

Polarotaktische Reaktionen von *Coenagrion puella* und *Libellula quadrimaculata* auf Erdbeerkulturen als ökologische Falle (Odonata: Coenagrionidae, Libellulidae)

Hansruedi Wildermuth

Haltbergstrasse 43, CH-8630 Rüti, <hansruedi@wildermuth.ch>

Abstract

Polarotactic reactions of *Coenagrion puella* and *Libellula quadrimaculata* towards strawberry cultures as an ecological trap (Odonata: Coenagrionidae, Libellulidae) – In northeastern Switzerland, *C. puella* and *L. quadrimaculata* were found in numbers in July 2006 away from water bodies on a large strawberry field that was covered with shiny black plastic sheets between the plant rows. Both sexes exhibited typical elements of the species-specific reproduction behaviour including oviposition attempts. Obviously, they took the plastic sheets for ponds because such surfaces attract dragonflies like the similarly polarized light reflected from water surfaces. As the dragonflies lost time, energy and possibly also genetic material by their maladaptive habitat choices, they got caught in an ecological trap. In 2007 only few individuals of *C. puella* and no *L. quadrimaculata* were found on the same strawberry field. During sporadic checks of other fields with plastic sheets in the region no dragonflies were observed. Hence, such surfaces obviously attract reproductively active individuals in numbers only under special conditions, perhaps at high population densities. It is assumed that the negative effects of black shiny surfaces on dragonfly populations in a man-modified landscape is probably negligible.

Zusammenfassung

Über einem großen Erdbeerfeld der Nordostschweiz, das mit schwarzen Plastikbahnen ausgelegt war, hielten sich im Juli 2006 zahlreiche Individuen von *Coenagrion puella* und *Libellula quadrimaculata* beiderlei Geschlechts auf und zeigten typische Elemente ihres artspezifischen Fortpflanzungsverhaltens. Offenbar verwechselten die Tiere die Plastikbahnen mit Fortpflanzungshabitaten, da horizontal ausgebreitete schwarze Plastikfolien ähnlich wie stehendes Wasser in hohem Maß horizontal polarisiertes Licht reflektieren. Indem die Libellen fernab von ihren Fortpflanzungsgewässern Zeit, Energie und möglicherweise auch genetisches Material verloren, wurden die Plastikbahnen für die Tiere zur ökologischen Falle. Im folgenden Jahr waren auf demselben Feld von *C. puella* relativ wenige Individuen und von *L. quadrimaculata* überhaupt keine anwesend. Sporadische Kontrollen auf anderen, ebenfalls mit Plastikfolien

belegten Feldern ergaben keine Befunde, was darauf deutet, dass solche Flächen nur unter bestimmten Umständen – möglicherweise bei hoher lokaler Populationsdichte – Libellen in größerer Anzahl anlocken. Der negative Effekt von anthropogenen, schwarz glänzenden Plastikflächen in der modernen Agrarlandschaft auf die Libellenpopulationen dürfte damit relativ gering sein.

Einleitung

Verschiedentlich wurde darüber berichtet, dass sich Libellen beiderlei Geschlechts über Autodächern, waagrechten Glasscheiben, polierten Böden und liegenden Grabsteinen aufhielten und dabei Elemente des arttypischen Fortpflanzungsverhaltens zeigten (z.B. WYNIGER 1955, JURZITZA & KORMANN 1960, WATSON 1992, ENDERSBY 1995, GÜNTHER 2003, WILDERMUTH & HORVÁTH 2005, HORVÁTH et al. 2007). In vielen Experimenten wurde nachgewiesen, dass Zygopteren genau so wie Anisopteren von horizontalen, glänzenden Flächen angezogen werden, die ähnlich wie stehende Gewässer in hohem Maß horizontal polarisiertes Licht reflektieren (WILDERMUTH & SPINNER 1991, WILDERMUTH 1993, 1998, HORVÁTH et al. 1998, 2007). Offenbar reagieren die Tiere positiv polarotaktisch und verwechseln bestimmte anthropogene Elemente der heutigen Landschaft aufgrund ähnlicher optischer Eigenschaften mit ihren natürlichen Fortpflanzungshabitaten. So gelangen sie in eine ökologische Falle (SCHLAEPFER et al. 2002, ROBERTSON & HUTTO 2006). Als eine derartige temporär wirksame Falle größeren Ausmaßes erwies sich ein mit schwarzen Plastikbahnen ausgelegtes Erdbeerfeld von der Fläche eines Fußballplatzes für zwei Libellenarten, worüber im Folgenden berichtet wird.

Beobachtungsort und Methoden

Das Erdbeerfeld lag zwischen Auslikon und Irgenhausen in der Gemeinde Pfäffikon am Pfäffikersee, 19 km ESE des Stadtzentrums von Zürich, Schweiz (47°21,138'N, 08°44,556'E). Es erstreckte sich über die Kuppe eines flachen Moränenhügels, war knapp so groß wie ein Fußballfeld (ca. 0,65 ha) und von Wiesen und Äckern umgeben. An seinem östlichen Ende stand eine große Eiche, sonst war das unmittelbare Umfeld baumfrei. Die Distanz zum Ufer des Pfäffikersees betrug 650 m. Die nächsten Gewässer, in denen sich u.a. *Coenagrion puella* und *Libellula quadrimaculata* entwickeln konnten, lagen 350 m vom Erdbeerfeld entfernt. Die Erdbeerpflanzen waren in langen Reihen mit einem Abstand von ca. 1 m angelegt. Zwischen den Reihen bedeckten lückenlos zusammengefügte Bahnen aus schwarzer Plastikfolie den Boden (Abb. 1). Das Gebiet wurde im Jahr 2006 dreimal an wolkenlosen, warmen bis heißen Tagen besucht, nämlich am 5. Juli, am 11. Juli und am 13. September. Die ersten beiden Daten lagen nach einem verspäteten Frühjahr inmitten der Flugzeit der beiden Libellenarten und fielen mit dem Ende der Erdbeerernte zusammen. Im Jahr 2007 be-

schränkten sich die Besuche auf zwei kurze Augenscheine in der – durch einen ungewöhnlich trockenwarmen April bedingten – verfrühten Erntezeit der Erdbeeren und entsprechend frühen Flugzeit der Frühjahrslibellen am 23. Mai und 19. Juni. An diesen Tagen herrschte ebenfalls sonniges, warmes Wetter. Das Verhalten der Libellen über dem Erdbeerfeld wurde protokolliert und, soweit möglich, fotografisch dokumentiert. Temperaturmessungen wurden mit einem Digitalthermometer (No. 568 175, Gertsch electronic) durchgeführt, einem Gerät mit 8 cm langer Metallsonde (Durchmesser 2,5 mm) am Ende eines 1 m langen Kabels.

Beobachtungen

Beim zufälligen Besuch des Erdbeerfeldes am 5. Juli 2006 von 10:30-12:00 h Solarzeit fiel auf, dass sich über den Kulturen zahlreiche Individuen von *Coenagrion puella* und *Libellula quadrimaculata* beiderlei Geschlechts aufhielten. Von *C. puella* waren es schätzungsweise viele Dutzend, vor allem Männchen, die sich bei 30-31°C Lufttemperatur auf dem Feld heterogen verteilten. Am dichtesten versammelt waren sie – vermutlich temperaturbedingt – am Schattenrand der großen Eiche. Die Männchen saßen an Erdbeerpflanzen oder suchten im typisch niedrigen ‘Zitterflug’ entlang der Pflanzenreihen nach Weibchen.



Abbildung 1: Erdbeerfeld bei Pfäffikon ZH, Schweiz. Männchen von *Libellula quadrimaculata* patrouillierten häufig entlang der Bahnen aus schwarzer Plastikfolie, die den Boden zwischen Pflanzenreihen bedeckten. — Figure 1: Strawberry field near Pfäffikon ZH, Switzerland. Males of *Libellula quadrimaculata* often patrolled over the black plastic sheets that covered the ground between the plant rows.

Zudem waren Paarungsräder und Tandems zu sehen. Bei *L. quadrimaculata* wurde die Anzahl anwesender Männchen am selben Tag auf rund 50 geschätzt. Sie waren ziemlich gleichmäßig über das Feld verstreut. Dabei verhielten sie sich territorial, vollführten Patrouillenflüge, oft deutlich entlang der Plastikbahnen, wobei es häufig zu Auseinandersetzungen mit Rivalen kam. Manchmal waren bis drei Männchen an den Luftkämpfen und wilden Verfolgungsjagden beteiligt. Zwischendurch setzten sie sich mit Vorliebe auf einen der wenigen im Feld vorhandenen Bambusstöcke oder auf den Maschendraht des Zaunes, der das Feld umgab (Abb. 2). Erdbeerpflanzen benutzten sie in seltenen Fällen ebenfalls als Sitzplätze, doch boten diese weniger Übersicht. Von den Warten aus starteten sie regelmäßig zu den Patrouillenflügen. Weibchen waren weitaus weniger anwesend. Sobald diese von einem Männchen entdeckt wurden, kam es zur 15-20 s dauernden Kopulation in der Luft. Danach machte das Weibchen Eiablageversuche, wobei es vom Männchen bewacht wurde. Typischerweise suchten die Weibchen im Tiefflug entlang der Plastikbahnen, oft in Buchten zwischen den Erdbeerpflanzen und besonders an dunklen Stellen ohne Erdstaubbelag, nach Eiablageplätzen und vollführten wippende Dippbewegungen. Ob sie tatsächlich Eier abgaben, konnte nicht ermittelt werden. Beim Berühren der Plastikfläche schienen sie oft erschreckt, d.h. sie reagierten mit blitzartigem Hochfliegen und zogen bereits nach einer Dippbewegung ein Stück weiter. Vermutlich bekamen sie die Hitze zu spüren; das schwarze Material war am 11. Juli 2006 um 11:30 h Solarzeit bei 26,7°C Lufttemperatur an der sonnenexponierten Oberfläche bis 57,2°C heiß.

Die Anzahl anwesender Individuen von *C. puella* und *L. quadrimaculata* war an den fünf Kontrolltagen ganz unterschiedlich. Am zweiten Besuchsdatum des Jahres 2006 war sie bei beiden Arten deutlich geringer als am ersten. Gleichentags suchte ich ein weiteres Erdbeerfeld auf, das ca. 800 m weiter südlich gelegen war. Die Anzahl anwesender Libellen war vergleichbar mit der auf dem ersten Feld. Im September, nach Abschluss der Flugzeit beider Arten, fehlten jegliche Libellen, und es waren auch keine spät fliegenden Arten wie *Sympetrum* spp. zu sehen. An den beiden Kontrolltagen im Jahr 2007 konnte am selben Platz trotz günstiger Bedingungen kein einziges Individuum von *L. quadrimaculata* beobachtet werden. Von *C. puella* waren außer einem Tandem und einem Paarungsrad nur Männchen zu sehen, diese aber in weit geringerer Anzahl als ein Jahr zuvor.

Neben *C. puella* und *L. quadrimaculata* wurden im Jahr 2006 über dem Erdbeerfeld auch *Coenagrion pulchellum*, *Aeshna isocoles*, *Anax imperator* und *Somatochlora flavomaculata* beobachtet, allerdings nur ganz vereinzelt. Die Großlibellen überflogen die Lokalität, ohne die Plastikstreifen weiter zu beachten. In einem Fall zog ein Paarungsrad von *S. flavomaculata* einige Kreise über dem Feld. Alle Arten kamen auch im benachbarten Flachmoor vor, das an den See grenzte.

Diskussion

Das Verhalten zahlreicher Individuen von *Coenagrion puella* und *Libellula quadrimaculata* über dem Erdbeerbefeld zeigt zweifellos, dass die Libellen die schwarzen Plastikbahnen zwischen der angrenzenden Vegetation für Fortpflanzungsgewässer hielten. In früheren Feldversuchen mit verschiedenen Materialien erwiesen sich dunkle, glänzende Kunststoffflächen für verschiedene Libellenarten ebenfalls als sehr attraktiv, dies im Gegensatz zu hellen und matten sowie zu glänzender Aluminiumfolie (z.B. WILDERMUTH & SPINNER 1991, WILDERMUTH 1993, HORVÁTH et al. 1998, 2007), und in Zweifachwahlversuchen mit dunkelbraunem Plexiglas und Aluminiumfolie verhielten sich *C. puella* und *L. quadrimaculata* über der Kunststoffplatte genau so wie am natürlichen Paarungs- und Eiablageplatz, während die Aluminiumfläche kaum beachtet wurde (WILDERMUTH 1998). Der entscheidende Unterschied zwischen dem dunklen Plexiglas und der hellen Aluminiumfolie im Hinblick auf die Attraktivität für Libellen liegt nicht in der Helligkeit des reflektierten Lichtes, sondern in den Reflexions-Polarisations-Eigenschaften der Materialien. Videopolarimetrische Messungen von G. HORVÁTH ergaben für die dunkle Platte im Blaubereich des Farbspektrums bei einem Reflexionswinkel von 70° zur Vertikalen und rechtwinklig zum Solarmeridian einen Polarisationsgrad p von 65 % und einen Polarisationswinkel α von 90° zur Vertikalen, d.h. der E-Vektor des polarisierten Lichtes war horizontal; für Aluminiumfolie betragen $p = 21\%$ und $\alpha = 52^\circ$ (WILDERMUTH 1998). Diese Werte können aber je nach Abstand der Sonne zum Zenit stark variieren, weil Aluminiumfolie nur polarisiertes Himmelslicht reflektiert und selbst nicht als Polarisator wirkt. Nach HORVÁTH et al. (1998) reflektiert schwarze Plastikfolie 69,6 % polarisiertes Licht und die Polarisationsrichtung ist horizontal. In entsprechenden Wahlversuchen erwiesen sich Attrappen mit schwarzer und dunkelgrauer Plastikfolie am attraktivsten. Involviert waren drei Zygopteren- und vier Anisopterenarten, darunter auch *L. quadrimaculata* (HORVÁTH et al. 1998). Das Polarisationsmuster von dunklen, glänzenden Flächen – seien es Plastikfolien, Plexiglasplatten oder selbst horizontal liegende, polierte Grabsteine (HORVÁTH et al. 2007) – gleicht weitgehend dem von stehenden Kleingewässern (HORVÁTH & VARIÚ 1997). Da Libellen, wie andere Wasserinsekten, in den Rhabdomen ihrer Ommatidien über Polarisationsanalytoren verfügen (LAUGHLIN & MCGINNESS 1978, SCHWIND 1985, 1991; LABHART & MEYER 1999), sind sie mit dem ventralen Teil der Komplexaugen höchstwahrscheinlich imstande, stehende Gewässer anhand des reflektierten polarisierten Lichts zu erkennen. Dies erklärt, weshalb sie schwarze Plastikfolien mit Weihern verwechseln.

Die Fähigkeit der Libellen, Wasserflächen anhand polarisierten Lichts zu erkennen, ist eine ökophysiologische Anpassung, die sich wohl über Millionen von Jahren bewährt hat. Das von horizontalen Flächen reflektierte, in hohem Maß horizontal polarisierte Licht diente bis in die jüngste Zeit als zuverlässiger Zeiger für mögliche Fortpflanzungshabitate. Mit plötzlichen Änderungen in der

Umwelt, d.h. mit dem Auftauchen von künstlichen Flächen mit ähnlichen Polarisierungseigenschaften wie Wasser, konnte der Auslöser bei der Habitatwahl in die Irre führen. Die positiv polarotaktische Reaktion der Libellen auf Elemente der heutigen, stark anthropogen geprägten Landschaft wurde zur ökologischen Falle (SCHLAEFFER et al. 2002, ROBERTSON & HUTTO 2006). Fehlentscheidungen in der Habitatwahl haben im Hinblick auf die individuelle Fitness Verluste von Zeit, Energie und möglicherweise auch von genetischem Material zur Folge. Letzteres trifft dann zu, wenn Eier abgelegt werden. Im beschriebenen Fall der Erdbeerkulturen ist dies zwar ungewiss. Bei Wahlversuchen mit *Libellula depressa* wurde aber beobachtet, dass ein Weibchen 220 Eier auf einer Plexiglasplatte abstreifte (WILDERMUTH 1998) und eines von *Sympetrum vulgatum* legte nahezu 50 Eier auf die Motorhaube eines Autos (GÜNTHER 2003). Aus Australien und Brasilien wird außerdem berichtet, dass massenhafte Eiablagen von Libellen auf geparkten Neuwagen große ökonomische Schäden verursachten (WATSON 1992, STEVANI et al. 2000). Für die Libellen dürften die entsprechenden Fitnessverluste ebenfalls enorm gewesen sein.



Abbildung 2: Territoriales Männchen von *Libellula quadrimaculata*, das den Maschendrahtzaun am Rand des Erdbeerfeldes als Warte benutzte, von wo aus es zu Patrouillenflügen startete. Im Hintergrund eine Plastikbahn zwischen zwei Pflanzenreihen. — Figure 2: Territorial male of *Libellula quadrimaculata* perched on wire netting of the fence that surrounded the strawberry field. From here it started to patrol flights along the plastic sheet shown in the background between two plant rows.

Mit schwarzen Plastikbahnen belegte Felder sind in bestimmten Gegenden Mitteleuropas häufige Elemente der modernen Landschaft. Es stellt sich die Frage, in welchem Ausmaß sie die Populationen von Libellen und anderen Wasserinsekten gefährden. Nach den bisherigen, nur sporadischen Beobachtungen von Libellen über derartigen Feldern dürfte die Gefahr eher gering sein. Die Häufung von *C. puella* und *L. quadrimaculata* auf dem hier beschriebenen Erdbeerfeld im Juli 2006 war vermutlich eine Ausnahme. Jedenfalls erhielt ich auf einen entsprechenden Aufruf über die Mailingliste der GdO keine einzige Meldung. Möglicherweise verweilen Libellen und andere Wasserinsekten, nachdem sie die Plastikbahnen entdeckt haben, gewöhnlich nur kurze Zeit über diesen künstlichen Flächen. Sowohl am natürlichen Fortpflanzungshabitat wie auch an Kunststoffflächen wurde wiederholt beobachtet, dass sie das Wasser manchmal durch Berühren mit dem Abdomenende prüfen (WILDERMUTH & SPINNER 1991, CORBET 1999: 19). Negative Befunde könnten sie dazu veranlassen, den Ort zu verlassen und nach neuen Plätzen zu suchen. Selbst wenn sie eine Zeitlang auf dem Kunststofffeld bleiben, ist der individuelle Schaden gering. Ganz anders verhält es sich bei den ebenfalls durch den Menschen bedingten Roh- und Altöseen, die aufgrund ihrer Polarisierungseigenschaften für Wasserinsekten noch attraktiver sind als Wasserflächen; die Tiere kommen darin um, sobald sie die Öfläichen berühren (HORVÁTH & ZEIL 1996, HORVÁTH et al. 1998, BERNÁTH et al. 2001).

Offen bleibt die Frage, weshalb im Jahr 2006 derart viele reproduktiv aktive Individuen von *C. puella* und *L. quadrimaculata* auf dem Erdbeerfeld anwesend waren, während die beiden Arten im Jahr 2007 unter ähnlichen Bedingungen großenteils bzw. ganz fehlten. Die beiden Jahre unterschieden sich wettermäßig sehr stark. Während das Sommerhalbjahr 2006 mit kühlen, niederschlagsreichen Frühjahrsmonaten verspätet begann, setzte das Frühjahr 2007 nach einem sehr milden Winter und einem trockenheißen April um etwa drei Wochen verfrüht ein, anschließend war es oft kühl und regnerisch. Dass dies der Grund für die unterschiedliche Besiedlung des Erdbeerfeldes durch die beiden Libellenarten war, ist eher zweifelhaft. Unterschiede in den Reflexionseigenschaften der Folien während der Besuchsdaten in den beiden Jahren fallen als Ursache wahrscheinlich ebenfalls weg. Diese könnte vielmehr in den unterschiedlichen Größen der Jahrespopulationen gelegen sein. Zumindest bei *Libellula quadrimaculata* waren die lokalen Populationen 2006 in der ganzen Gegend außergewöhnlich individuenreich, während sie 2007 deutlich schwächer ausfielen. Möglicherweise wichen 2006 unter hohem Populationsdruck und mangels günstiger Fortpflanzungsgewässer viele Individuen auf "**suboptimale Habitate**" aus, wozu die Erdbeerfelder zu rechnen wären.

Dank

André Günther und Kamilla Koch danke ich für die kritische Durchsicht der ersten Manuskriptfassung.

Literatur

- BERNÁTH B., G. SZEDENICS, G. MOLNÁR, G. KRISKA & G. HORVÁTH (2001) Visual ecological impact of "shiny black anthropogenic products" on aquatic insects: oil reservoirs and plastic sheets as polarized traps for insects associated with water. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research*, 40: 89-109
- CORBET P.S. (1999) Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Harley, Colchester
- ENDERSBY I. (2005) A new dragonfly for Norfolk Island. *Norfolk Nature Notes* 11: 388-389
- GÜNTHER A. (2003) Eiablage von *Sympetrum vulgatum* auf ein parkendes Auto (Odonata: Libellulidae). *Libellula* 22: 19-23
- HORVÁTH G. & D. VARIJÚ (1997) Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. *Journal of Experimental Biology*: 200, 1155-1116
- HORVÁTH G. & J. ZEIL (1996) Kuwait oil lakes as insect traps. *Nature* 379: 303-304
- HORVÁTH G., B. BERNÁTH & G. MOLNÁR (1998) Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: Multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. *Naturwissenschaften* 85: 292-297
- JURZITZA G. & K. KORMANN (1960) Libellenbeobachtungen in der Umgebung von Karlsruhe (Baden). *Beiträge zur Naturkundlichen Forschung in Südwest-Deutschland* 19: 56-5
- LABHART T. & E.P. MEYER (1999) Detectors for polarized skylight in insects: a survey of ommatidial specializations in the dorsal rim area of the compound eye. *Microscopy Research Technique* 47: 368-379
- LAUGHLIN S. & S. MCGINNNESS (1978) The structure of dorsal and ventral regions of a dragonfly retina. *Cell Tissue Research* 188: 427-447
- ROBERTSON B.A. & R.L. HUTTO (2006) A framework for understanding ecological traps and evaluation of existing evidence. *Ecology* 87: 1075-1085
- SCHLAEPFER M. A., M.C. RUNGE. & P.W. SHERMAN (2002) Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 474-480
- SCHWIND R. (1985) Sehen unter und über Wasser, Sehen vom Wasser: Das Sehsystem eines Wasserinsektes. *Naturwissenschaften* 72: 343-352
- SCHWIND R. (1991) Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A*, 169, 531-540
- STEVANI C.V., J.S. PORTO, D.J. TRINDADE & E.J.H. BECHARA (2000) Automotive clearcoat damage due to oviposition of dragonflies. *Journal of Applied Polymer Science* 75: 1632-1639
- WATSON J.A.L. (1992) Oviposition by exophytic dragonflies on vehicles. *Notulae Odonatologicae* 3: 155-156
- WILDERMUTH H. (1993) Habitat selection and oviposition site recognition by the dragonfly *Aeshna juncea* (L.): an experimental approach in natural habitats (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica* 22: 27-44
- WILDERMUTH H. (1998) Dragonflies recognize the water of rendezvous and oviposition sites by horizontally polarized light: a behavioural field test. *Naturwissenschaften* 85: 297-302
- WILDERMUTH H. & W. SPINNER (1991) Visual cues in oviposition site selection of *Somatochlora arctica* (Zetterstedt) (Anisoptera: Corduliidae). *Odonatologica* 20: 357-367
- WILDERMUTH H. & G. HORVÁTH (2005) Visual deception of a male *Libellula depressa* by the shiny surface of a parked car (Odonata: Libellulidae). *International Journal of Odonatology* 8: 97-105
- WYNIĞER R. (1955) Beobachtungen über die Eiablage von *Libellula depressa* L. (Odonata, Libellulidae). *Mitteilungen der entomologischen Gesellschaft Basel* (NF) 5: 62-63

Manuskripteingang: 14. August 2007