*. Ausgehend von der Orientierung im Flug, wirken nach der Landung auf der Wirtspflanze gustatorische und mechanische Stimuli auf die Rezeptoren der Wanzen ein. Das Nahrungsangebot wird durch diverse kurze Probestiche getestet, wobei die Mandibel aktive Wahrnehmungsfunktion besitzen (COBBEN 1978). Nach dem Auffinden geeigneter Kost, wird das Saugen intensiviert. Anschließend folgen Verdauungspausen. Diese sind für *D. errans* sehr charakteristisch und im Ergebnisteil mit dem Terminus „Ruhe(phasen)“ beschrieben. Während des Verharrens sind bei entsprechender Vergrößerung und Belichtung Flüssigkeitsbewegungen und Kontraktionen in der Körperhöhle zu beobachten, die auf Nahrungsverarbeitung im Verdauungstrakt hindeuten. FRITSCHE (1958) sowie DIXON & RUSSEL zitiert in Lauenstein (1976) beschreiben für die Art *Anthocoris nemorum* L. ebenfalls eine Sättigungspause („post-feeding-pause“), während der die Wanze „ruht“, verdaut und Enzyme bildet. Der von COHEN (1995) dargestellte zyklische Prozess der extraoralen Verdauung mit drei Phasen erklärt die Ruhepausen während des Aussaugens von Beutetieren wie folgt:

1. Injektion von Giften oder Verdauungsenzymen,
2. Pause oder mechanische Aktion und
3. Aufnahme des verflüssigten Materials.

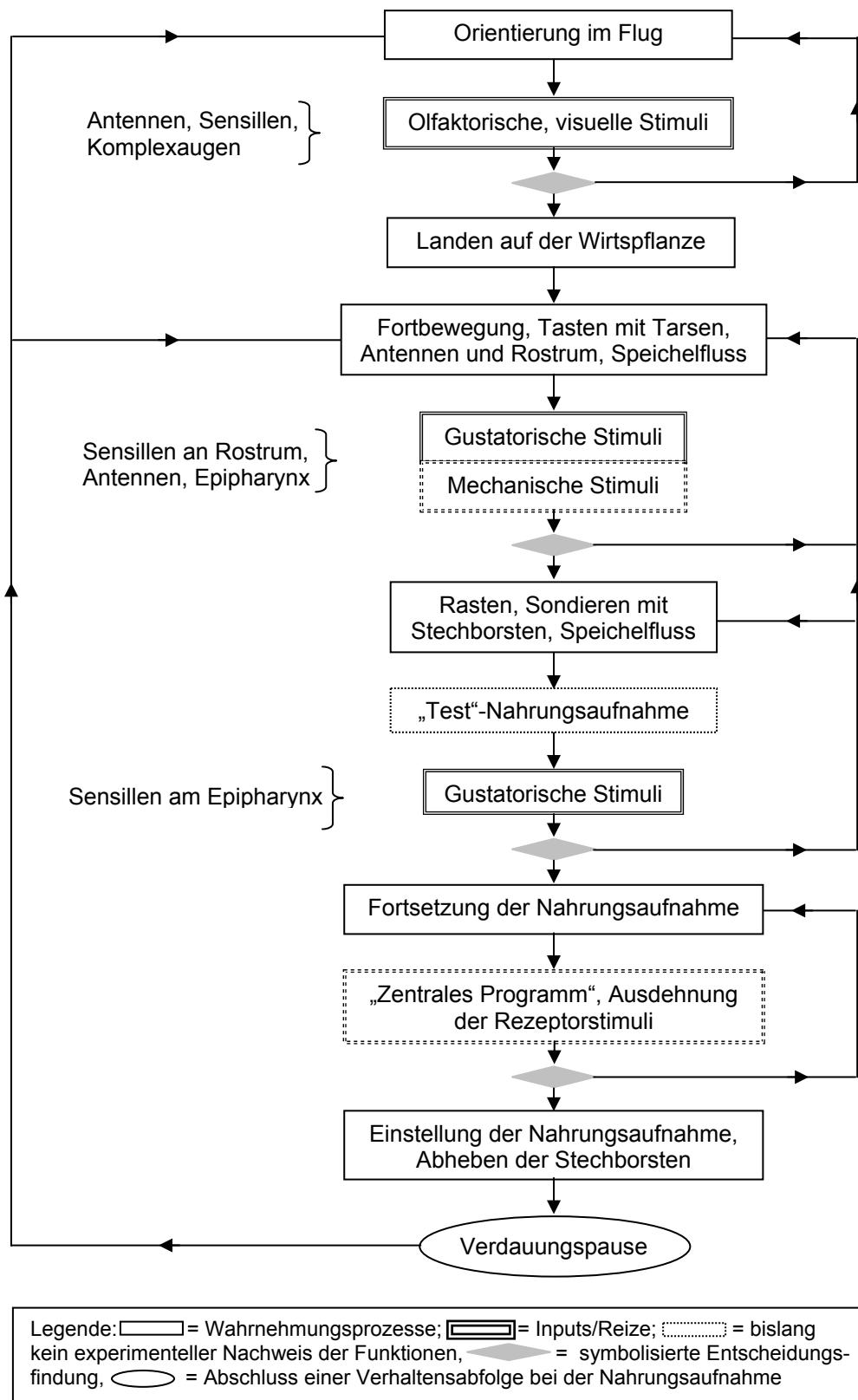


Abb. 53: Modellschema zur Nahrungsauswahl der Miridae (nach HATFIELD et al. 1983).

Der Zeitaufwand für einzelne Handlungen von *D. errans* variiert fallweise und erlaubt keine Ermittlung plausibler Durchschnittswerte. Ein Trend besteht im verstärkten

Zeitverbrauch von 10 bis 555 Sekunden beim Aussaugen von Beutetieren (vgl. Tab. 27, S. 118 f.) im Gegensatz zu anderen Aktivitäten. Pflanzensaftaufnahme erfolgt stets nur flüchtig, maximal für 120 Sekunden bei Weibchen. Sie testen Pflanzengewebe mit sorgfältigen Probestichen vor der Eiablage. Für detaillierte Angaben und statistische Vergleiche wiederholter und spezifischer Verhaltensweisen und der dafür benötigten Zeit bedarf es zukünftig kontinuierlicher Langzeitbeobachtungen und Erhebungen über Stunden und Tage.

Beutetiere werden gezielt in weiche Körperstellen attackiert. Dieses Verhalten weisen andere Prädatoren ebenfalls auf (WYSS 2004). NAULT ET AL. (1973) beobachteten bei 23 Sichelwanzen der Art *Nabis americoferus* Carayon (Nabidae) 115 Attacken auf die Blattlaus *Acyrtosiphon pisum* Harris (Aphididae): vier von 18 am Kopf, weitere vier am Thorax und 10 von 15 am Abdomen. Hierbei gaben 48,7 % der Blattläuse ein Abwehrsekret ab. Die Opfer von *D. errans* wehren sich meist vehement mit Abwehrsekret und heftigen Bewegungen der Extremitäten, denen die Wanze zumeist durch den weiten Körperabstand von der Beute aufgrund des langen Rostrums widerstehen kann. Ein Beutetier wird häufig erneut an anderen Stellen angestochen und oft nur zum Teil entleert, jedoch auf jeden Fall getötet. Während der Nahrungsaufnahme regurgitiert *D. errans*. COHEN (1995) ordnet solche Wanzenarten unter die so genannten Refluxer, welche wiederholt Verdauungsenzyme in die und aus der Beute ein- und auspumpen. In der partiellen Konsumption und variierenden Saugdauer sieht der Autor eine Optimierung der Verdauungs- und Handhabungszeit räuberischer Wanzen. Seine Studien belegen eine heterogene Extraktion von Nährstoffen aus der Beute während des Verzehrprozesses. Der Anteil während des ersten Drittels des Nahrungszyklus' extrahierter Nährstoffe unterscheidet sich vom Anteil später extrahierter Nährstoffe. Entsprechend der Enzymkatalyse werden Proteine und Glycogene generell früh extrahiert, während Lipide spät erworben werden.

COBBEN (1978) sowie SCHUH & SLATER (1995) bestätigen die außerordentliche Flexibilität und das enorme Auslenkungsvermögen des Rostrums und des Stechborstenbündels in alle Richtungen während des Sauggeschehens innerhalb der Beute. Die an einen „Boschhammer“ erinnernden Operationen der Stechborsten lassen auf eine aktive Zerstörung, ein Zerraspeln von Beutegewebe mit den Stechborstenspitzen schließen, wie sie typisch für so genannte „Zerstören-Spülen-Sauger“ bzw. „Fest-zu-Flüssig-Sauger“ (lacerate-macerate-flush-feeders bzw. solid-to-liquid-feeding) ist (COHEN 2000 b, Hori 2000, SCHUH & SLATER 1995). COBBEN (1978) beobachtete: „Die Stechborsten bohren sich in das Gewebe durch kurze schnelle Stiche ein und krümmen sich in jegliche Richtung, wie zurück biegend oder einen rechten Winkel formend.“

Das ausgiebige Putzen aller Körperpartien, welches häufig während der Drehs zu beobachten war, kann als essenzielles Verhalten bewertet werden. Nur damit ist es *D. errans* möglich, langfristig in seinen Habitaten mit klebrig behaarten Pflanzen zu überleben und auf Abwehrreaktionen der Beutetiere (z. B. polymerisierende Abwehrsekrete) zu reagieren. HILLERT ET AL. (2002), TER HORST (2000) und WYSS (2004) erwähnen häufige und langwierige Reinigungsaktionen für *Macrolophus pygmaeus*. Putzverhalten scheint geläufig und weit verbreitet im Insektenreich. BASIBUYUK & QUICKE (1999), beispielsweise, klassifizierten Hymenoptera anhand ihrer spezifischen Putzabfolgen und –vorrichtungen. Neben der Beschreibung etablierter Putzserien postulierten sie die Hauptoperationen

- Antenna scraping (Antennenkratzen);
- Body grooming (Körperpflege);
- Wing scraping (Flügelkratzen);
- Leg/Appendage grooming (Bein- und Appendixpflege) sowie
- Complex grooming (Komplexpflege).

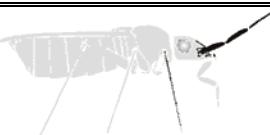
Diese Handlungen können auf *D. errans* übertragen werden (Tab. 28, S. 126). Wie im Ergebnisteil (Kapitel 4.5.2, S. 117) herausgestellt, existieren mindestens zehn typische separate Putzgepflogenheiten. In Kombination wiederum können sie ausgedehnte Serien und Zeremoniells ergeben oder auch in die Phasen der Nahrungsaufnahme integriert sein. WHEELER (2001) bemerkt für Miridae ebenfalls eine häufige Unterbrechung des Saugens durch Säuberungsaktionen des Rüssels und der Fühler mit den kamm-artigen Strukturen am Tarsus-Tibia-Gelenk der Vorderbeine.

Die Videodokumentationen zu Kopulation, Eiablage, Schlupf aus dem Ei, Häutung, Kotabgabe und Thanatose bekräftigen und untermalen die bisherigen Beobachtungen und Rechercheergebnisse. Ebenso wie GROOT ET AL. (1978) für andere Miridae bemerken, konnten vor und nach der Kopulation bei den Männchen von *D. errans* Vibratoren am Hinterleib wahrgenommen werden. Unter den verwendeten Methoden zur Filmtiervorbereitung sind die Terminisierung der Kopulation und des Schlupfes der ersten Larven aus dem Ei hervorzuheben. Die im Methodenteil beschriebenen Vorgehensweisen erwiesen sich als sehr zuverlässig und empfehlenswert. Weibchen legten zwangsweise Eier in 1,3 %iges Agar-Agar-Gel, jedoch nicht in Dentalwatteröllchen. Die Eiablagedokumentation mit Jungpflanzen in Mini-Tuffs ist zu bevorzugen.

Allein die Bereitstellung geeigneter Bedingungen für Schlupf und Häutung (Schatten und Feuchte) der Individuen bereitete Probleme, so dass diese beiden Parameter vorerst lediglich mit Standbildern festgehalten werden konnten. Die Filmaufnahmen zur Nahrungsaufnahme gelangen besonders mit Wanzen, die vorab 24 Stunden ohne Nahrung, aber mit Wasserangebot bzw. Pflanzen(teilen) gehalten wurden. Vollständig hungrige

Tiere ohne Nahrung und ohne Wasser waren geschwächt und zeigten vor der Kamera kaum Reaktionen.

Tab. 28: Strategien im Putzverhalten von *Dicyphus errans* in Anlehnung an die Klassifikation von BASIBUYUK & QUICKE (1999); beteiligte Körperteile in den Skizzen geschwärzt

Hauptputzoperationen nach BASIBUYUK & QUICKE (1999)	Skizze	Betroffene Körperteile
antenna scraping (Antennenkratzen)		Vorderbeine - Antennen
body grooming (Körperpflege)		Hinterbeine - Abdomen
wing scraping (Flügelkratzen)		Hinterbeine - Flügel
leg/appendage grooming (Bein- und Appendixpflege)		Vorderbein - Vorderbein
		Vorderbein - Mittelbein
		Mittelbein - Hinterbein
		Hinterbein - Hinterbein
		Vorderbein - Rostrum
		Rostrumspitze - Ovipositor
complex grooming (Komplexpflege)	Kombinationen der oben erwähnten Putzvarianten	

Die bislang erfolgreiche Videodokumentation über *D. errans* spricht für eine Fortsetzung der Arbeiten, um die einzelnen Etappen des Lebenszyklus zu komplettieren und insgesamt detailgetreu nachzustellen. Ein umfangreicher Nachweis von Handlungsserien und sich wiederholenden Szenen kann zur Abschätzung und Interpretation der Kontinuität und der Zyklen diverser Verhaltensmuster beitragen. Die Fortbewegung auf den Pflanzen stellt dabei, aufgrund der kleinen Dimensionen, eine besondere Herausforderung dar.

5 Zusammenfassung

Die heimische Wanzenart *Dicyphus errans* zählt zu den omnivoren, zoo-phytophagen Vertretern der Heteroptera, Familie Miridae, Unterfamilie Bryocorinae, Tribus Dicyphini.

Eine hohe Abundanz der Miridae an der tropischen Liane *Cissus njegerre* Gilg (Vitaceae) in Koexistenz mit zahlreichen ausgesaugten Pseudococcidae veranlasste zu Untersuchungen der Wanzenart im Botanischen Garten der Technischen Universität Dresden (2000 bis 2002). Die dabei gewonnenen Ergebnisse (VOIGT 2002) vermittelten einen Einblick in die bis dato kaum erfasste Lebensweise von *D. errans* und inspirierten zu umfangreichen fortführenden Forschungsarbeiten mit diesem Insekt. Die Wanzenart besetzt ein sehr weites Spektrum von Wirtspflanzen (insgesamt 210 nachgewiesene Arten aus 43 Familien).

Der feingliedrige Körperbau der unscheinbaren Wanze lässt im Detail funktions- und ökomorphologische Besonderheiten erkennen. Die relativ langen, sehr dünnen Beine und charakteristischen Klauen ermöglichen die Lokomotion auf glandulär behaarten Pflanzen. Die enge Assoziation von *D. errans* mit pubeszenten Pflanzenoberflächen äußert sich zudem in den bionomischen, ökologischen und biomechanischen Befunden.

Fekundität und Ontogenese verlaufen unterschiedlich in Abhängigkeit der verfügbaren Wirtspflanzen und mit besonderem Erfolg auf behaarten Pflanzen (z. B. *Digitalis purpurea*, *Solanum melongena*, *Calendula officinale*, *Lycopersicon esculentum*). Die Anzahl abgelegter Eier wird außerdem vom vorhandenen Luftraum beeinflusst. Je kleiner dieser ist, desto mehr Eier werden tendenziell abgelegt. Daneben bewirken die Klimafaktoren Temperatur und relative Luftfeuchte prägnante Änderungen im Verlauf von Eiablage und Entwicklung. Luftfeuchtigkeit scheint als Schlüsselfaktor zu fungieren, da z. B. suboptimale Temperaturen bei höherem Luftfeuchtigkeitsangebot besser von *D. errans* ertragen wurden. Generell ist die Wanze fähig, sich unter einer relativ breiten Klimaamplitude erfolgreich zu entwickeln. Sie verfügt somit über eine weite ökologische Valenz und ein Anpassungsvermögen an diverse Klimakonditionen. Den Untersuchungen zufolge ist das Entwicklungsoptimum im Temperaturbereich zwischen 18 °C und 25 °C zu vermuten. Insbesondere bei einer Unterschreitung der spezifischen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsansprüche, in Verbindung mit einer eingeschränkten Photoperiode, können die Imagines von *D. errans* konsekutiv in eine Oligopause verfallen, die ungünstigen Konditionen überstehen und bei Verbesserung der Umstände kurzfristig erneut aktiv werden.

Aufenthalt und Fortbewegung der Weichwanze gestalten sich in komplexen Mustern, Vorgängen und Abfolgen. Die Tiere orientieren sich offensichtlich aktiv im Raum anhand kombinierter visueller, olfaktorischer und taktiler Sinneswahrnehmung. Die Orientierungsphasen beanspruchten in den durchgeführten Studien stets einen ausgedehnten Zeitrahmen.

Neben biochemischen Interaktionen zwischen *D. errans* und den Pflanzen spielen biomechanische Wechselwirkungen eine bedeutende Rolle. Ein breites Screening verschiedener Pflanzenoberflächen in Form eines Inversionstests sowie Experimente zur Kraftgeneration auf synthetischen Oberflächen unterschiedlicher Rauigkeit und diversen Blattflächen bestätigen die Adaptation der Weichwanze an behaarte Pflanzen. Der spezifische Körperbau der Weichwanze und die ermittelten positiven Zusammenhänge zwischen der von *D. errans* erzeugten Zugkraft und Trichomlänge und –durchmesser sprechen z. B. für eine Coevolution der Wanzenart mit behaarten Pflanzen. Im Nachgang waren ebenso Korrelationen zwischen der Fekundität und der Anzahl verzehrter Beutetiere mit Trichomlänge und –durchmesser nachweisbar.

Die heimische omnivore Miridae *D. errans* ernährt sich zum Teil räuberisch von einer Bandbreite phytophager Arthropoden. Der erfolgreiche Verzehr von neun Beutetierarten aus fünf Familien wurde quantitativ nachgewiesen. Aphididae konsumiert *D. errans* besonders effizient. Die Wasser-(Pflanzensaft-)Aufnahme gilt als limitierender Faktor beim Beuteverzehr. Ohne zusätzlichen Feuchtigkeitserwerb verringert sich die Anzahl ausgesaugter Beutetiere beträchtlich. Der Aspekt der Omnivorie wurde im Ansatz beleuchtet. Der optimale Nährstoff- und Energiegewinn für eine dauerhafte Fitness steht im Mittelpunkt der raffinierten Nahrungserwerbs- und Verdauungstechnik.

Die inszenierten Videodokumentationen untermauern einerseits die vorab aufgeführten Ergebnisse und ergänzen die Arbeit andererseits um wertvolle Beobachtungen und Erkenntnisse zu *D. errans*. So gelang es beispielsweise, das Aufspüren, das Überwältigen und das Aussaugen von Beute sowie die dafür benötigten Zeitspannen filmisch festzuhalten. Weitere Verhaltensmuster und –abfolgen, einschließlich der Kopulation und Oviposition sowie insbesondere das Putzverhalten wurden mit ihrem Zeitbedarf dokumentiert. Die Videostudien dienen dem Verständnis der Weichenwanze gleichermaßen wie der anschaulichen wissenschaftlichen Präsentation. Sie runden den breit gefächerten Forschungskomplex „*D. errans*“ ab und führen die vielfältigen Erkenntnisse auf einer Ebene zusammen.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Forschungsarbeit liefert einen umfassenden monografischen Beitrag zur Morphologie, Bionomie und Ökologie der Miridae *Dicyphus errans*. Funktions- und ökonomorphologische Eigenheiten, Kopulation, Oviposition, Fekundität, Ontogenese, Häutung, Fortbewegung, Nahrungssuche, -aufnahme, -umsatz, Kotabsonderung, Putzverhalten, jahreszeitliche Aktivität, Dormanz, Orientierungsvermögen, biomechanische Interaktionen mit pflanzlichen Substraten wurden in qualitativer und quantitativer Hinsicht studiert. Die Bandbreite der gewonnenen Erkenntnisse erlaubt einen grundlegenden Einblick in das Leben der Weichwanze sowie eine Einschätzung von *D. errans* als natürlicher Gegenspieler herbivorer Arthropoda in naturnahen Habitaten und Kulturpflanzenbeständen. Das Auftreten und die zahlreichen Nachweise auf Agrarflächen der ursprünglich an feuchte Wälder gebundenen Spezies lassen *D. errans* als einen anpassungsfähigen „Kulturfolger“ erscheinen.

Hervorzuhebende Charakteristika und Vorteile der Art *D. errans* bestehen in ihrem paläarktischen Areal, ihrem weit ausgedehnten Wirtspflanzen- und Beutetierspektrum, ihrer relativ breiten ökologischen Valenz bezüglich der klimatischen Gegebenheiten, ihrer morphologischen und physiologischen Adaptation an behaarte Pflanzen sowie der damit verbundenen Fähigkeit zur Erschließung von anderen Prädatoren gemiedener Nischen. Auf diese spezifischen Eigenschaften sollte hinsichtlich der Integration von *D. errans* in Programmen der biologischen Regulierung von Phytophaga besonderer Wert gelegt werden.

Omnivore, wie *D. errans*, können in der biologischen Bekämpfung von Pflanzensaftsaugern neue Wege und Methoden erschließen. Verglichen mit herkömmlichen spezialisierten Räubern werden generalistische Gemischtköstler eine geringere Prädationsleistung erbringen, sich aber längerfristig in Pflanzenbeständen etablieren und frühzeitig gegen heranwachsende Herbivorenpopulationen agieren. Die Dormanz von *D. errans* in Form einer konsekutiven Oligopause gestattet den Wanzen unter günstigen Bedingungen kurzfristig aktiv zu werden, während andere Räuber und Parasitoide häufig in echter Diapause verharren. In dieser Hinsicht ist es von großem Erfolg und Nutzen, Förder- und Ansiedlungsmaßnahmen für *D. errans* zu ergreifen. Die Manipulation der Vegetation im Umfeld von Kulturpflanzenbeständen im Rahmen kluger Kulturmanagementstrategien kann sich positiv auf die Etablierung natürlicher Feinde auswirken (z. B. Blühstreifen, Wildkrautecken). Innerhalb der Kulturen selbst erweisen sich eingestreute Depotpflanzen (z. B. *Digitalis purpurea*) als Trittsteine für *D. errans* sehr hilfreich. Soweit es die kulturhygienischen Rahmenbedingungen erlauben, besteht ein äußerst vorteilhafter konservierender Effekt in der Aufbewahrung von Streu, Ausputz- und Schnittgut in den

oder in der Nähe der Kulturbestände bis zum Abtrocknen des Pflanzenmaterials (auch während der Wintermonate). Daran befindliche Individuen räuberischer Arthropoden können somit abwandern und sich auf den vitalen Pflanzen verteilen.

Omnivorie bietet ökologische Flexibilität auf multiplen trophischen Niveau sowie Bereicherungseffekte in 3-Level-Nahrungsketten. Omnivore, Opportunisten, Generalisten oder Polyphage besitzen demnach keinen Triumph als „Einzelkämpfer“. Sie wirken vielmehr als ein „Mosaikstein“ mit vernetzendem Effekt in einer Gemeinschaftspersistenz in Antagonistenkomplexen. Omnivore tragen aktiv zu Stabilität, zur Diversität, zu Wechselwirkungen und Dynamik sowie zur Dämpfung der Oszillationen zwischen Konsumenten und Ressourcen in Ökosystemen bei. Es existieren keine homogenen Umwelten in der Natur. Meistens sind Gradienten von Bedingungen und verfügbaren Ressourcen (räumlich-zeitlich bedingte, rhythmische, gerichtete oder erratische) vorhanden. Die Existenz eines bestimmten Organismus diversifiziert ein Habitat für andere Organismen. Demzufolge gilt die trophische Adaptation partiell zoophag lebender Wanzen als enormer Erfolg in räuberischen Nischen. Den Untersuchungsergebnissen zufolge ist eine Gewöhnung an wechselnde Umweltbedingungen bei *D. errans* stets mit einer gewissen Gewöhnungsphase verbunden. Diese sollte in künftigen Betrachtungen einkalkuliert werden.

Die kontinuierliche Vermehrung und Haltung von *D. errans* unter relativ konstanten kontrollierten Langtag-Bedingungen in luftigen, gazebespannten Zuchtkästen mit geeigneten vitalen Pflanzen und einem reichhaltigen vielseitigen Nahrungsangebot ist realisierbar (vgl. 4.2, S. 21 ff.). Vor allem die Wirtspflanzen *Digitalis purpurea* und *Solanum melongena* ermöglichen einen hervorragenden Populationszuwachs und eine bequeme Handhabung (Anzucht, Auf-/Einstellen, lange Standzeit).

Freisetzungen müssen unter Berücksichtigung der biologisch-ökologischen Ansprüche von *D. errans* erfolgen! Die ermittelten Untersuchungsergebnisse definieren für die Wanze einen optimalen Valenzbereich zwischen 18 °C und 25 °C. Grundvoraussetzungen für die uneingeschränkte Fitness des Insekts sind 1.) eine ausreichend hohe relative Luftfeuchtigkeit (nie unterhalb 60 %), 2.) das Vorhandensein ergänzender Wasserquellen (Pflanzengewebe) neben nahrhafter Beutetiere und 3.) die Gegenwart mehr oder weniger stark behaarter Pflanzenoberflächen. Als zentrale Punkte im Leben von *D. errans* verdienen die Pflanzenhabitale vorrangige Aufmerksamkeit. Für ein synergistisches Zusammenspiel im Sinne einer erfolgreichen Phytophaga-Einschränkung müssen die Wirtspflanzen mit den Bedürfnissen der Wanzen harmonieren.

Zu beachten ist zudem die Sensitivität der Heteroptera gegenüber Pflanzenschutzmitteln. Der praktische Umgang mit *D. errans* in Kulturpflanzenbeständen bedarf im Anschluss an die vorliegende Arbeit und die damit geschaffenen grundlegenden biologisch-

ökologischen Rahmenbedingungen intensiverer großflächiger Versuchsaufbauten und Erhebungen unter pflanzenbaulichen Aspekten. Die Entwicklung professioneller Empfehlungen zur Einführung von *D. errans* als natürlicher Gegenspieler im Pflanzenschutzmanagement sollte naturgemäß im Kontext mit vielschichtigen Antagonistenkomplexen stehen. Diesbezüglich bleiben z. B. noch mögliche Intraguild-Effekte abzuklären.

Dem Wirtspflanzenspektrum zufolge finden sich Aktionsbereiche von *D. errans* im Zierpflanzen-, Gemüse-, Obst-, Heil- und Gewürzpflanzen-, sowie Ackerbau. Heimische Pflanzen werden in gleichem Maße akzeptiert wie z. B. tropische. Die horizontale und vertikale Dispersion in Pflanzenbeständen sowie die ausgesprochene Polyphagie forcieren die Etablierung von *D. errans* in Multispezies-Pflanzenbeständen gegenüber Monokulturen.

Die in der vorliegenden Arbeit erworbenen Kenntnisse vermitteln einen Einblick in die hochkomplexe Lebensweise von *D. errans* und bieten gleichzeitig ebenso nützliche Ansatzpunkte für die weiterführende Grundlagenforschung über diese Miridae.

Detaillierte funktions- und ökomorphologische Studien sowie analytische Morphometrie können näheren Aufschluss über Form, Struktur, Funktion und Interaktionen (z. B. mit Pflanzen) geben.

Bei bionomischen Untersuchungen sollte der pflanzliche Einfluss in jeder Hinsicht beachtet werden. Von großem Wert erwiesen sich z. B. gründliche Analysen zur Wechselwirkung der Stängel- und Blattadernanatomie verschiedener Pflanzenarten und der Eiablagestrategien von *D. errans*. Die biologischen Parameter der Weichwanze vervollständigend, sollte die kumulative Eiablage während der gesamten Lebensdauer der Weibchen detailliert erhoben werden. Ein Datenzugewinn über die Fekundität und Ontogenese in Abhängigkeit verschiedener Beutearten trägt maßgeblich zur Bewertung von *D. errans* als natürlicher Gegenspieler von Phytophaga bei.

Die vollkommene Aufklärung der Dormanz verlangt generell nach neuen Forschungsstrategien unter der Einbeziehung von Imagines und differenzierterer Temperatur-Photoperiode-Kombinationen. Freilandbeobachtungen sollten ebenfalls unbedingt eingeschlossen werden.

Die Orientierungsfähigkeit nach mit Beute besetzten Pflanzen entlang von Duftgradienten konnte bislang nicht repräsentativ experimentell nachgewiesen werden. Doch offensichtliche orientierende Verhaltensmuster verlangen nach fortführenden Studien, um das Wahrnehmungsvermögen von *D. errans* stellvertretend für weitere Generalisten zu erklären. Die Durchführung von spezifischen Biotests und Elektroantennogrammen kann hierzu einen gezielten Beitrag leisten.

Die realisierten biomechanischen Experimente beleuchten die physikalischen Interaktionen zwischen *D. errans* und Pflanzenoberflächen stellvertretend für die Arten der Bryocorinae und beispielgebend für mutualistische Insekten-Pflanzen-Beziehungen unter dem Einfluss behaarter Pflanzenoberflächen. Neben wertvollen Interpretationsgrundlagen und der Herausstellung co-evolutionärer Zusammenhänge ergab sich weiterer Klärungsbedarf beobachteter Trends durch anschließende tiefgründigere Laborarbeiten. Die Eigenschaften einzelner Trichome, deren korrekte Anatomie sowie die exakte Charakterisierung und Ergründung von Antihaftoberflächen (z. B. kristallin bewachste Pflanzenoberflächen) erfordern intensive Strukturanalysen.

Die Studien zur Nahrungsaufnahme von *D. errans* dokumentieren die Verzehrraten für einen ausgewählten Beutekreis an definierten Wirtspflanzen, welcher künftig weiter ausgedehnt und experimentell belegt werden sollte. Die Bedeutung der unterschiedlichen Einflussparameter kann durch größere Datensätze untermauert werden.

Besondere laboranalytische Herausforderungen stellen Enzymessays dar, die den Grad der Omnivorie und das Verdauungsvermögen von *D. errans* deuten helfen können.

Filmsequenzen zum Schlupf aus dem Ei und zum Häuten der Entwicklungsstadien komplettierten die anschauliche Videodokumentation zu *D. errans*.

Resümierend fügt sich die heimische omnivore Weichwanze *D. errans* in Gemeinschaften räuberischer Arthropoden ein und trägt als natürlicher Gegenspieler zur Regulation von Phytophaga aktiv bei. Demnach lohnt es, dieses Insekt in Kulturpflanzenbeständen zu fördern und langfristig zu etablieren. Morphologie, Biologie und Ökologie der Art gestalten sich sehr vielschichtig und bieten somit ein reichhaltiges Forschungspotenzial.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- AGUSTÍ, N.; COHEN, A. C. (2000): *Lygus hesperus* and *L. lineolaris* (Hemiptera: Miridae), phytophages, zoophages, or omnivores: evidence of feeding adaptions suggested by the salivary and midgut digestive enzymes. *J. Ent. Sci.*, 35: 176-186.
- ALBAJES, R.; ALOMAR, O.; RIUDAVETS, J.; CASTANE, C.; ARNÓ, J.; GABARRA, R. (1996): The mirid bug *Dicyphus tamaninii*: an effective predator for vegetable crops. *IOBC/WPRS Bull.*, 19: 1-4.
- ALDRICH, J. R. (1988): Chemical ecology of the heteroptera. *Ann. Rev. Ent.*, 33: 211-238.
- ALDRICH, J. R. (1998): Status of semiochemical research on predatory Heteroptera. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (eds.): *Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control*. Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am.: 33-48.
- ALOMAR, O.; ALBAJES, R. (1996): Greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation and tomato fruit injury by the zoophytophagous predator *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae). In: Alomar, O.; Wiedenmann, R. N. (Hrsg.): *Zoophytophagous Heteroptera: implications for life history and integrated pest management*. Entomological Society of America, Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am., 8: 155-177.
- ALOMAR, O.; CASTAÑE, C.; GABARRA, R.; ALBAJES, R. (1990): Mirid bugs – another strategy for IPM on mediterranean vegetable crops? *IOBC/WPRS Bull.*, 13: 6-9.
- ALOMAR, O.; GOULA, M.; ALABAJES, R. (1994): Mirid bugs for biological control : identification, survey in non-cultivated winter plants, and colonization of tomato fields. *Bull. OILB, SROP (Italy)*, 17: 217-223.
- ALTIERI, M. A. (2002): Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 93: 1-24.
- ANANTHAKRISHNAN, T. N. (1996): *Biotechnological Perspectives in the Chemical Ecology of Insects*. Science Pubs.
- ANDERSON, N. H. (1962 a): Growth and fecundity of *Anthocoris spp.* Reared on various prey (Heteroptera: Anthocoridae). *Ent. Exp. Appl.*, 5: 40-52.
- ANDERSON, N. H. (1962 b): Studies on overwintering of *Anthocoris* (Heteroptera: Anthocoridae). *Ent. Exp. Appl.*, 5: 40-52.
- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. (1970): *The distribution and abundance of animals*. The University of Chicago Press, Chicago & London, 5. Aufl.
- ANGELI, S.; CERON, F.; SCALONI, A.; MONTI, M.; MONTEFORTI, G.; MINNOCCI, A.; PETACCHI, R.; PELOSI, P. (1999): Purification, structural characterization, cloning and immunocyto-chemical localization of chemoreception protein from *Schistocerca gregaria*. *Eur. J. Biochem.*, 262: 745-754.
- ANONYM (2001a): Pests increase when *Macrolophus* disappears. *Macrolophus* in aubergine. http://www.koppert.nl/cgi-bin/x0222.pl?frame=body&itla_srcID=124&lang_srcID=1&list=1L124|2L123|3L115|4L106|5L103.
- ANONYM (2001b): *Macrolophus* in Aubergine. http://www.koppert.nl/cgi-bin/x0222.pl?frame=body&itla_srcID=124&lang_srcID=1&list=1L124|2L123|3L115|4L106|5L103.
- ARMER, C. A.; WIEDENMANN, R. N.; BUSH, D. R. (1998): Plant feeding site selection on soybean by the facultatively phytophagous predator *Orius insidiosus*. *Ent. Exp. Appl.*, 86: 109-118.
- ARNOLD, K. (1999): Kommentiertes vorläufiges Verzeichnis der Wanzen (Heteroptera) im Freistaat Sachsen. *Mitt. Sächs. Ent.*, 48: 3-24.
- ARNOLD, K. (2000-2004): Persönliche Mitteilungen. Entomologe, Heteropterologe, Miridologe Geyer/ Erzgebirge.
- ARZET, H.-R. (1972): Suchverhalten und Nahrungsverbrauch der Larven von *Chrysopa carnea* STEPH. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Entomologische Abteilung, Landwirtschaftliche Fakultät.

- ARZONE, A. (1992): I miridi predatori: biologia e possibili applicazioni in lotta biologico-integrata. Esperienze in Liguria e Piemonte. Atti delle Giornate di Studio, Cagliari, 30-31 gennaio 1992, ERSAT: 43-53.
- ARZONE, A.; ALMA, A.; TAVELLA, L. (1990): Ruolo dei Miridi (Rhynchota Heteroptera) nella limitazione di *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (Rhynchota Aleurodidae) Nota preliminare. Boll. Zool. agr. Bachic. (Italy), Ser. II, 22: 43-51.
- AUKEMA, B.; RIEGER C. (Hrsg.) (1999): Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region Vol. 3 (Cimicomorpha II: Miridae). The Netherland Entomological Society, I-XIV, 1-577.
- BACKUS, E. (1988): Sensory systems and behaviours which mediate hemipteran plant-feeding: a
- BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C.; CUTLER, D.; DITSCH, F.; MEUSEL, I.; THEISEN, I.; WILHELM, H. (1998): Classification and terminology of plant epicuticular waxes. Bot. J. Lin. Soc., 126: 237-260.
- BASIBUYUK, H. H.; QUICKE, D. L. J. (1999): Grooming behaviours in the Hymenoptera (Insecta): potential phylogenetic significance. Zool. J. of Linn. Soc., 125: 349-382.
- BEARD, J. J.; WALTER, G. H. (2001): Host plant specificity in several species of generalist mite predators. Ecol. Ent., 46: 562-570.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSED, C. R. (1991): Ökologie: Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften. Birkhäuser Verlag, Basel.
- BENUZZI, M.; MOSTI, M. (1994): I miridi predatori di aleurodidi. Informatore Fitopatologico, (44) 11: 25-30.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. (1994): Host-plant selection by phytophagous insects. Contemporary topics in Entomology, 2, Chapman & Hall.
- BOPPRÉ, M. (1984): Redefining „Pharmacophagy“. J. Chem. Ecol., 10: 1151-1134.
- BOPPRÉ, M. (1995): Pharmakologie: Drogen, Sex und Schmetterlinge. Biologie in unserer Zeit, 25: 8-17.
- BÖRING, U.; WIEGLEB, G. (1999): Seltene oder gefährdete Wanzen (Heteroptera) in Offenlandbereichen der Niederlausitzer Bergbaufolgelandschaft. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, 8 (2): 60-63.
- BOYD, D. W. (2003): Digestive enzymes and stylet morphology of *Deraecoris nigrifulus* (Uhler) (Hemiptera: Miridae) reflect adaptations for predatory habits. Ann. Entomol. Soc. Am., 96: 667-671.
- BOYD, D. W.; COHEN, A. C.; ALVERSON, D. R. (2002): Digestive enzymes and stylet morphology of *Deraeocoris nebulosus* (Hemiptera: Miridae), a predacious plant bug. Ann. Ent. Soc. Am., 95: 395-401.
- BRAASCH, H. (1969): Methodische Untersuchungen zum Nachweis von Attraktiv- und Repellenteffekten verschiedener Pflanzenschutzmittel auf Insekten. Wissenschaftliche Abh., 58, Akademie-Verlag, Berlin.
- BRAUNE, H.-J. (1971): Der Einfluss der Temperatur auf Eidiapause und Entwicklung von Weichwanzen (Heteroptera, Miridae). Oecologia, 8: 223-266.
- BRAUNE, H.-J. (1980): Ökophysiologische Untersuchungen über die Steuerung der Eidiapause bei *Leptopterna dolabrata* (Heteroptera, Miridae). Zool. Jb. Syst., 107: 32-112.
- BROWN, M. W.; NORRIS, M. E. (2003): Survivorship advantage of conspecific necrophagy in overwintering Boxelder bugs (Heteroptera: Rhopalidae). Ann. Ent. Soc. Am., 97: 500-503.
- BRYAN, D. E.; JACKSON, R. L.; CARRANZA, R. L.; NEEMANN, E. G. (1976): *Lygus hesperus*: Production and Development in the Laboratory. J. Econ. Entomol., 69: 127-129.
- BURKHOLDER, A. (1992): „Die Wanzenfauna (Heteroptera) ausgewählter Weinberge Unterfrankens. Diplomarbeit, BAWG, Veitshöchheim.
- BÜTTNER, K.; WETZEL (1964): Die Heteropterenfauna Westsachsens. Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden, 2: 91-100.
- CALABRÒ, M. (1992): I miridi predatori: loro biologia e possibili applicazioni in lotta biologico-integrata. Esperienze maturate in Sicilia. Atti delle Giornate di Studio, Cagliari, 30-31 gennaio 1992, ERSAT: 29-42.

- CALVILLO, J. (1998): Los míridos del G. *Dicyphus* depredadores naturales en el control biológico del cultivo de tomate en invernadero: pautas para la gestión de agroecosistemas. Una alternativa para el mundo rural del tercer milenio, Actas del III congreso de la sociedad española de agricultura ecológica SEAE, Valencia, septiembre 1998: 143-156.
- CARAYON, J. (1961): Quelques remarques sur les hémiptères-hétéroptères: leur importance comme insectes auxiliaires et les possibilités de leur utilisation dans la lutte biologique. Entomophaga, 6: 133-141.
- CASTAÑE, C. (1999): Residual toxicity of some insecticides on the predatory bugs *Dicyphus tamaninii* and *Macrolophus caliginosus*. BioControl, 44: 89-98.
- CASTAÑE, C., ALOMAR, O.; GOULA, M.; GABARRA, R. (2000 b): Natural populations of *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii* in the control of the greenhouse white fly in tomato crops. IOBC-WPRS Bull., 23: 221-224.
- CASTAÑE, C., ALOMAR, O.; GOULA, M.; GABARRA, R. (2004): Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs and *Dicyphus tamaninii*. Biol. Control, 30: 591-597.
- CASTAÑE, C.; ALOMAR, O.; RIUDAVETS, J. (2000 a): *Dicyphus tamaninii* in the biological control of cucumber pests. IOBC-WPRS, 23: 253-256.
- CASTINERAS, A. (1995): Natural enemies of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleurodidae) in Cuba. Fla. Ent., 78: 538-540.
- CEGLARSKA, E. B. (1999): *Dicyphus hyalinipennis* Burm. (Heteroptera: Miridae): a potential biological control agent for glasshouse pests in Hungary. IOBC Bulletin, 22: 33-36.
- CELLI, G.; BENUZZI, M.; MAINI, S.; MANZAROLI, G.; ANTONIACCI, L.; NICOLI, G. (1991): Biological and integrated pest control in protected crops of Northern Italy's Po valley: overview and outlook. Bull. IOBC/SROP, 14: 2-12.
- CELORIO-MANCERA, M. DE LA PAZ; GREVE, L. C.; SHACKEL, K. A.; TEUBER, L. R.; AHMADI, H.; LABAVITCH, J. M. (2002): Digestive enzymes in Lygus bug saliva and extracts: a preliminary characterization. <http://www.naaic.org/Meetings/National/2002meeting/2002Abstracts/Celorio-Mancera.pdf>.
- CHAPMAN, R. F. (1998): The insects – structure and function. Cambridge University Press, 4th ed.
- CHOI, B.-R. ; LEE, S.-W. ; YOO, J.-K . (2001): Resistance mechanisms of green peach aphid *Myzus persicae* (Homoptera, Aphidae) to Imidachloprid. Korean J. Appl. Entomol., 40: 265-271.
- CLAVER, M. A.; AMBROSE, D. P. (2003): Influence of hunger level and prey density on searching behaviour of the reduviid predator *Rhynocoris marginatus* (Fabricius) (Het., Reduviidae). J. Appl. Ent., 127: 42-45.
- CLINE, A. R.; BACKUS, E. A. (2002): Correlations among AC electronic monitoring waveforms, body postures, and stylet penetration behaviours of Lygus Hesperus (Hemiptera: Miridae). Environ. Ent., 31: 538-549.
- COBBEN, R. H. (1968): Evolutionary trends in Heteroptera - Part I: Eggs, architecture of the shell, gross embryology and eclosion. Agricultural Research Reports, 707, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- COBBEN, R. H. (1978): Evolutionary trends in Heteroptera. Part II: Mouthpart-structures and feeding strategies. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen, 78-5, H. Veeman & Zonen B. V.
- COBBEN, R. H. (1979): On the original feeding habits of the Hemiptera (Insecta): a reply to Merrill Sweet. Ann. Ent. Soc. Am., 72: 711-715.
- COHEN, A. C. (1982): Water and temperature relations of two hemipteran members of a predator-prey complex. Environ. Entomol., 11: 715-719.
- COHEN, A. C. (1989): Ingestion efficiency and protein consumption by a heteropteran predator. Ann. Ent. Soc. Am., 82: 495-499.
- COHEN, A. C. (1990): Feeding adaptations of some predaceous Hemiptera. Ann. Ent. Soc. Am., 83: 1215-1223.
- COHEN, A. C. (1993): Organization of digestion and preliminary characterization of salivary trypsin-like enzymes in a predaceous heteropteran, *Zelus renardii*. J. Ins. Phys., 39: 823-829.

- COHEN, A. C. (1995): Extra-oral digestion in predaceous terrestrial arthropoda. *Annu. Rev. Entomol.*, 40: 85-103.
- COHEN, A. C. (1996): Plant feeding by predatory Heteroptera: evolutionary and adaptational aspects of trophic switching. In: ALOMAR, O.; WIEDENMANN, R. N. (Hrsg.): *Zoophytophagous Heteroptera: implications for life history and integrated pest management*. Entomological Society of America, Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am., 8: 1-17.
- COHEN, A. C. (1998): Biochemical and morphological dynamics and predatory feeding habits in terrestrial Heteroptera. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (eds.): *Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control*. Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am.: 21-33.
- COHEN, A. C. (2000): Feeding fitness and quality of domesticated and feral predators: effects of long-term rearing on artificial diet. *Biol. Control*, 17: 50-54.
- COHEN, A. C. (2000): How carnivorous bugs feed. In: Schaefer, C. W.; Panizzi, A. R. (Eds.): *Heteroptera of economic importance*. CRC Press, London: 563-570.
- COHRS, C.; KLEINDIENST, C. (1934): Hemiptera-Heteroptera (Wanzen) Zentralsachsens. Ber. Naturwiss. Gesell. Chemnitz, 26: 143-182.
- COLAZZA, S.; SALERNO, G.; WAJNBERG, E. (1999): Volatile and contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Biol. Control*, 16: 310-317.
- COLL, M. (1996): Feeding and ovipositing on plants by an omnivorous insect predator. *Oecologia*, 105: 214-220.
- COLL, M. (1998): Living and feeding on plants in predatory heteroptera. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (eds.): *Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control*. Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am.: 89-130.
- COLL, M.; GUERSHON, M. (2002): Omnivory in terrestrial arthropods: Mixing plant and prey diets. *Ann. Rev. Ent.*, 47: 267-297.
- CONSTANT, B.; GRENIER, S.; BONNOT, G. (1994): Analysis of some morphological and biochemical characteristics of the egg of the predaceous bug *Macrolophus caliginosus* (Het.: Miridae) during embryogenesis. *Entomophaga*, 39 (2): 189-198.
- CONSTANT, B.; GRENIER, S.; BONNOT, G. (1994): Analysis of some morphological and biochemical characteristics of the egg of the predaceous bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) during embryogenesis. *Entomophaga*, 39: 189-198.
- CONSTANT, B.; GRENIER, S.; BONNOT, G. (1996 b): Host plant hardness in oviposition of *Macrolophus caliginosus* (Hemiptera: Miridae). *J. Econ. Entomol.*, 89 (6): 1446-1452.
- CONSTANT, B.; GRENIER, S.; BONNOT, G. (1996): Artificial substrate for egg laying and embryonic development by the predatory bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). *Biological Control*, 7: 140-147.
- COPLAND, M.; POWELL, G.; ROSSITER, J. (2004): Plant insect relationships. http://www.wye.ac.uk/plant_science/ppi.html.
- CORTESERO, A. M.; STAPEL, J. O.; LEWIS, W. J. (2000): Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. *Biol. Control*, 17: 35-49.
- COSTANZI, M.; PINI, S. (1991): Ruolo di due Miridi predatori nella difesa delle colture ortofloricole. *Colture protette*, 11: 49-53.
- CRISTOFARO, M.; LECCE, F.; CAMPOBASSO, G.; TERRAGITTI, G.; SPENCER, N. R.; MANN, K. D. (2000): Insect-plant relationships and behavioral observations of the stem-feeding beetle *Thamnurgus euphorbiae* Küster (Coleoptera, Scolytidae), a new biocontrol agent from Italy to control leafy spurge in the U. S. In: Spencer, N. R. (Ed.), *Proc. X Int. symp. on biol. control of weeds*: 615-619.
- DALY, H. V.; DOYEN, J. T.; PURCELL, A. H. III (1998): *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford University Press, New York.
- DAM, N. M. VAN; HARE, D. J. (1998): Differences in distribution and performance of two sap-sucking herbivores on glandular and non-glandular *Datura wrightii*. *Ecol. Entomol.*, 23: 22-27.

- DECKERT, H. (1996): Verzeichnis der Wanzen von Berlin und Brandenburg (Heteroptera). Insecta, 4: 150-167.
- DEGUINE, J.-P.; HAU, B. (2001): The influence of the plant on *Aphis gossypii*. Some results of research conducted in Cameroon. In: Gourlot, J.-P.; Frydrych, R. (eds.): Improvement of the marketability of cotton produced in zones affected by stickiness. Actes du séminaire, 4-7 juillet 2001, Lille France, CFC-Technical Report.
- DELARIO, G.; LENTINI, A.; LUCIANO, P. (1992): Osservazioni sull'attività di alcune specie di miridi predatori in colture protette di pomodoro in Sardegna. Atti delle Giornate di Studio, Cagliari, 30-31 gennaio 1992, ERSAT: 19-28.
- DESOUHANT, E.; DEBOUZIE, D., MENU, F. (1998): Oviposition pattern of phytophagous insects: on the importance of host population heterogeneity. Oecologia, 114: 382-388.
- DETTNER, K. (2000): Chemische Ökologie, Anwendung in der Schädlingsbekämpfung. „Biologen heute“/vdbiol 1/2000.
- DETTNER, K.; PETERS, W., HRSG. (2003): Lehrbuch der Entomologie. Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart, Jena, 2. Auflage.
- DICKE, M.; SABELIS, M. W. (1988 a): Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds? Funct. Ecol., 2: 131-139.
- DICKE, M.; SABELIS, M. W. (1988 b): How plants obtain predatory mites as bodyguards. Netherlands J. Zool., 38: 148-165.
- DICKE, M.; SABELIS, M. W.; TAKABAYASHI, J.; BRUIN, J.; POSTHUMUS, M. A. (1990): Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. J. Chem. Ecol., 16: 3091-3118.
- DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A. (2000): Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. Ent. Exp. Appl., 97: 237-249.
- DICKENS, J. C.; CALLAHAN, F. E.; WERGIN, W. P.; MURPHY, C. A.; VOGT, R. G. (1998): Intergeneric distribution and immunolocalization of a putative odorant-binding protein in true bugs (Hemiptera, Heteroptera). J. Exp. Biol., 201: 33-41.
- DIEHL, S. (2002): The evolution and maintenance of omnivory: dynamic constraints and the role of food quality. Ecology, 84: 2557-2567.
- DIEHL, S.; FEISSEL, M. (2000): Effects of enrichment on three-level food chains with omnivory. The American Naturalist, 155: 200-218.
- DIXON, A. F. G. (1959): An experimental study of the searching behaviour of the predatory coccinellid beetle *Adalia decempunctata* (L.). J. anim. Ecol., 28: 259-281.
- DIXON, A. F. G. (1986): Habitat specificity and foraging behaviour of aphidophagous insects. In: Hodek, I. (ed.): Ecology of Aphidophaga. Proceedings of the 2nd Symposium held at Zvíkovské Podhradí, September 2-8, 1984, Series Entomologica, 35: 151-154.
- DOLLING, W. R. (1991): The Hemiptera. Natural History Museum Publications, Oxford University Press, London.
- DOROW, W. H. O. (2000): Heteroptera (Wanzen). In: Flechtner, G., Dorow, W. H. O.; KOPELK, J.-P (Hrsg.). Naturwaldreservate in Hessen. No. 5/2.1 (1999). Niddahänge östlich Rudingshain. Zoologische Untersuchungen 1990-1992. S. 241-398. - Hessisches Ministerium des Innern und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz & Frankfurt am Main: Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg. (zugleich: Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung 32).
- DREES, B. M. (2002): Aphid management. Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University System. [#table1](http://insects.tamu.edu/extension/bulletins/uc/uc-031.htm).
- DRIJFHOUT, F. P.; GROOT, A. T. (2001): Close-range attraction in *Lygocoris pabulinus* (L.). J. Chem. Ecol., 27: 1133-1149.
- DRIJFHOUT, F. P.; GROOT, A. T.; VAN BEEK, T. A.; VISSER, J. H. (2000): Mate location in the green capsid bug, *Lygocoris pabulinus*. Austral. J. Ent., 39: 89 ff.
- DRUKKER, B.; BRUIN, J.; SABELIS, M. W. (2000): Anthocorid predators learn to associate herbivore induced plant volatiles with presence or absence of prey. Physiol. Ent., 25: 260-265.

- DRUKKER, B.; SCUTAREANU, P.; SABELIS, M. W. (1995): Do anthocorid predators respond to synomones from *Psylla*-infested pear trees under field conditions? Ent. Exp. Appl., 77: 193-203.
- DUFFEY, S. S. (1986): Plant glandular trichomes: their partial role in defense against insects In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 151-172.
- DWUMFOUR, E. F. (1992): Volatile substances evoking orientation in the predatory flowerbug *Anthocoris nemorum* (Heteroptera: Anthocoridae). Bull. Ent. Res., 82: 465-469.
- EGGERMANN, W.; BONGENS, J. (1971): Wasser- und Nahrungsaufnahme an Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung von *Oncopeltus fasciatus* Dallas. Oecologia, 6: 303-317.
- EHANNO, B. (1983-1987): Les Hétoptères Mirides de France. I. Les secteurs biogéographiques. II. Inventaire et synthèses écologiques. Inventaire biogéographique et atlas. 4 vol.
- EICHLER, W. (1952): Die Tierwelt der Gewächshäuser. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig.
- EIGENBRODE, S. D. (2004): The effects of plant epicuticular waxy blooms on attachment and effectiveness of predatory insects. Arthr. Struc. Develop., 33: 91-102.
- ELLING, K. v.; BORGEMEISTER, C.; POEHLING, H.-M. (2002): The effect of NeemAzal-T/S, a commercial neem product, on different development stages of the common greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hom., Aleyrodidae). J. Appl. Ent., 126: 40-45.
- ELÖD, K. (2001): Somogy megye poloskafaunája (Heteroptera). Natura Somogyiensis, 1: 123-134.
- EL-TITI, A. (1972): Die Verteilung der Eier von *Aphidoletes aphidimyza* (ROND.) und ihre Bedeutung für den Einsatz unter Glas. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Entomologische Abteilung, Landwirtschaftliche Fakultät.
- ENGELKE, J. (2001): Qualitätsmanagement beim Einsatz des Parasitoiden *Aphidius ervi* (Hymenoptera, Aphidiidae) für die biologische Blattlausbekämpfung im Unterglasanbau. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Phytopathologie.
- EUBANKS, M. D.; DENNO, R. F. (2000): Health food versus fast food: the effects of prey quality and mobility on prey selection by a generalist predator and interactions among prey species. Ecol. Ent., 25: 140-146.
- EUBANKS, M. D.; DENNO, R. F. (2000): Host plants mediate omnivore-herbivore interactions and influence prey suppression. Ecology, 81: 936-947.
- EUBANKS, M. D.; STYRSKY, J. D.; DENNO, R. E. (2003): The evolution of omnivory in heteropteran insects. Ecology, 84: 2549-2556.
- EVANS, H. F. (1976): Mutual interference between predatory anthocorids. Ecol. Ent., 1: 283-286.
- FAGAN, W. F. (1997): Omnivory as a stabilizing feature of natural communities. The Am. Nat., 150: 554-567.
- FAL, HRSG. (2000): Faunistisches Potential des Auenobjektes 14 Glatt nordwestlich Flawil, SG. Forschungsbericht. http://www.sar.admin.ch/fal/aua/Potentia/pot_020/014het.html.
- FAUVEL, G.; MALAUSA, J. C.; KASPAR, B. (1987): Etude en laboratoire des principales caractéristiques biologiques de *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). Entomophaga, 32: 529-543.
- FERGUSON, G. (2003): Can *Dicyphus hesperus* control whiteflies in greenhouse tomatoes? <http://www.gov.on.ca/omafra/english/crops/facts/dicyphus.htm>.
- FERGUSON, G.; BANKS, E.; FRASER, H. (2001): Potato psyllid – a new pest in greenhouse tomatoes an peppers. Ministry of agriculture, food and rural affairs, http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/potato_psyllid.htm.
- FIEBER, F. X. (1861): Die europäischen Hemiptera. Halbflügler (Rhynchota Heteroptera). Druck und Verlag Carl Gerold's Sohn, Wien.
- FIGULS, M.; CASTAÑE, C.; GABARRA, R. (1999): Residual toxicity of some insecticides on the predatory bugs *Dicyphus tamaninii* and *Macrolophus caliginosus*. Biocontrol (Dordrecht), 44: 89-98.

- FOGLAR, H.; MALAUSA, J.C.; WAJNBERG, E. (1990): The functional response and preference of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) for two of its prey: *Myzus persicae* and *Tetranychus urticae*. Entomophaga, 35 (3): 465-474.
- FORDYCE, J. A.; AGRAWAL, A. A. (2001): The role of plant trichomes and caterpillar group size on growth and defence of the pipevine swallowtail *Battus philenor*. J. Anim. Ecol., 70: 997-1005.
- FREUND, R. L.; OLMSTEDT, K. L. (2000): The roles of vision and antennal olfaction in enemy avoidance by three predatory heteropterans. Environ. Ent., 29: 733-742.
- FRISCHKNECHT, M. (1996): Predators choosing between patches with standing crop: the influence of switching rules and input types. Behav. Ecol. Sciobiol., 38: 159-166.
- FRITZSCHE, R. (1958): Zur Kenntnis der Raubinsekten von *Tetranychus urticae* Koch. Beitr. Ent., 8: 716-724.
- GADD, C. A.; RAUBENHEIMER, D. (2000): Nutrient-specific learning in an omnivorous insect: the American cockroach *Periplaneta americana* L. learns to associate dietary protein with the odors citral and carvone. J. Insect Behav., 13: 851-864.
- GARTSIDE, S. S. (2000): Naturally occurring chemicals and environmental cues and current application. http://www.colostate.edu/depts/entomology/courses/en570/papers_2000/gartside.html.
- GEILER, H. (1963): Artenlisten der Wanzen und Zikaden von Feldern sowie deren Abundanz und Aktivitätsdichte während einzelner Jahre mit unterschiedlichem Witterungsverlauf. Wiss. Ztschr. Techn. Univ. Dresden, 12 (2): 543-549.
- GESSE-SOLÉ, F. (1992): Comportamiento alimenticio de *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae). Bol. San. Veg. Plagas, 18 (4): 685-691.
- GHAZOUL, J. (2002): Flowers at the front line of invasion? Ecol. Ent., 27: 638-640.
- GILES, K. L.; MADDEN, R. D.; STOCKLAND, R.; PAYTON, M. E.; DILLWITH, J. W. (2002): Host plants effect predator fitness via nutritional value of herbivore prey: Investigation of a plant-aphid-ladybeetle system. BioControl, 47: 1-21.
- GILLESPIE, D. R.; MCGREGOR, R. R. (2000): The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*: water places limits on predation. Ecological Entomology, 25 (4): 380-386.
- GILLESPIE, D. R.; MCGREGOR, R. R.; QUIRING, D.; FOISY, M. (1998): *Dicyphus hesperus*-this bug's for you. Techn. Report, 148: 1-2.
- GILLESPIE, D. R.; MCGREGOR, R. R.; QUIRING, D.; FOISY, M. (1999 b): Potential use of *Dicyphus hesperus* KNIGHT (Heteroptera, Miridae) for biological control of pest of greenhouse tomatoes. Biol. Control, 16: 104-110.
- GILLESPIE, D. R.; MCGREGOR, R. R.; QUIRING, D.; FOISY, M. (2000 a): Diapause in the Summerland, BC Strain of *Dicyphus hesperus*. Technical Report, 161: 1-4.
- GILLESPIE, D. R.; SANCHEZ, A.; MCGREGOR, R. R.; QUIRING, D (2001): *Dicyphus hesperus*-Life history, biology and application in tomato greenhouses. Techn. Report, 166: 1-15.
- GLEN, D. M. (1973): The food requirements of *Blepharidopterus angulatus* (Heteroptera: Miridae) as a predator of the lime Aphid, *Eucallipterus tiliae*. Ent. exp. appl., 16 : 255-267.
- GLENISTER, C. S. (1998): Predatory Heteropterans in Augmentative Biological Control: An Industry Perspective. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (Eds.): Predatory Heteroptera: Their Ecology and Use in Biological Control. Proc. Ent. Soc. America, Thomas Say Publications: 199-208.
- GORB, E.; KASTNER, V.; PERESSADKO, A.; ARZT, E.; GAUME, L.; ROWE, N.; GORB, S. (2004): Structure and properties of the glandular surface in the digestive zone of the pitcher in the carnivorous plant *Nepenthes ventrata* and its role in insect trapping and retention. J. Exp. Biol., 207: 2974-2963.
- GORB, S. N. (2001): Attachment devices of insect cuticle. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GORB, S. N. (2004): Walking on the ceiling: structures, functional principles, and ecological implications. Arthr. Struc. Develop., 33: 1-2.
- GORB, S. N. (2005): Uncovering insect stickiness: structure and properties of hairy attachment devices. Am. Ent., 51: 31-35.

- GORB, S. N.; BEUTEL, R. G.; GORB, E. V.; JIAO, Y.; KASTNER, V.; NIEDEREGGER, S.; POPOV, V. L.; SCHERGE, M.; SCHWARZ, U.; VÖTSCH, W. (2001): Structural design and biomechanics of friction-based releasable attachment devices in insects. *Integr. Comp. Biol.*, 42: 1127-1139.
- GORB, S. N.; GOODWYN, P. J. P. (2003): Wing-locking mechanisms in aquatic Heteroptera. *J. Morphol.*, 257: 127-146.
- GORB, S. N.; GORB, E. V. (2004): Ontogenesis of the attachment ability in the bug *Coreus marginatus* (Heteroptera, Insecta). *J. Exp. Biol.*, 207: 2917-2924.
- GORB, S. N.; GORB, E. V.; KASTNER, V. (2001 a): Scale effects on the attachment pads and friction forces in syrphid flies (Diptera, Syrphidae). *J. Exp. Biol.*, 204: 1421-1431.
- GORB, E. V.; GORB, S. N. (2002): Attachment ability of the beetle *Chrysolina fastuosa* on various plant surfaces. *Ent. Exp. Appl.*, 105: 13-28.
- GORTH, G.; HEADRICK., D. (2001): A dictionary of entomology. CABI Publishing, Oxon, New York.
- GOULA, M.; ALOMAR, O. (1994): Míridos (Heteroptera Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guía para su identificación. *Bol. San. Veg. Plagas*, 20: 131-143.
- GOULA, M.; TAVELLA, L. (2000): Dicyphini collected on vegetable and wild plants in north-western Italy (Heteroptera, Miridae). *IOBC/WPRS Bull.*, 23 (1): 257.
- GRENIER, S.; GUILLAUD, J.; DELOBEL, B.; BONNOT, G. (1989): Nutrition et élevage du prédateur polyphage *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera, Miridae) sur milieux artificiels. *Entomophaga*, 34: 77-86.
- GROOT, A. T.; DRIJEHOUT, F. P.; HEJBOER, A.; BEEKT, A. V.; VISSER, J. H. (2001): Disruption of sexual communication in the mirid bug *Lygocoris pabulinus* by hexyl butanoate. *Agricult. Forest Ent.*, 3: 49-55.
- GROOT, A. T.; VISSER, J. H. (2001): Influence of host plants on sexual communication in the herbivorous bug *Lygocoris pabulinus*. *Chemoecology*, 11: 161-166.
- GROOT, A. T.; WAAL, E. VAN DER; SCHUURMAN, A.; VISSER, J. H.; BLOMMERS, L. H. M.; BEEK, T. A. VAN (1998): Copulation behaviour of under laboratory conditions. *Ent. Exp. Appl.*, 88: 219-228.
- GRUBB, P. J. (1986): Sclerophylls, pachyphylls and pycnophylls: the nature and significance of hard leaf surfaces. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): *Insects and the plant surface*. Edward Arnold Publishers, London: 137-151.
- GUERNSTEIN, P. G.; GUERIN, P. M. (2001): Olfactory and behavioural responses of the blood-sucking bug *Triatoma infestans* to odours of vertebrate hosts. *J. Exp. Biol.*, 204: 585-597.
- GÜNTHART, E. (1945): Über Spinnmilben und deren natürliche Feinde. *Mitt. schweiz. ent. Ges.*, 19: 279-308.
- GÜNTHER (1974): Wanzen. In: *Urania Tierreich*, Bd. Insekten, Urania-Verlag, Jena, 2./3. Auflage: 140-165.
- GÜNTHER, H.; SCHUSTER, G. (1990): Verzeichnis der Wanzen Mitteleuropas (Heteroptera). *Dtsch. Ent. Z.*, N. F., 37 (4-5): 361-396.
- GUO, F.; ZHANG, Z.-Q.; ZHAO, Z. (1998): Pesticide resistance of *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) in China: a review. *Syst. Appl. Acar.*, 3: 3-7.
- HABIBI, J.; BRANDT, S. L.; COUDRON, T. A.; WAGNER, R. M.; WRIGHT, M. K.; BACKUS, E. A.; HUESING, J. E. (2002): Uptake, flow and digestion of casein and green fluorescent protein in the digestive system of *Lygus hesperus* Knight. *Arch. Ins. Biochem. Phys.*, 50: 62-74.
- HANSEN, D. L.; BRØDSGAARD, H. F.; ENKEGAARD, A. (1999): Life table characteristics of *Macrolophus caliginosus* preying upon *Tetranychus urticae*. *Ent. exp. appl.*, 93 (3): 267-273.
- HART, A. J.; TULLETT, A. G.; BALE, J. S.; WALTERS, K. F. A. (2002): Effects of temperature on the establishment potential in the U.K. of the non-native glasshouse biocontrol agent *Macrolophus caliginosus*. *Physiol. Ent.*, 27: 112-123.
- HARTMEYER, S. (1998): Carnivory in *Byblis* Revisited II: The Phenomenon of Symbiosis on Insect Trapping Plants. Newsletter of the International Carnivory Plant Society, 12/98, <http://www.carnivorousplants.org/cpn/samples/Science274Byblis2.htm>.

- HATFIELD, L. D.; FERREIRA, J.; FRAZIER, J. L. (1983): Host selection and feeding behaviour by the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera, Heteroptera). Ann. Ent. Soc. Am., 76: 688-691.
- HEDICKE, H. (1963): Heteroptera. In Schiemenz, H. (Hrsg.): Brohmer - Die Tierwelt Mitteleuropas. IV. Bd., 14. Ordnung, Schabelkerfe: 1-126.
- HEGNAUER, R. (1992): Chemotaxonomie der Pflanzen, eine Übersicht über die Verbreitung und die systematische Bedeutung der Pflanzenstoffe. Birkhäuser Verlag, Basel, Stuttgart.
- HEJZLAR, P.; KABÍCEK, J. (1998): Einfluss der Nahrung auf die postembryonale Entwicklung und Reproduktion der Raubwanze *Orius majusculus* (Reuter) (Heteroptera, Anthocoridae). Gesunde Pflanzen 50 (8): 273-277.
- HERING, J. L.; ASHLOCK, P. D. (1971): A key to the nymphs of the families of Hemiptera (Heteroptera) of America north of Mexico. Fla. Ent., 54: 207-212.
- HESLOP-HARRISON, J. (1986): The insect and the plant surface: a conspectus. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 333-340.
- HILLERT, O.; JÄCKEL, B.; PLATE, H.-P. (2002): *Macrolophus pygmaeus* (Rambur 1839) (Heteroptera, Miridae) – ein interessanter Nützling im biologischen Pflanzenschutz. Gesunde Pflanzen, 54 (3 und 4): 66-73.
- HO, H.-Y.; MILLAR, J. G. (2002): Identification, electroantennogram screening, and field bioassays of volatile chemicals from *Lygus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae). Zool. Studies, 41: 311-320.
- HODEK, I. (1967): Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. Ann. Rev. Ent., 12: 79-104.
- HODEK, I. (1971): Induction of adult diapause in *Pyrrhocoris apterus* L. by short cold exposure. Oecologia, 6: 109-117.
- HODEK, I. (1983): Role of environmental factors and endogenous mechanisms in the seasonality of reproduction in insects diapausing as adults. In Brown, V. K.; Hodek, I. (eds.): Diapause in insects. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Series Entomologica, 23: 9-33.
- HONOMICHL, K.; BELLMANN, H. (1996): Biologie und Ökologie der Insekten. Ein Lexikon auf CD-ROM. Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart.
- HORI, K. (2000): Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera. In: Schaefer, C. W.; Panizzi, A. R. (Eds.): Heteroptera of economic importance. CRC Press, London: 11-35.
- HOSODA, N.; GORB, S. N. (2004): Critical roughness for insect attachment: experimental evidences for the beetle *Gastrophysa viridula*. 2. Bremer Bionik-Kongress "Bionik: Innovationsimpulse aus der Natur", 29.-30. Oktober 2004.
- HUNTER, M. D. (2002): Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. Agric. Forest Ent., 4: 159-166.
- JAMAL, E.; BROWN, G. C. (2001): Orientation of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) larvae to volatile chemicals associated with *Myzus nicotianae* (Homoptera: Aphidiidae). Environ. Entomol., 30 (6): 1012-1016.
- JAMES, D. G. (2003): Synthetic herbivore-induced plant volatiles as field attractants for beneficial insects. Environ. Ent., 32: 977-982.
- JEFFREE, C. E. (1986): The cuticle, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 23-64.
- JERVIS, M.; KIDD, N. (EDS.) (1996): Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation. Chapman & Hall, London.
- JOEL, D. M. (1986): Glandular structures in carnivorous plants: their role in mutual and uni-lateral exploitation of insects. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 219-235.
- JOLIVIER, P. (1998): Interrelationship between insects and plants. CRC Press, London.
- JONES, W. A.; SNODGRASS, G. L. (1998): Development and fecundity of *Deraeocoris nebulosus* (Heteroptera: Miridae) on *Bemisia argentifolia* (Homoptera: Aleyrodidae). Fla. Ent., 81 (3): 345-350.

- JORDAN, K. H. C. (1962): Landwanzen. Die neue Brehm-Bücherei 294, A.-Ziemsen-Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- JORDAN, K. H. C. (1963): Die Heteropterenfauna Sachsens. Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden, 1: 1-75.
- JOSIFOV, M. (1992): Zur Taxonomie der paläarktischen *Macrolophus*-Arten (Insecta, Heteroptera: Miridae). Reichenbachia, 29 (1): 1-4.
- JUNIPER, B. E. (1991): The leaf from the Inside and the Outside: A Microbe's Perspective. In: Andrews, J. H.; Hirano, S. S. (eds.): Microbial Ecology of Leaves. Springer-Verlag, New York.
- KALLENBORN, H. G.; WISSE, A.; NACHTIGALL, W. (1990): 3-D [Three-D] SEM atlas of insect morphology. Vol. 1. Heteroptera. Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz, BIONAReport, 7.
- KALUSHKOV, P.; HODEK, I. (2004): The effects of thirteen species of aphids on some life history parameters of the ladybird *Coccinella septempunctata*. BioControl, 49: 21-32.
- KEILBACH, R. (1966): Die tierischen Schädlinge Mitteleuropas mit kurzen Hinweisen auf ihre Bekämpfung. VEB Gustav-Fischer-Verlag, Jena.
- KENNEDY, J. S. (1978): The concepts of olfactory 'arrestment' and 'attraction'. Physiol. Ent., 3: 91-98.
- KENNEDY, J. S. (1986): Some current issues in orientation to odour plumes. In: Payne, T. L.; Birch, M. C.; Kennedy, C. E. J. (eds.): Mechanisms in insect olfaction. Clarendon Press, Oxford: 11-25.
- KESSLER, A.; BALDWIN, T. (2004): Herbivore-induced plant vaccination. Part I. The orchestration of plant defenses in nature and their fitness consequences in the wild tobacco *Nicotiana attenuata*. The Plant Journal, 38: 639-649.
- KOLBE, W.; BRUNS, A. (1988): Insekten und Spinnen in Land- und Gartenbau. Pflanzenbau/Pflanzenschutz, Heft 25, Rhein. Landwirtschaftsverlag, Bonn.
- KULLENBERG, B. (1946): Studien über die Biologie der Capsiden. Zool. Bidr. Uppsala, 13: 1-522.
- KUMM, S. (1997): Ontogenese des visuellen Systems von *Frankliniella occidentalis* (Pergande 1895). Diplomarbeit, Institut für Zoologie, Universität Halle.
- LAUENSTEIN, G. (1976): Untersuchungen zu Biologie und Verhaltensweisen der Räuberischen Blumenwanze *Anthocoris nemorum* L. (Hes.: Anthocoridae). Dissertation, G.-August-Universität Göttingen, Landwirtschaftliche Fakultät.
- LAWTON, J. H. (1986): Surface availability and insect community structure: the effects of architecture and fractal dimension of plants. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 317-332.
- LEES, A. D. (1956): The physiology and biochemistry of diapause. Ann. Rev. Ent., 1: 1-16.
- LENTZ, C. (2003): Experimentelle Studien zur Eignung von *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) für eine biologische Bekämpfung von Spinnmilben in Gewächshauskulturen. Christian-Albrechts-Universität Kiel, Zoologisches Institut.
- LESTON, D. (1961): Observations on the mirid hosts of Braconoidae (Hymenoptera) in Britain. Ent. Month. Mag., 97: 65-71.
- LEVIN, D. A. (1973): The role of trichomes in plant defense. Quart. Rev. Biol., 48: 3-15.
- LEWIS, T. (1973): Thrips, their biology, ecology and economic importance. Academic Press, London, New York.
- LEWIS, W. J.; MARTIN JR., W. R. (1990): Semiochemicals for use with parasitoids: status and future. J. Chem. Ecol., 16: 3067-3089.
- LUCAS, É.; ALOMAR, Ò. (2001): *Macrolophus caliginosus* (Wagner) as an intraguild prey for the zoophytophagous *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae). Biological Control, 20: 147-152.
- LUGIONI, P. (1929): Primo contributo alla conoscenza della fauna entomologica del Parco Nazionale d'Abruzzo – Emitteri. Atti Pont. Acc. S. Nuovi Lincei, LXXXII: 201-220.

- LYKOURESSIS, D.; PERDIKIS, D.; MICHALIKI, M. (2001): Nymphal development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera : Miridae) on two eggplant varieties as affected by temperature and presence/absence of prey. Biological Control, 20: 222-227.
- MALAKAR, R.; TINGEY, W. M. (2000): Glandular trichomes of *Solanum berthaultii* and its hybrids with potato deter oviposition and impair growth of potato tuber moth. Ent. Exp. Appl., 94: 249-257.
- MAULAUSA, J. C. (1989): Lutte intégrée sous serre: Les punaises prédatrices Mirides dans les cultures de Solanacées du sud-est de la France. P. H. M.-Revue Horticole, 298: 39-43.
- MCCANN, K.; HASTINGS, A.; HUXEL, G. R. (1998): Weak trophic interactions and the balance of nature. Nature, 395: 794-798.
- MCGREGOR, R. R.; GILLESPIE, D. R. (2004): Olfactory responses of the omnivorous generalist predator *Dicyphus hesperus* to plant and prey odours. Ent. Exp. Appl., 112: 201-205.
- MCLEOD, P. J.; STEINKRAUS, D. C.; CORRELL, J. C.; MORELOCK, T. E. (1998): Prevalence of *Erynia neoaphidis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) infections of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on spinach in the Arkansas River Valley. Environ. Ent., 27: 796-800.
- MELBER, A.; SCHMIDT, G. H. (1977): Sozialphänomene bei Heteropteren. Zoologica, 43 (127): 19-53.
- MICHA, S. G.; WYSS, U. (1995): Bedeutung von Pflanzenduftstoffen bei der Wirtssuche von *Aphidius usbekistanicus* (Hymenoptera, Aphidiidae), eines Parasitoiden der Großen Getreideblattlaus (*Sitobion avenae*). Gesunde Pflanzen, 47 (8): 300-307.
- MICHALK, O. (1935): Zur Morphologie und Ablage der Eier bei den Heteropteren, sowie über ein System der Eiablagetypen. Deutsch. Ent. Zeitschr., 4: 148-175.
- MILLER, N. C. E. (1971): The biology of the Heteroptera. E. W. Classey Ltd., Hampton, 2nd rev. edition.
- MINOCCI, A.; PETACCHI, R. (1996): LTSEM morphological studies on *Dicyphus errans* (Wolff) (Heteroptera: Miridae). Proc. XX. Int. Congress of Entomology, Firenze, Italy, August, 25-31: 131.
- MÖLCK, G. (2001): Die Bedeutung von Infochemikalien für die olfaktorische Orientierung des Blattlausparasitoiden *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera: Aphelinidae) bei der Wirtssuche. Dissertation, Institut für Phytopathologie, Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- MORIN, P. (1998): Productivity, intraguild predation, and population dynamics in experimental food webs. Ecology, 80: 752-760.
- MÜLLER, H. J. (1992): Dорманц bei Arthropoden. Gustav-Fischer-Verlag, Jena, Stuttgart.
- MÜLLER, M. (1993): Untersuchungen zur Attraktion und Repulsion des Großen braunen Rüsselkäfers, *Hylobius abietis* L. (Coleoptera, Curculionidae). Dissertation, Technische Universität Dresden, Institut für Waldbau und Forstschutz.
- NARANJO, S. E.; HAGLER, J. R. (1998): Characterizing and estimating the effect of heteropteran predation. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (eds.): Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control. Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am.: 171-197.
- NAULT, L. R.; EDWARDS, L. J.; STYER, W. E. (1973): Aphid alarm pheromones: secretion and reception. Environ. Ent., 2: 101-105.
- NICOL, R. W.; ARNASON, J. T.; HELSON, B.; ABOU-ZAID, M. M. (1997): Effect of host and nonhost trees on the growth and development of the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* (Lepidoptera: Lasiocampidae). The Can. Ent., 129: 991-999.
- OBRYCKI, J. J. (1986): The influence of foliar pubescence on entomophagous species. In: Boethel, D. J.; Eikenberry, R. D. (eds.): Interactions of plant resistance and parasitoids and predators of insects. J. Wiley & Sons, New York.
- OKU, K.; YANO, S.; OSAKABE, M.; TAKAFUJI, A. (2003): Spider mites assess predation risk by using the odor of injured conspecifics. J. Chem. Ecol., 29: 2609-2613.
- OSBORNE, D. J. (1972): Mutual regulation of growth and development in plants and insects. In: van Emden, H. F. (ed.): Insect/Plants Relationships. Blackwell Scientific Publications, Symposia of the Royal Entomological Society of London, 6: 33-43.

- PALDI, N.; ZILBER, S.; SHAFIR, S. (2003): Associative olfactory learning of honeybees to differential rewards in multiple contexts-effect of odor component and mixture similarity. *J. Chem. Ecol.*, 29: 2515-2538.
- PARÉ, P. W.; LEWIS, J.; TUMLINSON, J. H. (1999): Induced plant volatiles: biochemistry and effects on parasitoids. In: Agrawal, A. A.; Tuzun, S.; Bent, E. (eds.): *Induced plant defenses against pathogens and herbivores*. APS Press, Minnesota: 167- 180.
- PARKER, N. J. B. (1975): An investigation of reproductive diapause in two British populations of *Anthocoris nemorum* (Hemiptera. Anthocoridae). *J. Ent. (A)*, 49: 173-178.
- PASQUIER-BARRE, F.; GERI, C.; GOUSSARD, F.; AUGER-ROZENBERG, M.A.; GRENIER, S. (2000): Oviposition preference and larval survival of *Diprion pini* on scots pine clones in relation to foliage characteristics. *Agricultural and Forest Entomology*, 2: 3, 185-193.
- PEETERS, P. J. (2002): Correlations between leaf structural traits and the densities of herbivorous insect guilds. *Biol. J. Lin. Soc.*, 77: 43-65.
- PERDIKIS, D. C.; LYKOURESSIS, D. P. (1997): Rate of development and mortality of nymphal stages of the predator *Macrolophus pygmaeus* RAMBUR feeding on various prey and host plants. *Bull. SROP*, 20 (4): 241-248.
- PERDIKIS, D. C.; LYKOURESSIS, D. P. (1999 a): Development and mortality of the nymphal stages of the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* when maintained at different temperatures and on different host plants. *Bull. IOBC/WPRS*, 22 (5): 137-144.
- PERDIKIS, D. C.; LYKOURESSIS, D. P. (1999 b): The influence of temperature, photoperiode and plant type on the predation rate of *Macrolophus pygmaeus* RAMBUR on *Myzus persicae*. *BioControl*, 44: 281-289.
- PERDIKIS, D. C.; LYKOURESSIS, D. P. (2000): Effects of various items, host plants, and temperatures on the development and survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Biol. Control*, 17: 55-60.
- PERDIKIS, D. C.; LYKOURESSIS, D. P. (2001): Nymphal development and survival of *Macrolophus pygmaeus* RAMBUR (Heteroptera, Miridae) on two eggplant varieties as affected by temperature and presence/absence of prey. *Biol. Control*, 20: 222-227.
- PERDIKIS, D. C.; LYKOURESSIS, D. P. (2002): Thermal requirements for development of the polyphagous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *Environ. Ent.*, 31: 661-667.
- PERESSADKO, A.; GORB, S. N. (2004): Surface profile and friction froce generated by insects. First International Industrial Conference Bionik 2004, Proc., Fortschritt-Berichte VDI, VDI Verlag, Düsseldorf: 257-261.
- PETACCHI, P.; ROSSI, E. (1991): Prime osservazioni su *Dicyphus (Dicyphus) errans* (Wolff) (Heteroptera Miridae) diffuso sul pomodoro in serre della Liguria. *Boll. Zool. agr. Bachic.*, Ser. II, 23 (1): 77-86.
- PETERSEN, G. (2000): Signalstoffe in der innerartlichen Kommunikation des Hyperparasitoiden *Alloxysta victrix* (Hymenoptera: Cynipidae) und ihre Wirkung auf den Primärparasitoiden *Aphidius uzbekistanicus* und die Große Getreideblattlaus *Sitobion avenae*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Phytopathologie.
- PICCO, L. (1908): Contributo allo studio della fauna italiana. Eleno sistematico degli Emitteri finora raccolti nella Provincia di Roma. *Bull. Soc. Ent. Ital.*, XL: 10-101.
- PICKETT, J. A.; WADHAMS, L. J.; WOODCOCK, C. M.; HARDIE, J. (1992): The chemical ecology of aphids. *Ann. Rev. Ent.*, 37: 67-90.
- QUILICI, S.; IPERTI, G. (1986): The influence of host plant on the searching ability of first instar larvae of *Propylea quadrodecimpunctata*. In: Hodek, I. (ed.): *Ecology of Aphidophaga. Series Entomologica*, 35: 99-111.
- RANA, J. S.; DIXON, A. F. G.; JARDOSIK, V. (2002): Costs and benefits of prey specialization in a generalist insect predator. *J. Anim. Ecol.*, 71: 15-22.
- RANGER, C. M.; HOWER, A. A. (2002): Glandular trichomes on perennial alfalfa affect host-selection behavior of *Emoiasca fabae*. *Ent. Exp. Appl.*, 105: 71-81.

- RAPUSAS, H. R.; BOTTRELL, D. G.; COLL, M. (1996): Intraspecific variation in chemical attraction of rice to insect predators. *Biol. Control*, 6: 984-400.
- RASCH, D. (1987): Biometrisches Wörterbuch. Erläuterungen und Register. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 3. völlig neu bearbeitete Auflage.
- RAWORTH, D. A. (2004): Control of two-spotted spider mite by *Phytoseiulus persimilis*. <http://www.niast.go.kr/home/knerf/host-news/bccp/raworthpaper/raworthpaper.html>.
- REDDY, G. V. P. (2002): Plant volatiles mediate orientation and plant preference by the predator *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). *Biological Control*, 25, 49: 49-55.
- REINHOLD, M. (1975): Eignung verschiedener Blattlausarten für ihre Feinde. Diplomarbeit, Universität Göttingen, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz.
- ROMEIS, J.; SHANOWER, T. G.; ZEBITZ, C. P. W. (1997): Volatile plant infochemicals mediate plant preference of *Trichogramma chilonis*. *J. Chem. Ecol.*, 23: 2455-2465.
- RONCO, C. (2000): personale Mitteilung. Assessorato agricoltura caccia pesca direzione sviluppo dell'agricoltura settore fitosanitario, Regione Piemonte, Italien.
- RONCO, C.; FAURE, E. (1993): Monitoraggio di miridi spontanei su pomodoro in tunnel. *L'Informatore Agrario*, XLIX, 45: 61-62.
- RONCO, C.; FAURE, E.; GREMO, F. (1992): Rilievi effettuati sul miride predatore *Dicyphus errans* in aziende orticole piemontesi. *L'Informatore Agrario*, XLVIII, 44: 75-78.
- ROSENHEIM, J. A.; KAYA, H. K.; EHLER, L. E.; MAROIS, J. J.; JAFFEE, B. A. (1995): Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. *Biol. Control*, 5: 303-335.
- ROTH-NEBELSICK, A.; UHL, D.; MOSBRUGGER, V.; KERP, H. (2001): Evolution and function of leaf venation architecture: a review. *Ann. Bot.*, 87: 553-566.
- RUBERSON, J. R.; KRING, T. J.; ELKASSABANY, N. (1998): Overwintering and the diapause syndrom of predatory Heteroptera. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (eds.): *Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control*. Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am.: 49-70.
- RUBERSON, J. R.; SHEN, Y. J.; KRING, T. J. (2000): Photoperiodic sensitivity and diapause in the predator *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 93: 1123-1130.
- SABELIS, M. W.; JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; BRUIN, J.; DRUKKER, B.; SCUTAREANU, P. (1999): Behavioural responses of predatory and herbivorous arthropods to induced plant volatiles: from evolutionary ecology to agricultural applications. In: Agraval, A. A.; Tuzun, S. ; Bent, E. (eds.): *Induced plant defenses against Pathogens and Herbivores*. APS Press, Am Phytopathological Soc., Minnesota: 269-298.
- SACHS, L. (1999): *Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden*. Springer-Verlag, Berlin, 9. neubearb. Aufl.
- SALAMERO, A.; GABARRA, R.; ALBAJES, R. (1987): Observations on the predatory and phytophagous habits of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera; Miridae). *Bull. SROP*, 10 (2): 165-169.
- SALEH, A. (2002): Biological and ecological studies on the polyphagous predatory bug *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) as a natural enemy of the melon aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, Institut für Pflanzenkrankheiten.
- SALEH, A.; SENGONCA, C. (2000): Untersuchungen über die Raubwanze *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) als natürlicher Feind von *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch.*, 376: 577-578.
- SANCHEZ, J. A.; GILLESPIE, D. R.; McGREGOR, R. R. (2004): Plant preference in relation to life history traits in the zoophytophagous predator *Dicyphus hesperus*. *Ent. Exp. Appl.*, 112: 7-19.
- SCHADE, M.; SENGONCA, C. (1998): Entwicklung, Fraßleistung und Beutepräferenz von *Hippodamia convergens* Guer.-Men. (Col., Coccinellidae) mit *Thrips tabaci* Lind. (Thys., Thripidae) sowie zwei Aphidenarten als Beute. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 71: 77-80.
- SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. (2000): Economic importance of Heteroptera: a general view. In: Schaefer, C. W.; Panizzi, A. R. (Eds.): *Heteroptera of economic importance*. CRC Press, London: 3-8.

- SCHAEFER, M.; TISCHLER, W. (1983): Ökologie. Wörterbücher der Biologie, VEB Gustav-Fischer-Verlag, Jena, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage.
- SCHEWKET BEY, N. (1930): Zur Biologie der phytophagen Wanze *Dicyphus errans* Wolff (Capsidae). Z. Insbiol., XXV, 10: 179-183.
- SCHMIDT, J. M.; TAYLOR, J.; ROSENHEIM, J. (1998): Cannibalism and Intraguild Predation in the predatory heteropteran. In: Coll, M.; Ruberson, J. R. (eds.): Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control. Thomas Say Publications in Ent. Proc., Proc. Ent. Soc. Am.: 131-170.
- SCHRAMEYER, K. (2000): Biologische Pflanzenschutzverfahren zur Regulierung der bedeutendsten Schädlinge im Zierpflanzenbau: Blattläuse. In: Schulz, C.; Albert, R.; Zebitz, C. P. W. (Hrsg.): Biologische Pflanzenschutzverfahren im Zierpflanzenbau – Praxis, Beratung und Forschung im Gespräch. Fachtagung, Universität Hohenheim, 16.-17. Februar 2000: 161-167.
- SCHUH, R. T. (1976): Pretarsal structure in the Miridae (Hemiptera) with a cladistic analysis of relationships within the family. American Museum Novitates, American Museum of natural history, New York, 2601: 1-39.
- SCHUH, R. T. (1995): Plant bugs of the world (Insecta: Heteroptera: Miridae): Systematic catalog, distributions, host list, and bibliography. The New York Entomological Society.
- SCHUH, R. T.; SLATER, J. A. (1995): True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): Classification and natural history. Cornell University Press, London.
- SCHUH, R. T.; STYS, P. (1991): Phylogenetic analysis of cimicomorphan family relationships (Heteroptera). J. New York Ent. Soc., 99: 298-350.
- SCHWERDTFEGER, F. (1963): Ökologie der Tiere, Bd. 1: Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin.
- SCHWERDTFEGER, F. (1968): Ökologie der Tiere, Bd. 2: Demökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin.
- SEIDENSTÜCKER, G. (1967): Eine Phyline mit *Dicyphus*-Kralle (Heteroptera, Miridae). Reichenbachia, Bd. 8, 27: 215-220.
- SENGONCA, C.; SALEH, A.; BLAESER, P. (2002): Einfluss des Alters von *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) als Beute auf die Prädationsleistung der polyphagen, räuberischen Wanze *Dicyphus tamaninii* Wagner (Het., Miridae). Gesunde Pflanzen, 54 (3+4): 61-65.
- SERVADEI, A. (1957): Contributo alla conoscenza degli emitteri eterotteri del Gargano. Mem. Biogeografia Adriatica, IV: 1-26.
- SERVADEI, A. (1967): Fauna d'Italia - Rhynchota (Heteroptera, Homoptera, Auchenorrhyncha). Catalogo topografico e sinonimico. Edizioni Calderini Bologna.
- SHIMODA, T.; TAKABAYASHI, J.; ASHIHARA, W.; TAKAFUJI, A. (1997): Response of predatory insect *Scolothrips takahashii* toward herbivore-induced plant volatiles under laboratory and field conditions. J. Chem. Ecol., 23: 2033-2048.
- SIGSGAARD, L. (2004): Oviposition preference of *Anthocoris nemorum* and *A. nemoralis* for apple and pear. Ent. Exp. Appl., 111: 215-223.
- SIMMONS, A. T.; GURR, G. M. (2004): Trichome-based host plant resistance of *Lycopersicon* species and the biocontrol agent *Mallada signata*: are they compatible? Ent. Exp. Appl., 113: 95-101.
- SINGER, M. S.; BERNAYS, E. A. (2002): Understanding omnivory needs a behavioural perspective. Ecology, 84: 2532-2537.
- SINIA, A.; ROITBERG, B.; McGREGOR, R. R.; GILLESPIE, D. R. (2004): Prey feeding increases water stress in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*. Ent. Exp. Appl., 110: 243-248.
- SITTE, P.; WEILER, E. W.; KADEREIT, J. W.; BRESINSKY, A.; KÖRNER, C. (2002): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 35. Aufl.
- SLOBODYANYUK, G. A.; IGNATJEW, T. N.; PILIPJUK, W. I. (1995): Biologitscheskaja saschita owoschnych kultur w sakrytom gruntje kurtortnoi sonyi g. Sotschi. (Biological protection of vegetable crops in greenhouses health-resort, zone in city of Sotschi.) Zascita rastenij, 6: 12-13.
- SNODGRASS, G. L. (1991): *Deraecoris nebulosus* (Heteroptera: Miridae): little known predator in cotton in the Mississippi delta. Fla. Ent., 74 (2): 340-344.

- SOUTHWOOD, R. (1986): Plant surfaces and insects – an overview. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 1-22.
- SOUTHWOOD, T. R. E. (1972): The insect/plant relationship – a evolutionary perspective. In: van Emden, H. F. (ed.): Insect/Plants Relationships. Blackwell Scientific Publications, Symposia of the Royal Entomological Society of London, 6: 3-23.
- SOUTHWOOD, T. R. E.; LESTON, D. (1959): Land and water bugs of the British isles. Warne F. & Co. LTD Pub., London & New York: 239-240.
- SPURR, A. R. (1969): A low-viscosity epoxy resin embedding medium for electron microscopy. J. Ultrastruct. Res., 26: 31-43.
- STÄDLER, E. (1986): Oviposition and feeding stimuli in leaf surface waxes. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 105-122.
- STAPLES, J. K.; KRALL, B. S.; BARTELT, R. J.; WHITMAN, D. W. (2002): Chemical defense in the plant bug *Lopidea robiniae* (Uhler). J. Chem. Ecol., 28: 601-615.
- STEHLIK, J. L. (1995): Heteroptera. In: Rozkosny, R. & Vanhara, J. (eds.): Terrestrial Invertebrates of the Palava Biosphere Reserve of UNESCO, I. Folia Fac. Sci. Nat. Uni Masaryk. Brun., Biol., 92: 147-164.
- STEIDLE, J. L. M.; LOON, J. J. A. (2003): Specific Dietary specialization and infochemical use in carnivorous arthropods: testing a concept. Ent. Exp. Appl., 108: 133-148.
- STEIDLE, J. L. M.; STEPPHUHN, A.; RUTHER, J. (2003): Specific foraging kairomones used by a generalist parasitoid. J. Chem. Ecol., 29: 131-143.
- STICHEL, W. (1925-1938): Illustrierte Bestimmungstabellen der deutschen Wanzen. Verlag naturwissenschaftlicher Populationen, Berlin.
- STONER, A. (1972): Plant feeding by *Nabis*, a predaceous genus. Env. Ent., 1: 557-558.
- STRASBURGER, E. ET AL. (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav-Fischer-Verlag, Jena, 33. neubearb. Aufl.
- SÜHLO, K. (1996): Untersuchung der Wanzenfauna (Heteroptera) des Roten Luches (Märkische Schweiz, Brandenburg). Insecta, 4: 112-125.
- TAMANINI, L. (1956): Alcune osservazioni sui *Dicyphus* italiani e loro distribuzione (Heteroptera: Miridae). Mem. Soc. Ent. Ital., XXXVI, I-II-III: 14-22.
- TAMANINI, L. (1961): Ricerche zoologiche sul massiccio del Pollino (Lucania Calabria). XXX Emitteri Eterotteri (Hemiptera Heteroptera). Annuario dell'Istituto e Museo di Zoologia della Università di Napoli, XIII (2): 1-128.
- TAMANINI, L. (1981): Gli eterotteri della Basilicata e della Calabria (Italia meridionale) (Hemiptera Heteroptera). Mem. Mus. civ. stor. nat. Verona, sez. sci. vita, 2 A (3): 1-164.
- TAMANINI, L. (1988): Tabelle per la determinazione dei più comuni eterotteri italiani (Heteroptera). Mem. Soc. ent. ital., Genova, 67 (2): 359-471.
- TEDESCHI, R.; ALMA, A.; TAVELLA, L. (2001): Side-effects of three neem (*Azadirachta indica* A. Juss) products on the predator *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het., Miridae). J. Appl. Ent., 125: 397-402.
- TEM BROCK, G. (Hrsg.) (1978): Verhaltensbiologie unter besonderer Berücksichtigung der Physiologie des Verhaltens. Wörterbücher der Biologie. VEB G.-Fischer-Verlag, Jena.
- TER HORST, S. (2000): Einfluss verschiedener Temperaturen, Wirtspflanzen und Beutetiere auf die Entwicklung von *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Heteroptera: Miridae). Diplomarbeit, Universität Hannover, Fachbereich Gartenbau, Institut für Pflanzenschutz und Pflanzenkrankheiten.
- THOMPSON, W. R. (1951): The specificity of host relations in predacious insects. Can. Ent., LXXXIII: 262-269.
- TILLMANN, G.; RUBERSON, J. (2002): Effect of prey species and size on plant feeding behaviour by the big-eyed bug, *Geocoris punctipes* on cotton. <http://www.griffin.peachnet.edu/caes/cotton/2002rer/rer43.pdf>.
- TOFT, S.; WISE, D. H. (1999): Growth, development, and survival of a generalist predator fed single- and mixed-species diets of different quality. Oecologia, 119: 191-197.

- VALVERDE, P. L.; FORNONI, J.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. (2001): Defensive role of leaf trichomes in resistance to herbivorous insects in *Datura stramonium*. *J. Evol. Biol.*, 14: 424-432.
- VAN ALPHEN, J. J. M.; JERVIS, M. (1996): Foraging behaviour. In: Jervis, M.; Kidd, N. (eds.): *Insect natural enemies. Practical approaches to their study and evaluation*. Chapman & Hall, London: 1-62.
- VAN DE VEIRE, M.; STERK, G.; VAN DER STAIIJ, M.; RAMAKERS, P. M. J.; TIRRY, L. (2002): Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. *BioControl*, 47: 101-113.
- VAN EMDEN, H. F.; WAY, M. J. (1972): Host plants in the population dynamics of insects. In: van Emden, H. F. (ed.): *Insect/Plants Relationships*. Blackwell Scientific Publications, Symposia of the Royal Entomological Society of London, 6: 181-198.
- VAN TOL, R. W. H. M.; VISSER, J. H. (2002): Olfactory antennal responses of the vine weevil *Otiorrhynchus sulcatus* to plant volatiles. *Ent. Exp. Appl.*, 102: 49-64.
- VANLAERHOVEN, S. L.; GILLESPIE, D. R.; ROITBERG, B. D. (2003): Diel activity pattern and predation rate of the generalist predator *Dicyphus hesperus*. *Ent. Exp. Appl.*, 107: 149-154.
- VENZON, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. (1999): Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Ent. Exp. Appl.*, 93: 305-314.
- VET, L. E. M.; DICKE, M. (1992): Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.*, 37: 141-172.
- VET, L. E. M.; GROENEWOLD, A. W. (1990): Semiochemicals and learning in parasitoids. *J. Chem. Ecol.*, 16: 3119-3135.
- VISSIANI, G. (1971): Osservazioni biologiche sul Miride predatore *Deraecoris ruber* (L.) (Rhynchota, Heteroptera). *Boll. Lab. Ent. Agr. "Filippo Silvestri"* Portici, Napoli, XXIX: 270-285.
- VOIGT, D. (2002): Untersuchungen zur Biologie der räuberischen Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff, insbesondere zum Beutetierspektrum und zur Wirtspflanzenpräferenz im Botanischen Garten der TU Dresden. Diplomarbeit. Technische Universität Dresden, Institut für Waldbau und Forstschutz.
- VOIGT, D. (2004): Eine Bereicherung für den Bio-Anbau? Die räuberisch lebende Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff. *TaspoMagazin*, 2/2004: 18-20.
- WACHMANN, E. (1989): Wanzen, beobachten – kennenlernen. NJN Naturführer, Neumann-Neudamm, Melsungen.
- WACHMANN, E., MELBER, A.; J. DECKERT (2004): Wanzen, Band 2, Cimicomorpha (Microphysidae, Miridae) in: *Tierwelt Deutschlands* Band 75, Verlag Goecke & Evers.
- WAGNER, E. (1951): Zur Systematik der Gattung *Dicyphus* (Hem. Het., Miridae). *Soc. Sci. Fenn. Comm. Biol.*, 12 (6): 1-36.
- WAGNER, E. (1952): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. 41. Teil: Blindwanzen oder Miriden. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- WAGNER, E. (1955): Bemerkungen System der Miridae (Hemiptera, Heteroptera). *Dtsch. Entomol. Z.*, 2: 230-242.
- WAGNER, E. (1970/71): Die Miridae Hahn, 1831, des Mittelmeerraumes und der Makronesischen Inseln (Hemiptera ; Heteroptera), Teil 1. *Entom. Abh. Mus. Tierk. Dresden* 37, Suppl.
- WAGNER, E.; WEBER, H. H. (1964): Faune de France. 67 Hétéroptères Miridae. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Office Central de Faunistique, Paris.
- WALKER, A. J.; GORDON, L. S. (1998): Development and fecundity of *Deraecoris nebulosus* (Heteroptera: Miridae) on *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Fla. Ent.*, 81 (3): 345-350.
- WALTERS, P. J. (1974): A method for culturing *Stethorus spp.* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae). *J. Aust. ent. Soc.*, 13: 245-246.
- WANG, E.; WANG, R.; DEPARASIS, J.; LOUGHIN, J. H.; GAN, S.; WAGNER, G. J. (2001): Suppression of a P450 hydroxylase gene in plant trichome glands enhances natural-product-based aphid resistance. *Nature biotechnology*, 19: 371-374.
- WAY, M. J. (1977): Integrated control – practical realities. *Outlook on Agriculture*, 9: 127-135.

- WEBER, H. (1930): Biologie der Hemipteren, eine Naturgeschichte der Schnabelkerfe. Biol. Studienbücher 11, Springer, Berlin.
- WHEELER, A. G. (2001): Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, predators, opportunists. Cornell University Press, London.
- WHEELER, A. G.; HENRY, T. J. (1992): A synthesis of the holarctic Miridae (Heteroptera): distribution, biology, and origin, with emphasis on North America. The Thomas Say Foundation, vol. XV, Entomological Society of America.
- WHEELER, JR., A. G.; STINNER, B. R.; HENRY, T. J. (1975): Biology and nymphal stages of *Deraeocoris nebulosus* (Hemiptera : Miridae), a predator of arthropod pest on ornamentals. Ann. Ent. Soc. Am., 68: 1063-1068.
- Wheeler, W. C.; Schuh, R. T.; Bang, R. (1993): Cladistic relationships among higher groups of Heteroptera: Congruence between morphological and molecular data sets. Entomol. Scand., 24: 121-137.
- WHITBEY, R. M. (1999): Green bean extract-induced oviposition site preference in laboratory reared western tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae). Environ. Entomol., 28: 201-204.
- WHITE, C.; EIGENBRODE, S. D. (2000): Leaf surface waxbloom in *Pisum sativum* influences predation and intra-guild interactions involving two predator species. Oecologia, 124: 252-259.
- WIEDENMANN, R. N.; SMITH, J. W. (1997): Attributes of natural enemies in ephemeral crop habitats. Biol. Control, 10: 16-22.
- WIGGLESWORTH, V. B. (1959): Physiologie der Insekten. Reihe Exp. Biologie, Bd. 14, Birkhäuser Verlag, Basel & Stuttgart, 2. Aufl.
- WILLMER, P. (1986): Microclimatic effects on insects at the plant surface. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 65-80.
- WITZGALL, P. (2003): Persönliche Mitteilung. SLU, Alnarp, Schweden. <http://www.phero.net>.
- WOLFRAM, E. M. (1972): Versuch einer Determination und Typisierung der Heteropteren Mitteleuropas nach ihrer Ernährungsbiologie unter Berücksichtigung angewandt-entomologischer Gesichtspunkte und wichtiger exotischer Taxa. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Mathem.-naturw. Fakultät.
- WOODHEAD, S.; CHAPMAN, R. F. (1986): Insect behaviour and the chemistry of plant surface waxes. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 123-136.
- WOODROFFE, G. (1964): The host plants of *Dicyphus errans* (Wolff) (Hemiptera, Miridae). Ent. Month. Mag., 100: 144.
- WYSS, U. (2004): Persönliche Mitteilung. Institut für Phytopathologie. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- YASUDA, T. (1998): Role of chlorophyll content of prey diets in prey-locating behaviour of a generalist predatory stink bug, *Eocanthecona furcellata*. Ent. Exp. Appl., 86:119-124.
- ZENG, F.; COHEN, A. C. (2001): Induction of elastase in a zoophytophagous heteropteran, *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae). Ann. Ent. Soc. Am., 94: 146-151.
- ZENG, M.; COHEN, A. C. (2000): Demonstration of amylase from the zoophytophagous anthocorid *Orius insidiosus*. Arch. Ins. Biochem. Physiol., 44: 136-139.
- ZHAO, Y. X.; KANG, L. (2003): Olfactory responses of the leafminer *Liriomyza sativae* (Dipt., Agromyzidae) to the odours of host and non-host plants. J. Appl. Ent., 127: 80-84.
- ZUH, Y. C.; ZENG, F.; OPPERT, B. (2003): Molecular cloning of trypsin-like cDNAs and comparision of proteinase activities in the salivary glands and gut of the tarnished plant bug *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae). Ins. Biochem. Mol. Biol., 33: 889-899.

7.2 Tabellenverzeichnis

	Seite	
Tabelle 01	Überblick über die Vermehrung von Wirtspflanzen und entsprechenden Insekten	23
Tabelle 02	Schematisierter Plan der monatlichen Routinemaßnahmen in der Versuchstier- und Wirtspflanzenvermehrung	25
Tabelle 03	Verwendete Pflanzen und deren hauptsächliche Oberflächencharakteristika zur Untersuchung der Fekundität und Ontogenese von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in Abhängigkeit von der Wirtspflanze	35
Tabelle 04	Anzahl (\pm Standardabweichung) abgelegter Eier je Weibchen, geschlüpfter Larven und mittlere Dauer der Embryonalentwicklung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff an <i>Plectranthus ambiguus</i> (Bol.) Codd in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot (Varianten bei 16 h Photoperiode), n = 20	37
Tabelle 05	Mittlere Juvenilentwicklungsduer (\pm Standardabweichung) von <i>Dicyphus errans</i> Wolff an <i>Plectranthus ambiguus</i> (Bol.) Codd in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot (Varianten bei 16 h Photoperiode), n = 20	38
Tabelle 06	Bedingungen während der Untersuchungen zur Fekundität und Ontogenese von <i>Dicyphus errans</i> Wolff an <i>Plectranthus ambiguus</i> (Bol.) Codd bei Wechselklima I und II im Versuchsgewächshaus, n = 20	40
Tabelle 07	Geschlechterverhältnis bei der Entwicklung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff an <i>Plectranthus ambiguus</i> (Bol.) Codd in Abhängigkeit von der Temperatur, Luftfeuchte und vom Lichtangebot, n = 20	41
Tabelle 08	Anzahl (\pm Standardabweichung) abgelegter Eier je Weibchen, geschlüpfter Larven und mittlere Dauer der Embryonalentwicklung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff bei $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ relativer Luftfeuchte und 16 h Photoperiode in Abhängigkeit ausgewählter Wirtspflanzen, n = 10	41-42
Tabelle 09	Mittlere Juvenilentwicklungsduer (\pm Standardabweichung) von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in Abhängigkeit ausgewählter Wirtspflanzen, n = 10	42-43
Tabelle 10	Mittlere Blattfläche bzw. Stängellänge und Standardabweichung nach Erhebung dieser Daten mit dem Area Meter (Mittelwerte \pm Standardabweichungen), n = 3	43-44
Tabelle 11	Relativer Anteil eiablagefähiger Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in den Untersuchungen zur Dormanz	52
Tabelle 12	Mittelwerte der dokumentierten Parameter zum Eiablageerfolg der Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in den Untersuchungen zur Dormanz	53
Tabelle 13	Parameter für die Evaluierung des Verhaltens von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Windkanalbioessay	60
Tabelle 14	Anteile der Reaktionen [%] von <i>Dicyphus errans</i> Wolff nach 6 Parametern im Windkanalbioessay	62
Tabelle 15	Oberflächencharakterisierung der im Inversionstest zum Haftvermögen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff verwendeten Pflanzen	74-75
Tabelle 16	Gemittelte Reibungskraft (F_r), die <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Zentrifugalexperiment generierte und die dabei realisierte Beschleunigung (a) in Abhängigkeit von verschiedenen Oberflächenrauhigkeiten	78
Tabelle 17	Reibungskoeffizienten (μ) von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Zentrifugalkrafttest	79
Tabelle 18	Durchschnittliche Dichte, Länge und Durchmesser der Trichome Pflanzenoberflächen im Zugkraftexperiment mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff	81

Tabelle 19	Durchschnittliche Ergebnisse im Zugkraftexperiment mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff auf den Testoberflächen Glas vor dem Laufen auf der Blattfläche, Blattfläche, Glas nach dem Laufen auf der Blattfläche	82
Tabelle 20	Korrelationen zwischen Parametern des Lebenszyklus und Parametern der Pflanzenoberflächentextur	91
Tabelle 21	Überblick über die Beute-Wirtspflanzen-Kombinationen bei den Verzehrtests mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff	95
Tabelle 22	Überblick über die Varianten und der getesteten Beutetiere im Versuch zur Verzehrleistung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in Abhängigkeit von der Beutepräferenz	96
Tabelle 23	Mittlere Anzahl und Standardabweichung der von <i>Dicyphus errans</i> Wolff innerhalb von 24 Stunden ausgesaugten Beutetiere nach dem Aspekt des Beutetiereinflusses geordnet	98-99
Tabelle 24	Mittlere Anzahl und Standardabweichung der von <i>Dicyphus errans</i> Wolff innerhalb von 24 Stunden ausgesaugten Beutetiere nach dem Aspekt des Wirtspflanzeneinflusses geordnet	100-101
Tabelle 25	Mittlere Verzehrleistung (\pm Standardabweichung) der Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff innerhalb von 24 Stunden im Mini-Split-Arenatest	102
Tabelle 26	Mittlere Anzahl und Standardabweichung überlebender und erbeuteter parthenogenetischer Weibchen von <i>Aphis gossypii</i> im Test zur Verzehrleistung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff abhängig von der Temperatur bei 16:8 h Licht/Dunkel	103
Tabelle 27	Beispiele für Aktivitäten von <i>Dicyphus errans</i> Wolff und die dafür benötigte Zeitspanne während der durchgeföhrten Videodokumentationen	118-119
Tabelle 28	Strategien im Putzverhalten von <i>Dicyphus errans</i> in Anlehnung an die Klassifikation von BASIBUYUK & QUICKE (1999); beteiligte Körperteile in den Skizzen geschwärzt	126

7.3 Abbildungsverzeichnis

	Seite	
Abbildung 01	Cladogramm der Heteroptera nach SCHUH (1976, 1995), SCHUH & ŠTYS (1991) sowie WHEELER ET AL. (1993).	03
Abbildung 02	Schematischer Grundbauplan der Miridae (nach TAMANINI 1988 und WHEELER 2001).	05
Abbildung 03	<i>Dicyphus errans</i> Wolff (Maßstab entspricht 1 mm) (VOIGT 2002, 2004).	06
Abbildung 04	Ei von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Blattgewebe (<i>Nicotiana sylvestris</i> , Solanaceae) (REM-Aufnahmen Bäucker; Präparate Voigt; Foto Voigt; A, B; E Rasterelektronenmikroskop 'JEOL JSM – T 330 A; C, D Binokular NIKON SMZ U) (VOIGT 2002).	08
Abbildung 05	Hexagonale Abdrücke der Follikelzellen eines Eies von <i>Dicyphus errans</i> Wolff; REM-Aufnahmen Bäucker, Präparate Voigt (VOIGT 2002).	08
Abbildung 06	<i>Dicyphus errans</i> Wolff, Maßstab entspricht 3 mm (VOIGT 2002, 2004).	09
Abbildung 07	Entwicklungszyklus von <i>Dicyphus errans</i> Wolff (Klimaparameter: $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $75 \pm 10\%$ relative Luftfeuchte, 16stündige Photoperiode) mit Eiern von <i>Sitotroga cerealella</i> Olivier (Gelechiidae) und einem Blattstück von <i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz. et Gomez (Solanaceae) (VOIGT 2002).	10
Abbildung 08	Generationsfolgen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Botanischen Garten der Technischen Universität Dresden (VOIGT 2002).	11
Abbildung 09	Mittlere Verzehrleistung eines Pärchens von <i>Dicyphus errans</i> Wolff innerhalb von 24 Stunden, dargestellt am Verhältnis prozentual überlebender Phytophaga in der Variante mit Wanze <i>D. errans</i> in Relation zur Kontrollvariante ohne Wanze (VOIGT 2002).	15
Abbildung 10	Fortbewegung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff auf <i>Ononis sp.</i> (nach SOUTHWOOD 1986).	17
Abbildung 11	Käfige für die Vermehrung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	22
Abbildung 12	Vermehrung von <i>Planococcus citri</i> Risso auf Kartoffelkeimen in präparierten Kunststoffeimern.	24
Abbildung 13	Von Pilzen der Ordnung Entomophthorales infiziertes Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	26
Abbildung 14	Dokumentation zur Morphologie von <i>Dicyphus errans</i> Wolff, (REM) Teil I.	28
Abbildung 15	Dokumentation zur Morphologie von <i>Dicyphus errans</i> Wolff, Teil II.	30
Abbildung 16	Dokumentation zur Morphologie von <i>Dicyphus errans</i> Wolff, Teil III.	31
Abbildung 17	Bauplan des Prätarsus' von <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	32
Abbildung 18	Versuchsgefäßaufstellung in der Umwelttestkammer.	33
Abbildung 19	Aufstellung der Versuchsgefäße im Lichtregal.	35
Abbildung 20	Mittlere Entwicklungsdauer (A) und akkumulierte Mortalität (B) von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in Abhängigkeit von Temperatur, Luftfeuchte und Lichtangebot.	39
Abbildung 21	Wechselklimaverlauf und mittlere Entwicklungsdauer von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in den Versuchsgewächshäusern I und II.	40
Abbildung 22	Mittlere Anzahl abgelegter Eier und Schlupfrate der ersten Larven von <i>Dicyphus errans</i> Wolff bezüglich unterschiedlicher Wirtspflanzen und ihrer Oberflächenbeschaffenheit.	44

Abbildung 23	Mittlere Anzahl und Standardabweichung abgelegter Eier je Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in den Experimenten zur Eiablage in Abhängigkeit vom verfügbaren Luftraum.	45
Abbildung 24	Durchschnittliche kumulative Eiablage von <i>Dicyphus errans</i> Wolff nach Wochen aufgeschlüsselt.	45
Abbildung 25	Durchschnittliche Eiablage im Freiland gesammelter Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	53
Abbildung 26	Versuchsaufbau Olfaktometertest.	56
Abbildung 27	Versuchsaufbau und Funktionsprinzip beim Windkanalbioessay mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	58
Abbildung 28	Verhaltensweise von <i>Dicyphus errans</i> Wolff (♀♀) im Y-Olfaktometer.	61
Abbildung 29	Flugmuster von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Windkanaltest.	63
Abbildung 30	Mittlere prozentuale Anteile der Landungen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff auf den Duftquellen und Gefäßwänden sowie der dafür benötigten Zeit.	64
Abbildung 31	Nach 24 Stunden von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in der Testkammer bei Windstille prozentual besetzte Duftquellen (<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz et Gomez gesund und mit Beute <i>Planococcus citri</i> Risso).	64
Abbildung 32	Vergleichende Darstellung der Landungen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff während der Bioessays im Windkanal mit unterschiedlicher Experimentdauer.	68
Abbildung 33	Schema zur Festlegung der Hafterfolgsstufen 0 bis 3 im Inversionsexperiment mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	71
Abbildung 34	Design der Zentrifugaleinrichtung zur Messung des Haftvermögens (Reibungs- und Adhäsionskraft) von <i>Dicyphus errans</i> Wolff, aus GORB ET AL. (2001 a).	72
Abbildung 35	Experimentaufbau des Zugexperiments (A) mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff und dazugehörige typische Kraft-Zeit-Kurve (B) für die Ermittlung der maximalen Reibungskraft (F_{fr}), aus GORB ET AL. (2004).	73
Abbildung 36	Haftvermögen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Inversionsexperiment, A) auf der adaxialen Blattseite, B) auf der abaxialen Blattseite.	76
Abbildung 37	Haftungserfolg der Männchen und Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Inversionsexperiment.	77
Abbildung 38	Von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Zentrifugalkrafttest generierte Reibungskraft (A) und Beschleunigung (B) bis zum Versagen der Haftkraft auf dem rotierenden Testsubstrat.	78
Abbildung 39	Auswahl der Palette untersuchter Pflanzen im Zugexperiment mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff mit ihren charakteristischen Haarkleidern, REM-Aufnahmen.	80
Abbildung 40	Ermittelte mittlere Zugkraft, F_z (A), relative Zugkraft, F_{rel} (B) und Reibungskoeffizienten, μ (C) auf verschiedenen abaxialen Pflanzenoberflächen in den Zugexperimenten mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	83
Abbildung 41	Zusammenhänge der absoluten Zugkraft von <i>Dicyphus errans</i> Wolff mit den Blattoberflächenparametern Trichomlänge, -durchmesser und –dichte.	84
Abbildung 42	Berücksichtigte Größen bei der morphometrischen Analyse der Prätarsi von <i>Dicyphus errans</i> Wolff.	85
Abbildung 43	Körperhaltung von <i>Dicyphus errans</i> Wolff im Zugkraftexperiment.	86
Abbildung 44	Haftungsmöglichkeiten von <i>Dicyphus errans</i> Wolff auf Oberflächen.	88
Abbildung 45	Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff schreitet über die stark behaarte adaxiale Blattoberfläche von <i>Cleome hirsuticaulis</i> J. F. Macbr. (Capparidaceae).	92

Abbildung 46	Ansatzpunkte für zukünftige Studien zum Anhaften von <i>Dicyphus errans</i> Wolff an Pflanzen und zu berücksichtigende Einflussgrößen der Pflanzenhaare.	92
Abbildung 47	Aufstellung der Versuchsgefäße zum Verzehrtest mit <i>Dicyphus errans</i> Wolff in Gewächshauskabine.	95
Abbildung 48	Mittlere Anzahl der durch <i>Dicyphus errans</i> Wolff innerhalb von 24 Stunden ausgesaugten Larven von <i>Aulacorthum solani</i> Kb. auf verschiedenen Wirtspflanzen.	101
Abbildung 49	Mittlere Anzahl ausgesaugter Larven von <i>Myzus persicae</i> Sulzer je Weibchen von <i>Dicyphus errans</i> Wolff in Abhängigkeit einer zusätzlich verfügbaren Wasserquelle.	103
Abbildung 50	Standbilder der Videodokumentation über <i>Dicyphus errans</i> , Teil I.	113
Abbildung 51	Standbilder der Videodokumentation über <i>Dicyphus errans</i> , Teil II.	116
Abbildung 52	Standbilder der Videodokumentation über <i>Dicyphus errans</i> , Teil III.	120
Abbildung 53	Modellschema zur Nahrungsauswahl der Miridae (nach HATFIELD et al. 1983).	123

Dissertation von Dipl.-Ing. Dagmar Voigt zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. nat. der Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften der Technischen Universität Dresden mit dem Titel

„Untersuchungen zur Morphologie, Biologie und Ökologie der räuberischen Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff (Heteroptera, Miridae, Bryocorinae)“

Anlagen

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Nachweise der Pflanzenhabitale von *Dicyphus errans* Wolff
- Anlage 1.1 In der Literatur zitierte Pflanzenhabitale von *Dicyphus errans* Wolff
- Anlage 1.2 Nachweise der Pflanzenhabitale von *Dicyphus errans* Wolff auf den Freiflächen im Botanischen Garten der TU Dresden, okulare Studien, Kescherfänge (2003-2005) und insbesondere einer umfassenden Vollaufnahme am 06.09.2004
- Anlage 2 Räumliche Orientierung von *Dicyphus errans* Wolff
- Anlage 3 Charakterisierung der Blattoberflächen der verwendeten Pflanzen im Zugtest mit *Dicyphus errans* Wolff
- Anlage 4 Studien zur Omnivorie von *Dicyphus errans* Wolff: Enzymassays
- Anlage 4.1 Material und Methoden
- Anlage 4.1.1 Verdünnungsstufen für die Kalibrierungsgrade zur Ermittlung der Gesamtproteinkonzentration in den Gewebeproben von *Dicyphus errans*
- Anlage 4.1.2 Getestete Enzyme und deren Verdauungsfunktion, verwendete Puffer, Substrate, Positiv- und Negativkontrollen, reaktionsstoppende Reagenzien sowie Inkubationszeiten in den Enzymassays mit den Gewebeproben von *Dicyphus errans* Wolff
- Anlage 4.2 Ergebnisse
- Anlage 4.2.1 Kalibrierungskurve zur Bestimmung des Gesamtproteingehalts der Gewebeproben von *Dicyphus errans* Wolff
- Anlage 4.3 Schlussfolgerungen

Anlage 1**Nachweise der Pflanzenhabitale von *Dicyphus errans* Wolff****Anlage 1.1 In der Literatur zitierte Pflanzenhabitale von *Dicyphus errans* Wolff**

(*Quellennachweise finden sich in ausführlicher Form im Anschluss der Anlage 1.1).

Nr.	Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Quellennachweise*
01	<i>Acalypha hispida</i> Burm. F.	Euphorbiaceae	25
02	<i>Achimenes erecta</i> (Lam.) H. P. Fuchs	Gesneriaceae	25
03	<i>Achimenes grandiflora</i> (Schiede) DC.	Gesneriaceae	25
04	<i>Achimenes heterophylla</i> (Mart.) DC.	Gesneriaceae	25
05	<i>Achimenes misera</i> Lindl.	Gesneriaceae	25
06	<i>Alkanna graeca</i> Boiss. et Sprun.	Boraginaceae	25
07	<i>Alkanna orientalis</i> (L.) Boiss.	Boraginaceae	25
08	<i>Alloplectus ambiguus</i> Urb.	Gesneriaceae	25
09	<i>Amaranthus</i> sp.	Amaranthaceae	1
10	<i>Ammannia baccifera</i> ?	Lythraceae	25
11	<i>Ardisiandra wettsteinii</i> R. Wagner	Primulaceae	25
12	<i>Asclepias caerulea</i> L.	Asclepiadaceae	25
13	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) T. Anderson	Acanthaceae	25
14	<i>Atropa belladonna</i> L.	Solanaceae	9, 11, 16, 20
15	<i>Barleria albostellata</i> C. B. Clarke	Acanthaceae	25
16	<i>Brassica</i> sp.	Cruciferae	14 (nur unter Zwang)
17	<i>Brillantaisia lamium</i> Benth.	Acanthaceae	25
18	<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb. & Bonpl.)	Solanaceae	25
19	<i>Bryonia dioica</i> Jaqu.	Cucurbitaceae	11, 16, 19, 20, 25
20	<i>Buddleya globosa</i> Hope	Buddlejaceae	25
21	<i>Calendula officinalis</i> L.	Compositae	14, 16, 25
22	<i>Carduus</i> sp.	Compositae	14, 16
23	<i>Chirita eberhardtii</i> Pellegr.	Gesneriaceae	25
24	<i>Chirita micromusa</i> B. L. Burtt.	Gesneriaceae	25
25	<i>Cichorium intibus</i> L.	Asteraceae	14
26	<i>Circaea</i> sp.	Urticaceae	14, 16
27	<i>Circaea lutetiana</i> L.	Urticaceae	25
28	<i>Cissus njegerre</i> Gilg	Vitaceae	25
29	<i>Cistus monspeliensis</i> L.	Cistaceae	10
30	<i>Cistus salvifolius</i> L.	Cistaceae	25
31	<i>Citrus aurantium</i> L. cv. 'Volkameriana'	Rutaceae	14
32	<i>Cleome hirsuticaulis</i> J. F. Macbr.	Capparidaceae	25
33	<i>Clerodendron</i> sp.	Verbenaceae	25
34	<i>Coleus fredericii</i> G. Tayl.	Lamiaceae	25
35	<i>Columnea aureonitens</i> Hook.	Gesneriaceae	25
36	<i>Columnea sanguinea</i> (Pers.) Hanst.	Gesneriaceae	25

Anlage 1.1 Fortsetzung

Nr.	Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Quellennachweise*
37	<i>Crossandra nilotica</i> Oliv.	Acanthaceae	25
38	<i>Cucubalus</i> sp.	Caryophyllaceae	14, 22
39	<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae	6
40	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	3
41	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae	3, 6
42	<i>Cynoglossum officinale</i> L.	Boraginaceae	10
43	<i>Cynoglossum</i> sp.	Boraginaceae	14, 16
44	<i>Cyphomandra betacea</i> (Cav.) Sendt.	Solanaceae	25
45	<i>Datura sanguinea</i> Ruiz & Pavon	Solanaceae	25
46	<i>Digitalis grandiflora</i> Mill.	Scrophulariaceae	25
47	<i>Digitalis purpurea</i> L.	Scrophulariaceae	16, 25
48	<i>Digitalis viridiflora</i> Lind.	Scrophulariaceae	25
49	<i>Dissotis plumosa</i> Hook. f.	Melastomataceae	25
50	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L.	Asteraceae	14
51	<i>Echium</i> sp.	Boraginaceae	9
52	<i>Echium vulgare</i> L.	Boraginaceae	16
53	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Oenotheraceae	9, 13, 14
54	<i>Epilobium</i> sp.	Oenotheraceae	14, 16, 23
55	<i>Erigeron annuus</i> L.	Compositae	1
56	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L' Herit	Geraniaceae	14, 16
57	<i>Erodium manescani</i> ?	Geraniaceae	25
58	<i>Erodium</i> sp.	Geraniaceae	9, 11
59	<i>Erytrina christagalli</i> L.	Fabaceae	25
60	<i>Galeopsis tetrahit</i> L.	Labiatae	16
61	<i>Geranium albanii</i> ?	Geraniaceae	25
62	<i>Geranium pheum</i> L.	Geraniaceae	25
63	<i>Geranium platypetalum</i> Fisch. & CA Mey.	Geraniaceae	25
64	<i>Geranium robertianum</i> L.	Geraniaceae	5, 14, 15, 16, 25
65	<i>Geranium</i> sp.	Geraniaceae	2, 9, 11, 19, 20, 22, 23
66	<i>Hyoscamus niger</i> L.	Solanaceae	16
67	<i>Hypoestes aristata</i> Soland ex Roem & Schult.	Acanthaceae	25
68	<i>Hypoestes verticillaris</i> (Lf) Sol.	Acanthaceae	25
69	<i>Inula conyzae</i> (Griess.) Meikle	Asteraceae	25
70	<i>Inula viscosa</i> (L.) Aiton	Asteraceae	10
71	<i>Lactuca</i> sp.	Asteraceae	4 (nur unter Zwang)
72	<i>Lavatera</i> sp.	Lamiaceae	1
73	<i>Lindenbergia urticifolia</i> Lehm.	Scrophulariaceae	25

Anlage 1.1 Fortsetzung

Nr.	Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Quellennachweise*
74	<i>Lobelia tupa</i> L.	Campanulaceae	25
75	<i>Lophospermum erubescens</i> D. Don	Scrophulariaceae	25
76	<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	6
77	<i>Melandryum album</i> GK (syn. <i>Silene</i> sp.)	Caryophyllaceae	16
78	<i>Melandryum</i> sp.	Caryophyllaceae	9
79	<i>Menta x villosa</i> Huds.	Lamiaceae	25
80	<i>Nautilocalyx melittifolius</i> (L.) Wiegler	Gesneriaceae	25
81	<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz. et Gomez	Solanaceae	25
82	<i>Nicotiana tomentosa</i> Ruiz & Pav	Solanaceae	25
83	<i>Oenonthera x hoelscheri</i> Renner & Rostanski	Oenotheraceae	25
84	<i>Oenothera biennes</i> L.	Oenotheraceae	8
85	<i>Ononis natrix</i> L.	Fabaceae	22
86	<i>Ononis</i> sp.	Fabaceae	9, 14
87	<i>Ononis spinosa</i> L.	Fabaceae	4
88	<i>Parietaria officinalis</i> L.	Urticaceae	1, 25
89	<i>Paulownia</i> sp.	Scrophulariaceae	11
90	<i>Pelargonium australe</i> Willd.	Geraniaceae	25
91	<i>Pelargonium capitatum</i> (L.) L' Her.	Geraniaceae	25
92	<i>Pelargonium cucullatum</i> (L.) L' Her.	Geraniaceae	25
93	<i>Pelargonium fulgidum</i> (L.) L' Her.	Geraniaceae	25
94	<i>Pelargonium hispidum</i> Willd.	Geraniaceae	25
95	<i>Pelargonium maderense</i> Don.	Geraniaceae	25
96	<i>Pelargonium oblongatum</i> Harvey	Geraniaceae	25
97	<i>Pelargonium zonale</i> Ait.	Geraniaceae	14, 16, 25
98	<i>Pentas lanceolata</i> Forssk. Deflers	Rubiaceae	25
99	<i>Peristrophe speciosa</i> Roxb. ex Wall	Acanthaceae	25
100	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae	6
101	<i>Phlomis russelina</i> (Sims.) Benth.	Lamiaceae	25
102	<i>Plectranthus ambiguus</i> (Bolus) Codd	Lamiaceae	25
103	<i>Plectranthus fruticosus</i> L' Her.	Lamiaceae	25
104	<i>Rechsteineria cooperi</i> (Paxt.) Kuntze	Gesneriaceae	25
105	<i>Rechsteineria lineata</i> Hjelm.	Gesneriaceae	25
106	<i>Rehmannia elata</i> N. E. Br.	Scrophulariaceae	25
107	<i>Rytidophyllum tomentosum</i> Mart.	Gesneriaceae	25

Anlage 1.1 Fortsetzung

Nr.	Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Quellennachweise*
108	<i>Salix sp.</i>	Salicaceae	8, 14,
109	<i>Salvia sp.</i>	Lamiaceae	2, 4, 9, 14, 16, 22, 25
110	<i>Satureja cuneifolia</i> Ten.	Lamiaceae	11, 20,
111	<i>Scrophularia alpestris</i> J. Gay ex Benth.	Scrophulariaceae	25
112	<i>Scrophularia glandulosa</i> W. et K.	Scrophulariaceae	10
113	<i>Scrophularia nodosa</i> L.	Scrophulariaceae	5, 14, 16
114	<i>Scrophularia sp.</i>	Scrophulariaceae	11,
115	<i>Scutellaria incarnata</i> ?	Lamiaceae	25
116	<i>Sempervivum canariense</i> L. (Synonym: <i>Aeonium canariense</i> [L.] Webb & Berthelot)	Crassulaceae	17
117	<i>Senecio grandifolia</i> ?	Asteraceae	25
118	<i>Senecio sp.</i>	Asteraceae	9, 14
119	<i>Senecio viscosus</i> L.	Asteraceae	16
120	<i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.	Caryophyllaceae	25
121	<i>Solanum anuum</i> (L.) Morton (Synonym: <i>Capsicum annuum</i> L.)	Solanaceae	4
122	<i>Solanum lycopersicum</i> L. (Synonyme: <i>Lycopersicon esculentum</i> MILL. und <i>S. esculentum</i> L.)	Solanaceae	2, 4, 6, 11, 16, 18, 20, 25
123	<i>Solanum melongena</i> L.	Solanaceae	2, 4, 6, 11, 18, 25
124	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	2, 10, 11, 16, 18, 25
125	<i>Solanum nigrum</i> L. var. <i>villosum</i> L.	Solanaceae	14
126	<i>Solanum nigrum nigrum</i> L.	Solanaceae	1
127	<i>Solanum quitoense</i> Lam.	Solanaceae	25
128	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae	6
129	<i>Sonchus sp.</i>	Asteraceae	1
130	<i>Sparmannia africana</i> Lf	Tiliaceae	25
131	<i>Sparmannia sp.</i>	Tiliaceae	25
132	<i>Stachys sp.</i>	Lamiaceae	4, 9, 11, 18, 20, 22, 23
133	<i>Stachys sylvatica</i> L.	Lamiaceae	5, 14, 16
134	<i>Streptocarpus caulescens</i> Vatke var. <i>paleescens</i>	Gesneriaceae	25
135	<i>Streptocarpus rexii</i> (Hook.) Lindl.	Gesneriaceae	25
136	<i>Tectaria cicutaria</i> (L.) Copeland	Aspidiaceae	25
137	<i>Telekia speciosa</i> (Schreb.) Baumg.	Asteraceae	25
138	<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	16
139	<i>Urtica sp.</i>	Urticaceae	1, 2, 4, 9, 11, 15, 18, 23
140	<i>Verbascum sp.</i>	Scrophulariaceae	4, 11, 14, 15, 16, 18, 23

*Quellennachweise:

- 1) ALOMAR, O.; GOULA, M.; ALABAJES, R. (1994): Mirid bugs for biological control : identification, survey in non-cultivated winter plants, and colonization of tomato fields. Bull. OILB, SROP (Italy), 17: 217-223.

- 2)** BENUZZI, M.; MOSTI, M. (1994): I miridi predatori di aleurodidi. Informatore Fitopatologico, (44) 11: 25-30.
- 3)** BENUZZI, M. (2000): Persönliche Mitteilung.
- 4)** COLOMBO, M.; EÖRDEGH, F. R.; COSTANZI, M.; PINI, S. (1993): Insetti utili presenti in serre liguri. Unveröffentlichtes Manuskript.
- 5)** FIEBER, F. X. (1861): Die europäischen Hemiptera. Halbflügler (Rhynchota Heteroptera). Druck und Verlag Carl Gerold's Sohn, Wien.
- 6)** GOULA, M.; ALOMAR, O. (1994): Míridos (Heteroptera Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guía para su identificación. Bol. San. Veg. Plagas, 20: 131-143.
- 7)** HEDICKE, H. (1963): Heteroptera. In Schiemenz, H. (Hrsg.): Brohmer - Die Tierwelt Mitteleuropas. IV. Bd., 14. Ordnung, Schabelkerfe: 1-126.
- 8)** LUGIONI, P. (1929): Primo contributo alla conoscenza della fauna entomologica del Parco Nazionale d'Abruzzo – Emitteri. Atti Pont. Acc. S. Nuovi Lincei, LXXXII: 201-220.
- 9)** MELBER, A. (2000): Persönliche Mitteilung. Entomologe, Universität Hannover; sowie WACHMANN, E.; MELBER, A.; DECKERT, J. (2004): Wanzen, Band 2, Cimicimorpha (Microphysidae, Miridae) in Tierwelt Deutschlands, Band 75, Verlag Goecke & Evers.
- 10)** MELLA, C. A. (1892/93): Emitteri del Vercellese. Bull. Soc. Ent. Ital., 24/25: 346-355.
- 11)** PETACCHI, P.; ROSSI, E. (1991): Prime osservazioni su *Dicyphus (Dicyphus) errans* (Wolff) (Heteroptera Miridae) diffuso sul pomodoro in serre della Liguria. Boll. Zool. agr. Bachic., Ser. II, 23 (1): 77-86.
- 12)** PETACCHI, P. (2000): Persönliche Mitteilung. Sez. di Entomologia Agraria della Scuola Superiore Santa Anna-Pisa.
- 13)** PICCO, L. (1908): Contributo allo studio della fauna italiana. Eleno sistematico degli Emitteri finora raccolti nella Provincia di Roma. Bull. Soc. Ent. Ital., XL: 10-101.
- 14)** SCHEWKET BEY, N. (1930): Zur Biologie der phytophagen Wanze *Dicyphus errans* Wolff (Capsidae). Z. Insbiol., XXV, 10: 179-183.
- 15)** SOUTHWOOD, T. R. E.; LESTON, D. (1959): Land and water bugs of the British isles. Warne F. & Co. LTD Pub., London & New York: 239-240.
- 16)** STICHEL, W. (1925-1938): Illustrierte Bestimmungstabellen der deutschen Wanzen. Verlag naturwissenschaftlicher Populationen, Berlin.
- 17)** EICHLER, W. (1952): Die Tierwelt der Gewächshäuser. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig.
- 18)** TAMANINI, L. (1956): Alcune osservazioni sui *Dicyphus* italiani e loro distribuzione (Heteroptera: Miridae). Mem. Soc. Ent. Ital., XXXVI, I-II-III: 14-22.
- 19)** TAMANINI, L. (1961): Ricerche zoologiche sul massiccio del Pollino (Lucania Calabria). XXX Emitteri Eterotteri (Hemiptera Heteroptera). Annuario dell'Istituto e Museo di Zoologia della Università di Napoli, XIII (2): 1-128.
- 20)** TAMANINI, L. (1981): Gli eterotteri della Basilicata e della Calabria (Italia meridionale) (Hemiptera Heteroptera). Mem. Mus. civ. stor. nat. Verona, sez. sci. vita, 2 A (3): 1-164.
- 21)** TAMANINI, L. (1988): Tabelle per la determinazione dei più comuni eterotteri italiani (Heteroptera). Mem. Soc. ent. ital., Genova, 67 (2): 359-471.
- 22)** WAGNER, E.; WEBER, H. H. (1964): Faune de France. 67 Hétéroptères Miridae. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Office Central de Faunistique, Paris.
- 23)** WAGNER, E. (1952): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile. 41. Teil: Blindwanzen oder Miriden. Verlag Gustav Fischer, Jena.
- 24)** WAGNER, E. (1970/71): Die Miridae Hahn, 1831, des Mittelmeerraumes und der Makronesischen Inseln (Hemiptera ; Heteroptera), Teil 1. Entom. Abh. Mus. Tierk. Dresden 37, Suppl.
- 25)** VOIGT, D. (2002): Untersuchungen zur Biologie der räuberischen Weichwanze *Dicyphus errans* Wolff, insbesondere zum Beutetierspektrum und zur Wirtspflanzenpräferenz im Botanischen Garten der TU Dresden. Diplomarbeit. Technische Universität Dresden, Institut für Waldbau und Forstschutz.
- 26)** WOODROFFE, G. (1964): The host-plants of *Dicyphus errans* (Wolff) (Hem., Miridae). The Entomologist's monthly magazine, 100: 144.

Anlage 1.2 Nachweise der Pflanzenhabitale von *Dicyphus errans* Wolff auf den Freiflächen im Botanischen Garten der TU Dresden, okulare Studien, Kescherfänge (2003-2005) und insbesondere einer umfassenden Vollaufnahme am 06.09.2004

Revier Heil- und Gewürzpflanzen

Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Neunachweis
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	Malvaceae	✓
<i>Anchusa officinalis</i> L.	Boraginaceae	✓
<i>Calendula officinalis</i> L.	Asteraceae	
<i>Cnicus benedictus</i> L.	Lamiaceae	✓
<i>Galeopsis segetum</i> Necker	Lamiaceae	✓
<i>Geranium robertianum</i> L.	Scrophulariaceae	
<i>Leonurus cardiaca</i> L.	Lamiaceae	✓
<i>Oenothera biennis</i> L.	Onagraceae	
<i>Ononis spinosa</i> L.	Fabaceae	
<i>Stachys affinis</i> L.	Lamiaceae	✓
<i>Verbascum phlomoides</i> L.	Scrophulariaceae	✓
<i>Verbena officinalis</i> L.	Verbenaceae	✓

Revier Annuelle Pflanzen

Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Neunachweise
<i>Abutilon indicum</i> (L.) Sweet.	Malvaceae	✓
<i>Abutilon theophrastii</i> Medik.	Malvaceae	✓
<i>Anchusa arvensis</i> (L.) M. Bieb.	Boraginaceae	✓
<i>Anchusa capensis</i> Thunb.	Boraginaceae	✓
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlechtend.	Malvaceae	✓
<i>Anthirrhinum nuttallianum</i> Benth.	Scrophulariaceae	✓
<i>Blumenbachia hieronymi</i> Urban	Loasaceae	✓
<i>Bryonia verrucosa</i> Ait.	Cucurbitaceae	✓
<i>Cleome spinosa</i> Jacq.	Capparidaceae	✓
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore	Asteraceae	✓
<i>Crepis pulchra</i> L.	Asteraceae	✓
<i>Crepis rubra</i> L.	Asteraceae	✓
<i>Crepis setosa</i> Haller	Asteraceae	✓
<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	Cucurbitaceae	✓
<i>Cucurbita maxima</i> Lamk.	Cucurbitaceae	✓
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae	
<i>Cucurbita pepo</i> L. Con var. <i>Microcarpina</i> Gebenščikov	Cucurbitaceae	✓
<i>Cuphea lanceolata</i> Ait.non Baill.	Lythraceae	✓
<i>Cuphea procumbens</i> Cav.	Lythraceae	✓
<i>Cyclanthera brachystachya</i> (Ser.) Cogn.	Cucurbitaceae	✓
<i>Cyclanthera pedata</i> (L.) Schrad.	Cucurbitaceae	✓
<i>Cynoglossum amabile</i> Stapf et J. R. Drummond	Boraginaceae	✓
<i>Datura innoxia</i> Mill.	Solanaceae	✓
<i>Datura wrightii</i> Regel.	Solanaceae	✓
<i>Ecballium elaterium</i> (L.) A. Rich.	Cucurbitaceae	✓
<i>Echinopepon wrightii</i> (A. Gray) S. Wats.	Cucurbitaceae	✓
<i>Echium creticum</i> L.	Boraginaceae	✓
<i>Gaillardia pulchella</i> Fong.	Asteraceae	✓
<i>Hyoscyamus albus</i> L.	Solanaceae	✓
<i>Hyoscamus aureus</i> L.	Solanaceae	✓
<i>Ibicella lutea</i> (Lindl.) von Eseltine	Martyniaceae	✓
<i>Kickxia spuria</i> (L.) Dum.	Scrophulariaceae	✓
<i>Lagenaria ciceria</i> (Mol.) Standl.	Cucurbitaceae	✓
<i>Lapulla squarrosa</i> (Retz.) Dumort	Boraginaceae	✓

Anlage 1.2 Fortsetzung

Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Neunachweise
<i>Leonitis nepetifolia</i> (L.) R. Br. var. <i>nepetifolia</i>	Lamiaceae	✓
<i>Leonitis nepetifolia</i> (L.) R. var. <i>africana</i> (P. Beauv. Morton)	Lamiaceae	✓
<i>Loasa triphylla</i> Juss. var. <i>volcanica</i> (André) Urban et Gilg	Loasaceae	✓
<i>Lophospermum erubescens</i> D. Don	Scrophulariaceae	✓
<i>Mimulus cardinalis</i> Douglas	Scrophulariaceae	✓
<i>Mirabilis viscosa</i> Cav.	Nyctaginaceae	✓
<i>Nicotiana plumbaginifolia</i> Viv.	Solanaceae	✓
<i>Nicotiana rustica</i> L.	Solanaceae	✓
<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegaz et Gomez	Solanaceae	
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Solanaceae	
<i>Ocimum canum</i> Sims	Lamiaceae	✓
<i>Oenothera affinis</i> Cambess.	Onagraceae	✓
<i>Oenothera mollissima</i> L.	Onagraceae	✓
<i>Oenothera rosea</i> Ait.	Onagraceae	✓
<i>Omphalodes linifolia</i> (L.) Moench	Boraginaceae	✓
<i>Osteospermum vaillantii</i> (Decne.) Norl.	Asteraceae	
<i>Paracaryum coelestinum</i> Benth. Et Hook.	Boraginaceae	✓
<i>Petunia axillaris</i> (Lamk.) B. S.	Solanaceae	✓
<i>Phacelia congesta</i> Hook	Hydrophyllaceae	✓
<i>Phlox drummondii</i> Hook	Polemoniaceae	✓
<i>Physalis peruviana</i> L.	Solanaceae	✓
<i>Plantago arenaria</i> W. et K.	Plantaginaceae	✓
<i>Polemonium pauciflorum</i> S. Wats.	Polemoniaceae	✓
<i>Salvia coccinea</i> Juss. ex Murray	Lamiaceae	✓
<i>Salvia patens</i> Cav.	Lamiaceae	✓
<i>Salvia viridis</i> L. var. <i>comata</i> Heidr.	Lamiaceae	✓
<i>Solanum luteum</i> Mill.	Solanaceae	✓
<i>Solanum melongena</i> L.	Solanaceae	
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	
<i>Stachys annua</i> (L.) L.	Lamiaceae	✓
<i>Tithonia rotundifolia</i> (Mill.) S. F. Blake	Asteraceae	✓
<i>Verbena canadensis</i> (L.) Britt.	Verbenaceae	✓

Revier Stauden (Geographische und Systematische Abteilung)

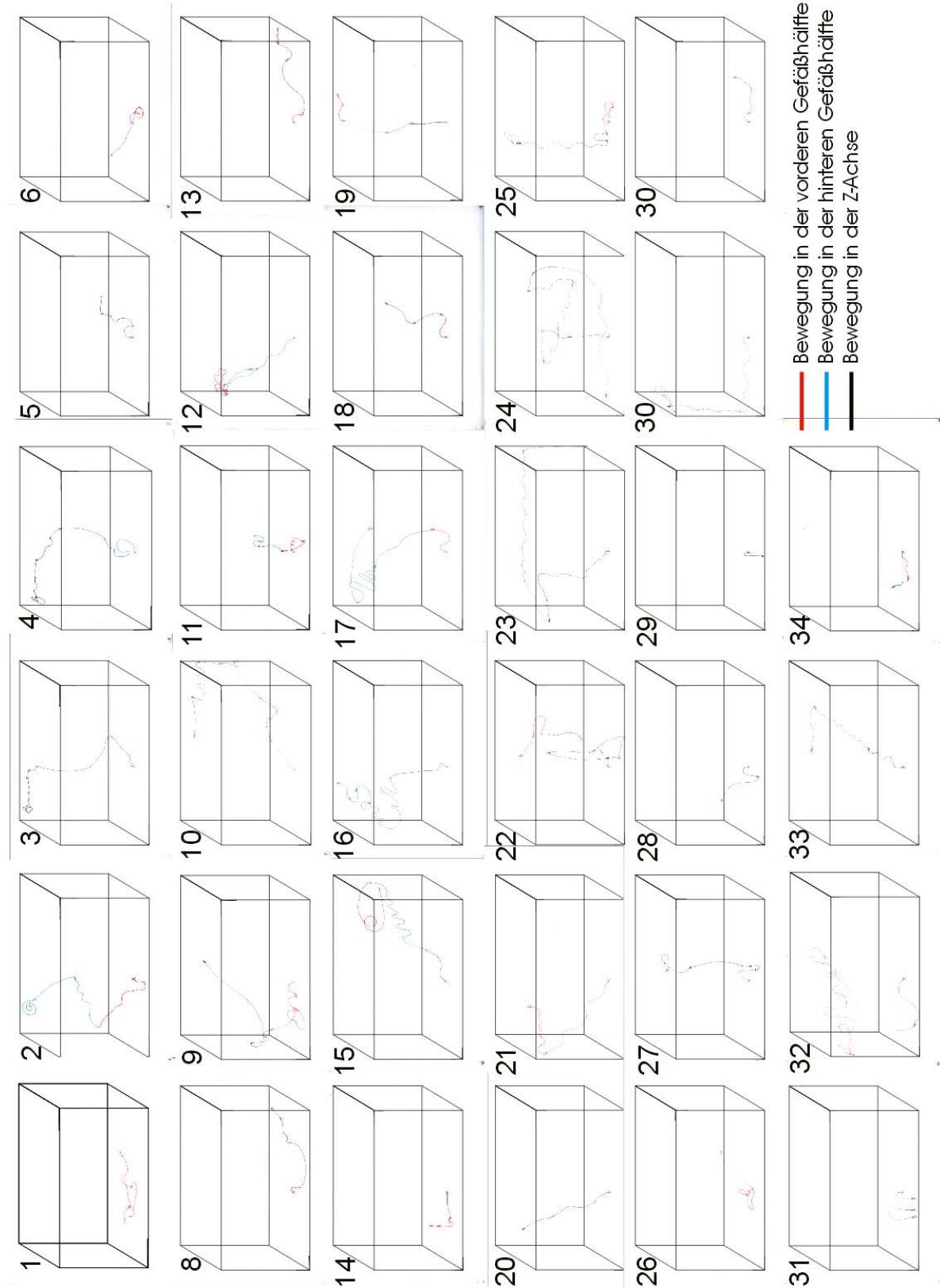
Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Neunachweise
<i>Alkanna graeca</i> Boiss. et Sprun.	Boraginaceae	
<i>Salvia glutinosa</i> L.	Lamiaceae	✓
<i>Scrophularia vernalis</i> L.	Scrophulariaceae	✓

Kalthausbereich

Pflanzenart	Pflanzenfamilie	Neunachweise
<i>Anagallis monelli</i> L.	Primulaceae	✓
<i>Echium gentianoides</i> Webb ex Coincy	Boraginaceae	✓
<i>Ferula communis</i> L.	Apiaceae	✓
<i>Homeria flaccida</i> Sweet	Iridaceae	✓
<i>Ononis angustissima</i> Lam.	Fabaceae	✓
<i>Primula edelbergii</i> Schwarz	Primulaceae	✓
<i>Sparmannia africana</i> Lf.	Tiliaceae	

Anlage 2**Räumliche Orientierung von *Dicyphus errans* Wolff**

Erkundung des Raumes durch *Dicyphus errans* Wolff während der 60minütigen Studien in einem Windkanal Länge 7,90 m x Breite 4,60 m x Höhe 3,20 m (vgl. Kapitel 4.4.3.5, S. 56 ff.)
 (Beispiele für Männchen: Nr. 8-16, 22, 24, 26, 27, 33, 34; für Weibchen: Nr. 1-7, 17-21, 23, 25, 28-32)



Anlage 3

Charakterisierung der Blattoberflächen der verwendeten Pflanzen im Zugtest mit *Dicyphus errans* Wolff (vgl. Kapitel 4.4.3.2, S. 70 ff.)

Trichomtypen nach HUMMEL & STAESCHE (1962), Wachstypenschlüssel nach JEFFREE (1986)
 Legende: s = glatt; w = kristallin bewachst; h = behaart; gh = glandulär behaart; Haare: (p) peltat, (s) sternförmig, (b) baumförmig, (l) geißelförmig, einfach

Pflanzenart, -sorte, -familie	Oberflächentyp		Wachstypen	Trichomtypen
	adaxial	abaxial		
<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>gongylodes</i> L. 'Gigant', Brassicaceae	w	w	Wachsstäbchen	keine Trichome
<i>Capsicum annuum</i> L. 'Yolo Wonder', Solanaceae	w+h(p)	w+h(p)	Wachsfilm	kurze, stumpfe, sehr vereinzelt z. T. stark gebogene Haare auf der Lamina; einzellige gebogene Haare dicht und ungerichtet in Domatien
<i>Cleome hirsuticaulis</i> J. F. Macbr., Capparidaceae	w+gh +h(l)	w+gh +h(l)	Wachsfilm	ungestielte mehrzellige Drüsenhaare entlang der Mittelrippe; mehrzell- reihige glanduläre, nonglanduläre zugespitzte Trichome mit leicht gekrümmten Spitzen; adaxiale Ausrichtung, gleichmäßige Verteilung
<i>Cucumis sativus</i> L. 'Rawa', Cucurbitaceae	w +h(l)	w +h(l)	Wachsfilm	kurze stark zugespitzte einzellige Haare; 3– bis 5zellige Haare mit Relief bildenden Ausstülpungen; nahezu regelmäßig verteilt; Ausrichtung orthogonal zur Oberfläche
<i>Cuphea lanceolata</i> W. T. Aiton, Lythraceae	w +h(l)	w+gh +h(l)	Wachsfilm	nicht-glanduläre und glanduläre vielzellige Trichome, unregelmäßig verteilt; Konzentration entlang der Blattadern
<i>Cyclamen persicum</i> Mill. 'Sierra F1', Primulaceae	w	w	Wachsfilm (?)	keine Trichome
<i>Digitalis purpurea</i> L. 'Excelsior', Scrophulariaceae	w +h(l)	w +h(l)	Wachsfilm	einzellige Haare mit einzelligem Drüsenkopf; zugespitzte einzellige Haare; 2- bis 4zellige Haare; peltate Haare; dichte unregelmäßige Behaarung, Trichome ungerichtet
<i>Fuchsia x hybrida</i> Hort. ex Vilm 'Winston Churchill', Onagraceae	w+h(l)	w+h(l)	Wachsfilm	vielzellige stark gebogene, dünne zugespitzte, Haare; vereinzelte eng anliegende Haare v. a. am Stängel
<i>Gerbera jamesonii</i> x hybrida Adlam, Compositaceae	w+h(l)	w+h(l)	Wachsfilm	ein- und vielzellige gekrümmte sowie peltate Haare; Behaarung regelmäßig, anliegend, filzig, Ausrichtungstrend adaxial
<i>Ibicella lutea</i> (Lindl.) Van Eselt., Martynaceae	gh(l)	gh(l)	Wachsfilm (?)	einzellreihe 9– bis 10zellige sowie 2- bis 3zellige Haare mit regelmäßigen Ausstülpungen und einzelligem Drüsenkopfchen; vielzellige unge- stielte quirlähnliche Drüsenkopfchen, dicht, unregelmäßig, konzentriert entlang der Blattadern

Anlage 3, Fortsetzung

Pflanzenart, -sorte, -familie	Oberflächentyp		Wachstypen	Trichomtypen
	adaxial	abaxial		
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. 'Grit', Solanaceae	gh+h(l)	w+gh +h(l)	Wachsfilm	einzellreihige, einzellige und mehrzellige Drüsenhaare mit und ohne einzellige bis vierzellige Drüsenköpfchen; lange nicht-glanduläre Haare entlang der Blattadern; unregelmäßige Anordnung und Ausrichtung
<i>Nicotiana sylvestris</i> Spegazz. et Gomez, Solanaceae	gh	w+gh	Wachsfilm	peltate eingestreut in kleine kurze einzellige und 2- bis 7zellige zugespitzte Trichome mit breiter Basis sowie große einzellreihige Haare; nahezu regelmäßige Verteilung; Ausrichtung orthogonal zur Oberfläche; sehr dichte Behaarung
<i>Petunia x hybrida</i> Vilm., Solanaceae	w+gh	w+gh	Wachsfilm	peltate, kleine kurze ein- und mehrzellige zugespitzte Trichome; sowie große einzellreihige Haare; relativ regelmäßige Verteilung
<i>Plectranthus ambiguus</i> (Bolus) Codd., Lamiaceae	w+gh	w+gh	Wachsfilm	vielzählige regelmäßig angeordnete peltate; gekrümmte 8 bis 15zellige und 1- bis 3zellige Haare, aufrechte digitiforme Haare
<i>Solanum melongena</i> L. 'Black Beauty', Solanaceae	w+h(s)+h	w+h(s)	Wachsfilm	gestielte Drüsenköpfe und Sternhaare auf Sockelzelle; leicht gewölbte Trichomoberfläche; abaxial dichtere Behaarung

Literatur

HUMMEL., K.; STAESCHE, K. (1962): Die Verbreitung der Haartypen in den natürlichen Verwandtschaftsgruppen. In: Zimmermann, W.; Ozenda, P. G. (Hrsg) Handbuch der Pflanzenanatomie. Bd. 4, Teil 5, Gebrüder Bornträger, Berlin, 2. völlig neub. Aufl.: 207-271.

JEFFREE, C. E. (1986): The cuticle, epicuticular waxes and trichomes of plants, with reference to their structure, functions and evolution. In: Juniper, B.; Southwood, R. (eds.): Insects and the plant surface. Edward Arnold Publishers, London: 23-64.

Anlage 4

Studien zur Omnivorie von *Dicyphus errans* Wolff: Enzymessays (vgl. Kapitel 4.4.4.2, S. 109 ff.)

Anlage 4.1 Material und Methoden

In Anlehnung an BOYD ET AL. (2002), BOYD (2003), AGUSTÍ & COHEN (2000) wurde in Zusammenarbeit mit Professor van Pee im Institut für Biochemie der TU Dresden ein Enzymessay für den Speicheldrüsenkomplex und den Verdauungstrakt der Weibchen von *D. errans* durchgeführt, um den Grad der Omnivorie anhand ausgewählter Enzymaktivitäten zu untersuchen.

Rahmenbedingungen

- Herkunft *Dicyphus errans*: Vermehrungskästen im Botanischen Garten der Technischen Universität Dresden (vgl. Kap. 4.2, S. 21 ff.)
- Anzahl und Geschlecht der verwendeten Individuen: 100 Weibchen

Vorgehensweise

- Vorbehandlung: Weibchen von *D. errans* 120 Stunden vor dem Experiment gesondert auf *Digitalis purpurea* mit Eiern von *Sitotroga cerealella* ad libitum und anschließend 24 Stunden hungernd gehalten
- Herstellung des 0,1 molaren Phosphatpuffers:
- Mischung von di-Natriumhydrogenphosphat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$, MG 358,14 g/mol = 53,73 g/3 l)¹ und monohydratem Natriumhydrogenphosphat ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$, MG 156,01 g/mol = 15,6 g/2 l)² bis zum Einstellen des pH-Wertes 7.0
- Herstellung von Phosphatpuffer-Saline 100 mM (pH 7,4) durch Zugabe von 9 % NaCl_2 zu dem 0,1 molaren Phosphatpuffer
- Schockgefrieren der Testorganismen für 4 Minuten bei -80 °C
- Dissektion/Präparation des Speicheldrüsenkomplexes, einschließlich aller Lappen, akzessorischen Drüsen und Röhren sowie des abdominalen Verdauungstraktes in eiskalter phosphatgepufferter Saline (PBS, pH 7.4) mit feinen sterilen Pinzetten und Insektennadeln in einer Petrischale
- Aufbewahrung bis zum Essay: Speicheldrüsenkomplexe und abdominale Verdauungstrakte separat in Falcontubes (15 ml) in 1 ml Phosphatpuffer (0,1 m) bei -80 °C
- Homogenisieren und Zentrifugieren der Gewebeproben von *Dicyphus errans* mittels eines Glasstabes, des Thermomixers *comfort* (Fa. Eppendorf) bei 37 °C und der Zentrifuge Hettich Universal 30 RF (15 Minuten bei 4 °C und 15.000 U/min.) in

¹ Fa. Merck

² Fa. Merck

Falcontubes (15 ml); Überstand in 1,5 ml Mikrozentrifugengefäßen bei 4 °C bis zur Verwendung innerhalb von 48 h bei 4 °C gelagert

- der Gewebeproben von *D. errans* nach BRADFORD (1976) zur anschließenden Relativierung der Resultate der Enzym-essys, wobei das hohe adsorptive Bindungsvermögen des Trimethylmethan-Farbstoffes Coomassie BrilliantblauG an Proteine ausgenutzt wird:
- Farbstofflösung aus 50 mg Coomassie-Blue G 250, 25 ml reinstem Ethanol und 50 ml von 85 %iger Phosphorsäure mit 500 ml destilliertem Wasser auffiltriert;
- Erstellen einer Eichkurve: 5 mg Rinderserumalbumin in (BSA) in 5 ml 0,9 %igem NaCl eingewogen und 1:10 (1 ml Lösung + 9 ml NaCl) als Stammlösung verdünnt, weitere Verdünnungen für die Kalibrierungsgrade der Micromethode (Anlage 4.1.1).

Anlage 4.1.1 Verdünnungsstufen für die Kalibrierungsgrade zur Ermittlung der Gesamtproteinkonzentration in den Gewebeproben von *Dicyphus errans*

○ Stammlösung [µl]	○ ad 0,9 %iges NaCl [µl]	○ für Micromethode [mg/ml]
○ 100	○ 900	○ 0,01
○ 200	○ 800	○ 0,02
○ 400	○ 600	○ 0,04
○ 600	○ 400	○ 0,06
○ 800	○ 200	○ 0,08

- Ansatz 100 µl Stammlösungsverdünnung und 1 ml Bradford-Reagens, Inkubation für 4 Minuten (Raumtemperatur) Absorptionsmessung bei 595 nm gegen Leerwert (Bradford-Reagens + PBS) mit dem Photometer Ultraspec® 3100 pro (Amersham Pharmacia Biotech)

Enzymessays i. e. S.

- jeweils für α-Amylase, α-Glucosidase, Trypsin, Chymotrypsin (Einzelheiten Anlage 4.1.2); Verwendung von sterilen Mikrotiterplatten (96-Well-Suspensionskulturplatten);
- jeweils in neunfacher Wiederholung (10 Well) Auftragen von 100 µl Substrat und 20 µl Probenextrakt pro Well, spezifische Inkubation und u. U. deren Stoppen;
- Absorbanzmessung bei 405 nm mit dem Photometer (Plattenleser LAMBDA E MWG Biotech); Berechnung der Absorbanzeinheiten (ΔA je mg Protein)

Anlage 4.1.2 Getestete Enzyme und deren Verdauungsfunktion, verwendete Puffer, Substrate, Positiv- und Negativkontrollen, reaktionsstoppende Reagenzien sowie Inkubationszeiten in den Enzymassays mit Proben von *Dicyphus errans Wolff*

Enzymfunktion	Enzym			
	α -Amylase	α -Glucosidase	Trypsin	Chymotrypsin
	Kohlenhydratverdauung		Proteinverdauung	
Puffer	Pipes Puffer 50 mmol/l, pH 7.0 (CaCl ₂ 5.0 mmol/l, NaCl ₂ 50 mmol/l)	Phosphatpuffer (vgl. 2.)		
Substrat	p-Nitrophenyl-maltoheptaosid	10mM p-nitrophenyl α -D-Glucopyranosid-Lösung (C ₁₂ H ₁₅ NO ₈) ³	N α -benzyol-DL-Arginin-p-Nitroanilid (C ₁₉ H ₂₂ N ₆ O ₄ · HCl) ⁴ gelöst in Dimethylsulfoxid (DMSO; C ₂ H ₆ SO)	Benzoyl-L-Tyrosine-p-Nitroanilid (C ₂₂ H ₁₉ N ₃ O ₅) ⁵ gelöst in Dimethylformamid (DMF)
Positivkontrolle	α -Amylase (1 mg/ml, 1 U/mg solid)	Invertase (1 mg/ml, 400 U/mg solid)	Trypsin vom Rind (1 mg/ml, 10000 BAEE-Einheiten, 3-6 U und 40-60 U/mg Protein) ⁶	α -Chymotrypsin vom Rind (1 mg/ml, 10000 BAEE, 3-6 U, 40-60 U/mg Protein) ⁷
Negativkontrolle	Substrat	Substrat	Substrat	Substrat
Inkubation	30 Min. bei 37 °C	60 Min. bei 37 °C	20 h bei 37 °C	20 h bei 37 °C
Stoppen der Reaktion	Ethyliden-G ₇ pNP 1.0 mmol/l	15 % NaCO ₃ (100 µl/Well)		
Bemerkungen	Essay-Kit ⁸ verwendet			

Anlage 4.2 Ergebnisse

Die Ermittlung der Proteinkonzentration erfolgte mit Hilfe der erstellten Kalibrierungs- bzw. Extinktionskurve in Anlage 4.2.1.

Es ergaben sich für

- a) den Speicheldrüsenkomplex unverdünnnt:

E_{595} durchschnittlich 0,151 > 0,035 mg/ml Protein und

- b) den abdominalen Verdauungstrakt, Verdünnung 1:2: E_{595} durchschnittlich 0,317 > 0,074 mg/ml x Verdünnung = 0,148 mg/ml Protein.

³ Sigma N1377

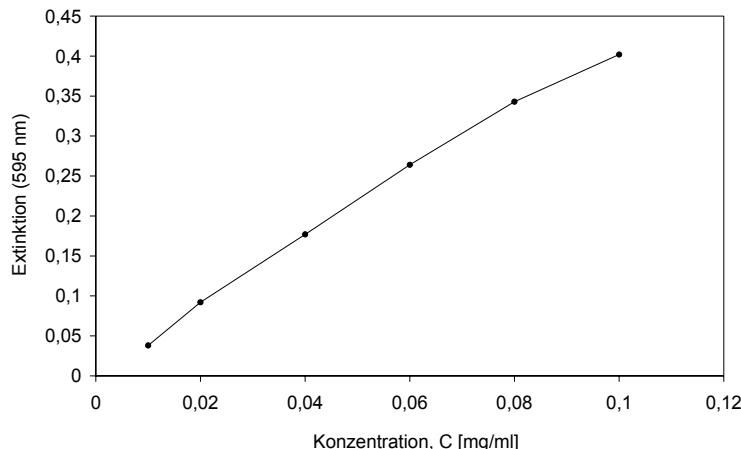
⁴ Sigma B3133

⁵ Sigma B6760

⁶ Boehringer GmbH, Mannheim, D

⁷ Sigma C-4129

⁸ Randox Laboratories LTD., Ardmore, UK



Anlage 4.2.1 Kalibrierungskurve zur Bestimmung des Gesamtproteingehalts der Gewebeproben von *Dicyphus errans* Wolff

Enzymaktivitäten konnten nicht sicher bestimmt werden, weil die abgleichenden Positivproben keine Reaktionen zeigten. Verfärbungen der Enzymproben von *D. errans* waren zu beobachten und lassen das Vorhandensein von Enzymaktivitäten deuten. Eine wissenschaftliche Analyse bleibt aufgrund der beschriebenen Umstände ausgeschlossen.

Anlage 4.3 Schlussfolgerungen

Repräsentative quantitative Resultate zur Enzymaktivität der Speichel- und Verdauungsgewebe von *D. errans* verlangen in Vorbereitung nach ausführlichen Vorstudien, Konzentrations- bzw. Verdünnungsreihen und Eignungstests von Positivproben sowie einem entsprechenden Zeitaufwand. Die durchgeführten Essays orientierten sich an BOYD ET AL. (2002), BOYD (2003) sowie AGUSTÍ & COHEN (2000) und konnten somit keine zuverlässigen quantitativen Daten liefern. Genannte Autoren qualifizierten die Enzymaktivität. Das Versagen der Positivkontrollen in den eigenen Untersuchungen versagt allerdings selbst sichere quantitative Rückschlüsse. Doch waren zum Teil deutliche Verfärbungen der Probenwells während der photometrischen Untersuchungen zu beobachten, so dass positive Reaktionen und das Vorhandensein von Enzymaktivität nahe liegen.

Die eigenen Untersuchungen lassen letztendlich auf die Funktionalität und Verwendbarkeit der Methodik auf *D. errans* schließen, so dass weiterführende Untersuchungen in dieser Hinsicht zu empfehlen sind, um über den „Grad der Omnivorie“ von *D. errans* Aufschluss zu erhalten.

Besondere Sorgfalt muss dabei der Homogenisierung der Gewebeproben gelten. Außerdem bleibt zu prüfen, inwieweit sich eine Hungerphase vor den Untersuchungen für die Enzymaktivität als günstig erweist.

(Literatur vgl. Kapitel 7.1, S. 133 ff.)

LEBENSLAUF

DAGMAR VOIGT

ANGABEN ZUR PERSON

Geburtsdatum:	13.06.1976
Geburtsort:	Zwickau/Sa.
Staatsangehörigkeit:	Deutsch
Familienstand:	Ledig

BILDUNG

Schulbesuch:	
1983-1991	Polytechnische Oberschule „Friedrich Engels“ in Zwickau-Neuplanitz/Sa.
1991-1995	Gerhart-Hauptmann-Gymnasium in Zwickau/Sa., Qualifikation: Abitur
Studium:	
01.10.1995 bis 15.09.1999	Gartenbaustudium an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fachbereich Landbau/Landespflege, Studiengang Gartenbau, Qualifikation: Gartenbau-Diplomingenieur (FH); Diplomarbeit: „Untersuchungen zu durch <i>Orthezia</i> verursachten Schäden an <i>Tillandsia usneoides</i> L. sowie zu Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung von <i>Orthezia sp.</i> im Botanischen Garten der TU Dresden“
11.10.1999 bis 25.09.2002	Aufbaustudium Umweltschutz und Raumordnung an der Technischen Universität (TU) Dresden, FR Forstwissenschaften, Vertiefungsrichtung: Naturschutz, Qualifikation: Diplomingenieur für Umweltschutz und Raumordnung; Diplomarbeit: „Untersuchungen zur Biologie der räuberischen Weichwanze <i>Dicyphus errans</i> Wolff, insbesondere zum Beutetierspektrum und zur Wirtspflanzenpräferenz im Botanischen Garten der TU Dresden“
01.10.2002 bis 30.09.2005	Promotionsstudium an der TU Dresden, FR Forstwissenschaften, Institut für Waldbau und Forstschutz, Professur für Forstschutz
Stipendien:	
01.10.2002 bis 31.12.2002	Promotionsförderung im Rahmen des „Programms zur Förderung der Chancengleichheit für Frauen in Forschung und Lehre“ der TU des Freistaates Sachsen
01.01.2003 bis 31.12.2004	Promotionsstipendium der Studienstiftung des Deutschen Volkes

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITSVERHÄLTNISSE

21.07.-31.08.1997 und	Studentische Hilfskraft an der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Integrierter Pflanzenschutz, Referat Biologische Grundlagen und Laboruntersuchungen, Dresden-Alttrachau
01.05.-31.07.1999	
01.11.-20.11.2003	Gastwissenschaftlerin in der Evolutionary Biomaterials Group (Leitung Dr. Stanislav N. Gorb) im MPI für Metallforschung Stuttgart
01.10.-31.12.2004	
seit 01.01.2005	Wissenschaftlerin in der Evolutionary Biomaterials Group (Leitung Dr. Stanislav N. Gorb) im MPI für Metallforschung Stuttgart