

Attraktivität verschiedener Farbtafeln auf Zikaden (Hemiptera: Auchenorrhyncha) im Weingarten

Astrid Tiefenbrunner¹ und Wolfgang Tiefenbrunner²

- 1) A-7052 Müllendorf, Steinzeile 7.
- 2) Bundesamt für Weinbau, A-7000 Eisenstadt, Gölbeszeile 1

Zusammenfassung

Gelbe Klebfallen sind zur Beobachtung oder Eindämmung von Zikaden im Weinbau gebräuchlich, es fehlt aber an Effizienzvergleichen zu anderen Farben und generell an Arbeiten über das Farbsehvermögen dieser Tiergruppe. Im Juni 2006 wurde daher in einem Weingarten des Nordburgenlandes ein Versuch zur vergleichenden Attraktivitätsanalyse von Farbfallen durchgeführt.

Das Ausmaß der Bevorzugung der Farbe gelb variierte je nach untersuchtem Taxon, war aber immer vorhanden. Für *Empoasca vitis* erwies sich neben gelb auch noch grün als sehr attraktiv, während rot und blau unattraktiv wirkten. Für alle anderen untersuchten Deltocephalinae und Typhlocybiniae war hingegen rot attraktiver als grün. Blau wirkt stets unattraktiv, oft auch lila und blaugrün. Die relative Attraktivität der einzelnen Farben war von der Exposition der Farbfallen abhängig, was mit der allgemeinen Kontrastwirkung der Umgebung erklärt wird. Es gibt Hinweise dafür, dass die Tiere zwischen einem zweifarbigen Streifenmuster (9mm) und einer enggerasterten Mischfarbe aus diesen zwei Farben unterscheiden können.

Mehr als 50% der Zikaden wurden im untersten Fünftel der bodennahen Falle gefangen.

Da im Versuchsjahr eine Glanzkäferart (Nitidulidae) durch Blütenfraß an der Rebe auffällig wurde, wurde auch diese in den Versuch einbezogen. Sie bevorzugt die Farbe blau.

Einleitung

Zikaden können bei Massenvermehrung im Weinbau beträchtlichen Schaden anrichten (z. B. *Empoasca vitis*) und können auch als Vektoren von Krankheiten große Bedeutung erlangen, wie man etwa an *Hyalosthes obsoletus*, dem Überträger von Stolbur-Phytoplasmen im Weinbau sieht. Viele Vektoren sind darüber hinaus wahrscheinlich noch gar nicht bekannt. Mit der Ausbreitung eines Vektors besteht auch die Gefahr, dass sich die Krankheit weiter verbreitet, ein Phänomen, das sich gerade in letzter Zeit – vielleicht als Folge des Klimawandels – sehr häufig beobachten lässt. Derzeit steht beispielsweise die Zikade *Scaphoideus titanus*, Vektor der gefürchteten Flavescence dorée – Phytoplasrose an der Schwelle Österreichs bzw. hat sie bereits überschritten. Ähnliches gilt für *Metcalfa pruinosa*, die durch Honigtauproduktion ein Substrat für epiphytische Pilze liefert.

Es besteht daher ein großes Interesse, das Vorhandensein von Zikaden im Weingarten zu beobachten und gegebenenfalls ihre Ausbreitung zu dokumentieren. Weil auch neue Pathogene auftreten und neue Vektoren bekannt werden, kann man sich dabei nicht in jedem Fall auf wenige Arten beschränken. In der Literatur (Biedermann & Niedringhaus, 2004; Holzinger et al. 2003; Nickel, 2003; Stewart, 2002) werden verschiedene Verfahren zum qualitativen oder quantitativen Aufsammeln von Zikaden aufgezählt, darunter für den Weinbau auch die Verwendung von farbigen Klebfallen (Holzinger et al. 2003; Nickel 2002). Im Allgemeinen werden Gelbfallen verwendet. Auch mit Wasser gefüllte, farbige Schalen werden zu diesem Zweck benützt (Kisimoto, 1968; Stewart 2002).

Es ist natürlich durchaus möglich, dass verschiedene Zikadenarten eine unterschiedliche Farbaffinität aufweisen. Diese Möglichkeit hat uns einerseits zu dieser Arbeit motiviert, insbesondere weil es zur unterschiedlichen Attraktivität verschiedener Farben für Zikaden relativ wenig Publikationen gibt (Chang-Chi 2000). Andererseits interessierte uns aber

natürlich auch die Frage, ob man mit Farben eine abschreckende Wirkung erzielen kann. Vielleicht findet sich hier eine ungiftige Möglichkeit, Reben oder Rebanlagen zu schützen.

Im Zuge unserer Arbeit haben wir wesentlich mehr Glanzkäfer (Nitidulidae) als Zikaden gefangen. Da es im Untersuchungsjahr stellenweise massiv zu Blütenfraß an Reben durch Glanzkäfer gekommen ist, haben wir auch diese Fänge ausgewertet und die Ergebnisse in Anhang III zusammengefasst.

Methode

Am 07.06.2006 wurden in einem Weingarten nahe einer angrenzenden Hecke 90 klebrige Farbtafeln unterschiedlicher Farbvarianten angebracht und dort eine Woche (bis zum 15.06.2006) belassen. Ende Mai und Anfang Juni dieses Jahres herrschte ein ungewöhnlicher Kaltwettereinbruch, während des Versuchs überwogen hingegen für die Jahreszeit und die Region typische Temperaturen, die Bewölkung war gering. Die mit Hilfe der Farbtafeln gefangenen Zikaden wurden determiniert, wobei die Bestimmung auf Artniveau erfolgte.

- Standort

Der Versuch fand in Ostösterreich (Burgenland) im Weinbaugebiet Neusiedlersee – Hügelland nahe Mattersburg in einem Weingarten mit leichter Hanglage statt (Abb. 1).

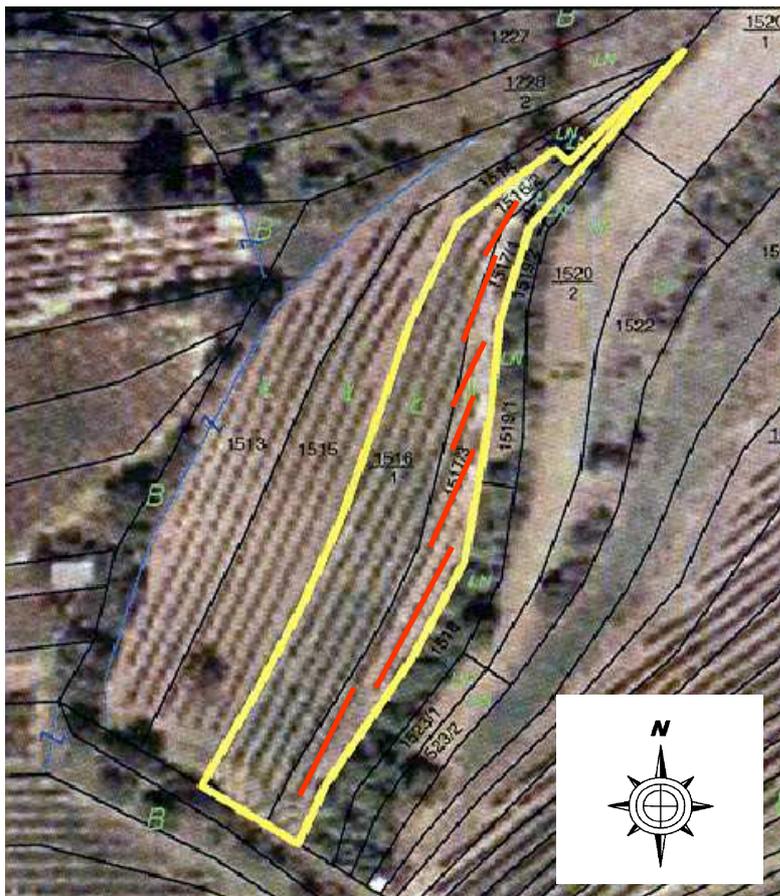


Abb. 1: Versuchsstandort (Luftbild des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

Die Rebzeilen verlaufen von nord – nordost nach süd – südwest, wobei sie nach Nordost leicht ansteigen. An der Ostgrenze des Weingartens befindet sich eine Hecke mit recht

vielfältiger Vegetation. Details dazu finden sich im Anhang 2, der die Erhebung der Flora dokumentiert.

- Herstellung der Farbtafeln

Für die Farbtafeln wurde 110 g A4 Papier verwendet, das mit einem Farblaserdrucker Samsung CLP 500 unter Verwendung von originalen Tonerpatronen einseitig bedruckt wurde. Von jeder Farbvariante wurden 20 Blätter hergestellt. Sie wurden mit einem handelsüblichen Laminator (PAVO A3 Sealmaster +) in durchsichtige Laminatfolien mit einer Dicke von 125 µm eingeschweißt, um sie gegen die Witterung und die Einwirkung des Klebstoffes zu schützen. Unmittelbar vor Versuchsbeginn und bereits am Versuchsstandort wurde der Klebstoff (Raupenleim hell der Firma Schacht, Braunschweig) mit einer Spachtel möglichst dünn und gleichmäßig ausschließlich auf die farbige Seite der Blätter aufgetragen.

- Farbvarianten

Die Kreation der Farbvarianten erfolgte nach dem RGB (Rot/Grün/Blau) - Farbraumsystem: es wird der Anteil der drei Grundfarben festgelegt (Minimum: 0, Maximum: 255). Folgende Varianten wurden verwendet: RGB: 255, 0, 0 = **rot**; RGB: 255, 255, 0 = **gelb**; RGB: 0, 255, 0 = **grün**; RGB: 0, 255, 255 = **blaugrün** (cyan); RGB: 0, 0, 255 = **blau** und RGB: 255, 0, 255 = **lila** (magenta). Die RGB – Codierung sorgt dafür, dass jeder Bildschirm die gleiche Farbe zeigt. Leider wird sie aber von den unterschiedlichen Druckern und Farbpatronen etwas unterschiedlich auf Papier übertragen. Die Farbmischung wird hier durch andere Grundfarben (gelb, cyan=blaugrün und magenta=lila) subtraktiv statt additiv erzeugt und die Grundfarben sind etwas unterschiedlich. Deshalb ist wahrscheinlich auch die Farbgebung der Abb. 2, linke Spalte nicht völlig mit der der Farbtafeln identisch. Abb. 2, rechte Spalte zeigt Fotografien der Farbtafeln in 50facher Vergrößerung.

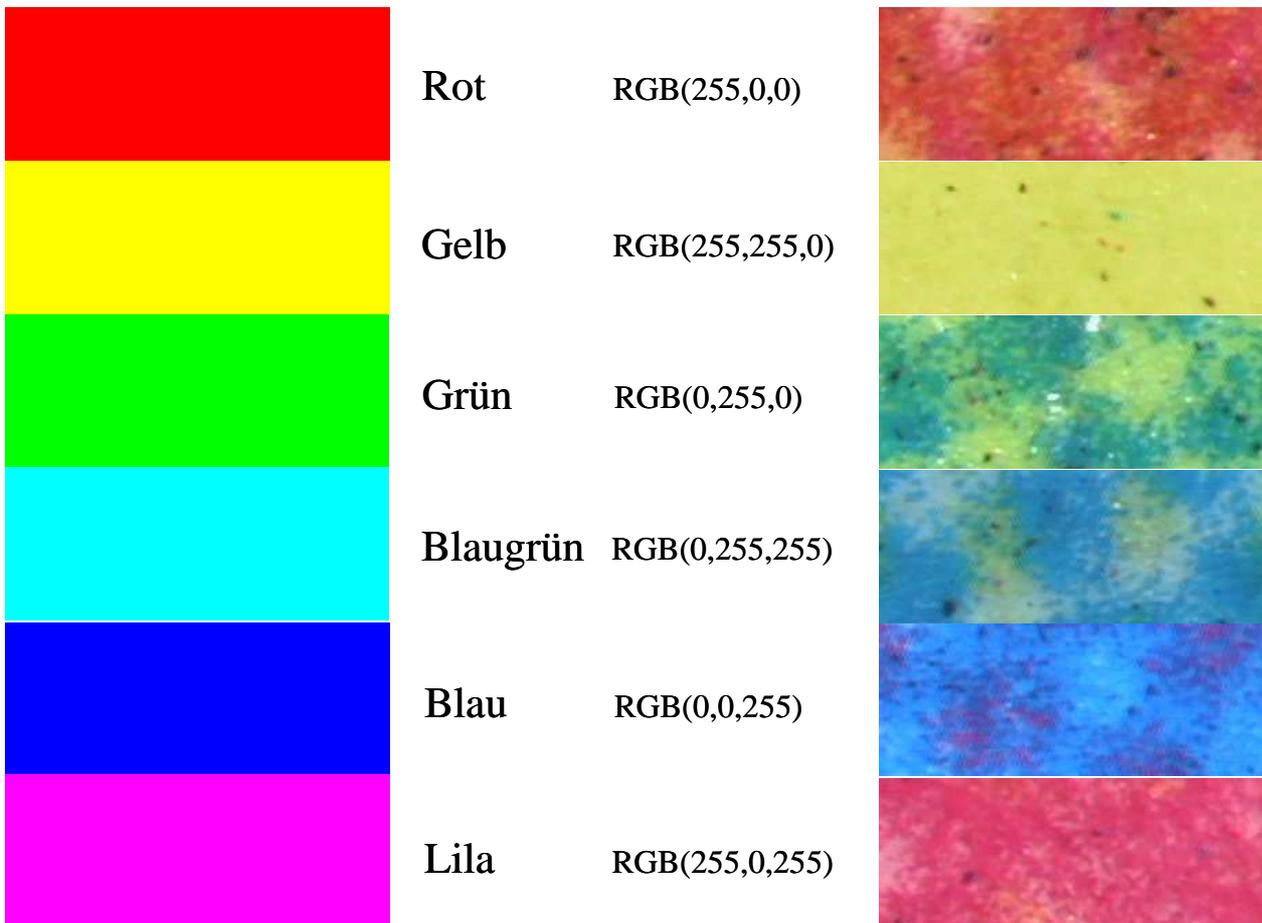


Abb. 2: Farbtafeln (links) und ihre Codierung. Rechts: Photographien in 50facher Vergrößerung.

Neben diesen sechs „Grundvarianten“ wurden auch noch gemusterte Tafeln erzeugt: Gelb – blaugrün, blaugrün – lila und lila – gelb gestreifte Blätter, wobei je 10 vertikal und 10 horizontal gestreift waren. Die Streifenbreite betrug ca. 9 mm (Abb. 3, ganz vorne).

- Positionierung der Farbtafeln

Da je zwei der angefertigten Blätter zu einer Farbtafel kombiniert wurden, lagen pro Variante 10 Wiederholungen vor, bei den gemusterten waren allerdings je 5 horizontal und 5 vertikal gestreift. Die Farbtafeln wurden jeweils an der östlichsten Rebzeile angebracht (Abb. 3). Die Position folgt in Abb. 1 den roten Linien.



Abb. 3 Versuchsanordnung am Standort

Die beiden kombinierten Blätter wurden so über zwei Leitschnüre gelegt, dass je eine Seite zum Weingarten und eine zur Hecke gerichtet war (natürlich mit der bedruckten und klebrigen Seite nach außen). Der untere Rand der Klebfallen befand sich in etwa 10 cm Höhe über dem Boden, die längere Seite wurde vertikal gestellt. Die Fallen wurden über die ganze Länge des Weingartenrandes in 10 Blöcken, die jeweils aus den 9 Farbtafeln einer Wiederholung bestanden, nacheinander angebracht. Die Anordnung der Falle innerhalb eines Wiederholungsblocks war zufällig (sie wurde mittels handelsüblichem Schnapskartenspiel durch intensives Mischen der Karten festgelegt, wobei jeder der 9 verwendeten Karten eine Farbvariante zugeordnet wurde). Es wurde nur darauf Bedacht genommen, dass an den Blockrändern nicht zwei Fallen der gleichen Variante unmittelbar benachbart sind. Zufällig ergab sich diese Situation aber nie.

- Determination

Die Insekten wurden unter dem Abzug in Wundbenzin heruntergelöst, wobei die Position der Zikaden auf der Falle vorher festgehalten wurde. Die Zikaden wurden auf ein Einmal-Sammelfilter gebracht (ein Stück doppelter Wundverband), um anschließend unter dem Binokular sortiert und determiniert zu werden. Falls notwendig wurde der Aedeagus herauspräpariert. Folgende Bestimmungsliteratur wurde verwendet: RIBAUT 1952, BEI-BIENKO (Edt.) 1964, OSSIANNILSSON 1978, OSSIANNILSSON 1981, OSSIANNILSSON 1983, REMANE & WACHMANN 1993, DELLA GIUSTINA 1989, HOLZINGER *et al.* 2003, BIEDERMANN & NIEDRINGHAUS 2004. Um die Qualität der Determination allgemein kontrollierbar zu machen, wurde eine Datenbank mit Habitusbildern der Alkoholpräparate und Fotos der Aedeaguspräparate angefertigt. Diese Datenbank wurde einem international anerkannten Spezialisten, Herrn Werner Holzinger (Fa. Oekoteam, Graz) zur Kontrolle vorgelegt, wie erforderlichenfalls auch die Alkoholpräparate. Danach wurden entsprechende Korrekturen vorgenommen. Die Datenbank ist auf Anfrage bei den Autoren frei erhältlich.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Statgraphics Centurion XV (Statpoint Inc., Herndon, Virginia, U.S.A.).

Ergebnisse

- Allgemeines

Mit den 90 Farbtafeln wurden insgesamt 1940 Zikaden gefangen, 1936 Cicadomorpha und 4 Fulgoromorpha. Innerhalb der Cicadomorpha (49 Arten) überwiegen die Cicadellidae mit 46 Arten. Zwei ihrer Unterfamilien dominierten, die Deltocephalinae (18 Spezies, 1479 Individuen) und die Typhlocybynae (22 Arten, 407 Individuen). Die anderen Familien der Cicadomorpha (Aphrophoridae, Cercopidae), Unterfamilien der Cicadellidae (Agalliinae, Cicadellinae, Macropsinae) und die Fulgoromorpha spielen lediglich eine untergeordnete Rolle. Details lassen sich dem Anhang I entnehmen, der für jede Gattung die Fänge nach den Farbvarianten sortiert.

- Häufigkeit der Arten

Da anzunehmen war, dass von der Hecke bzw. vom Weingarten verschiedene Arten in unterschiedlicher Häufigkeit vorkommen und angelockt werden, wurde die Analyse der Häufigkeit für die beiden Seiten einer Klebfalle getrennt vorgenommen und nur für die beiden dominierenden Unterfamilien. Das Ergebnis präsentiert Abb. 4:

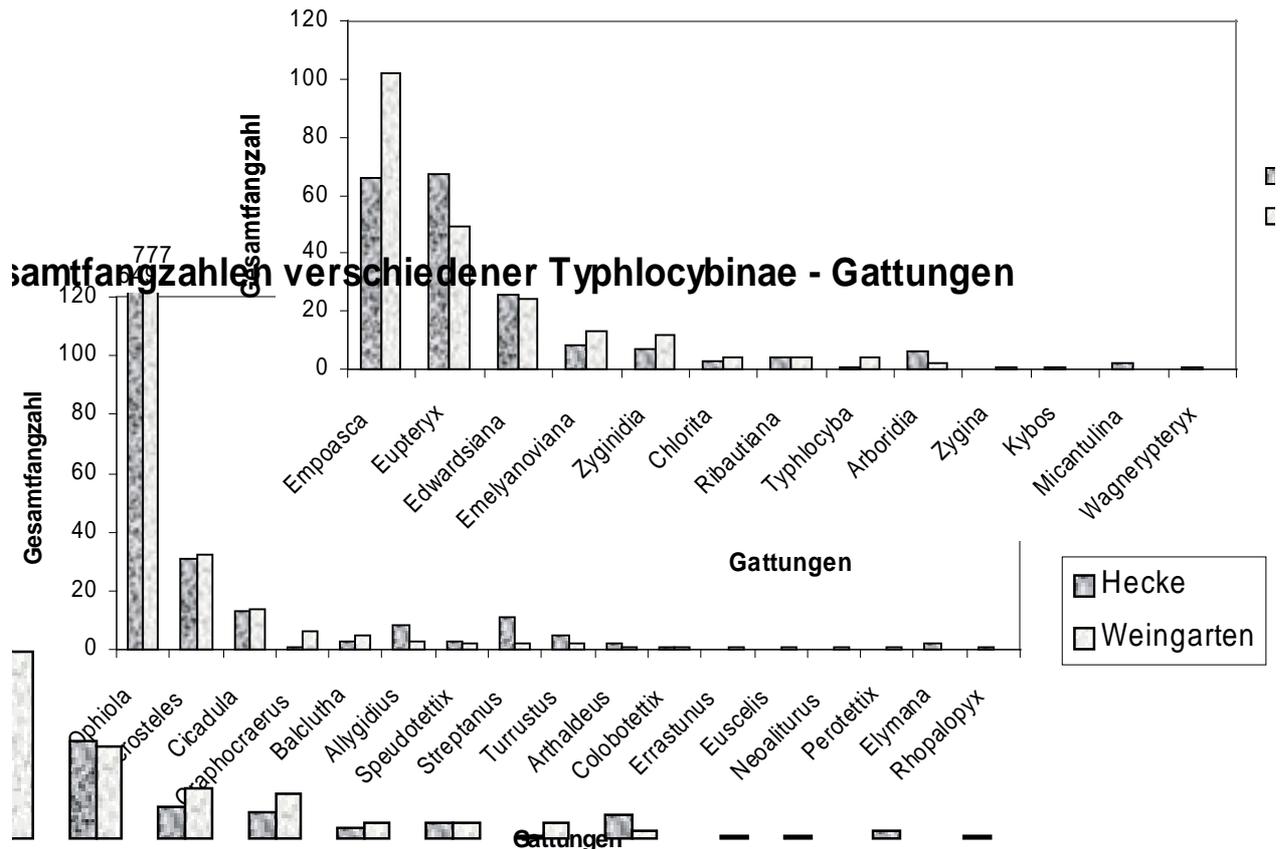


Abb. 4. Gesamtfangzahlen (WH=90) verschiedener Zikaden - Gattungen der Typhlocybae (Vordergrund) und Deltocephalinae (Hintergrund).

Eine Art der Unterfamilie Deltocephalinae dominiert auf der Versuchsfläche deutlich: *Ophiola decumana*, von der insgesamt 1326 Individuen gefangen wurden, deutlich mehr auf dem dem Weingarten zugewandten Fallenteil (Abb. 4). Die Art ist für eher extensiv betreute Weingärten typisch (Nickel 2003), ist polyphag (z. B. *Polygonum*, *Rumex*) und ist nur lokal häufig. Für den Heckenbereich ist sie hingegen nicht charakteristisch.

Macrosteles cristatus ist mit 63 gefangenen Individuen die zweithäufigste Art der Unterfamilie. Sie ist eine Pionierart, die auch Phytoplasmen überträgt ohne dabei nach derzeitiger Kenntnis ökonomisch relevant zu sein (Nickel 2003). Sie ist polyphag, auch an Gräsern. *Cicadula persimilis*, ist die dritthäufigste Deltocephalinae (27 Individuen).

Die bedeutendste Art der Typhlocybae ist wenig überraschend *Empoasca vitis*, die Rebzikade. Sie ist extrem polyphag und in vielen Weingärten häufig, wodurch sie als Direktschädling Bedeutung erlangen kann. Anders als die meisten Typhlocybae, die Mesophyllsauger sind, saugt sie am Phloem. Insgesamt wurden 168 Individuen gefangen.

Sechs Arten der Gattung *Eupteryx* wurden festgestellt. Insgesamt wurden 116 Individuen dieser Gattung gefangen, überwiegend auf dem der Hecke zugewandten Fallenblatt. *E. atropunctata* war die Häufigste der festgestellten Arten, ist polyphag und hat durchaus Affinität zur Hecke und ähnlichen Biotopen. Zwei weitere Arten sind monophag an *Urtica dioica*.

Die Arten der Gattung *Edwardsiana* haben deutlichen Bezug zu Heckenpflanzen und ernähren sich z. B. von *Cornus*, *Prunus* oder *Rosa*. 50 Individuen und 3 Arten wurden nachgewiesen.

Viele Gattungen sind nur als Einzelfänge oder durch sehr wenige Individuen vertreten.

- Fanghöhe

Da die Fangposition auf den Fallen dokumentiert wurde, konnte die überwiegende Fanghöhe ermittelt werden. Dazu wurde das 29,7 cm hohe A4-formatige Blatt in fünf Höhenstufen zu 5,94 cm eingeteilt. Bei den folgenden Angaben muss man bedenken, dass die Fallen so aufgehängt wurden, dass sich ihr unterer Rand 10 cm über dem Boden befand.

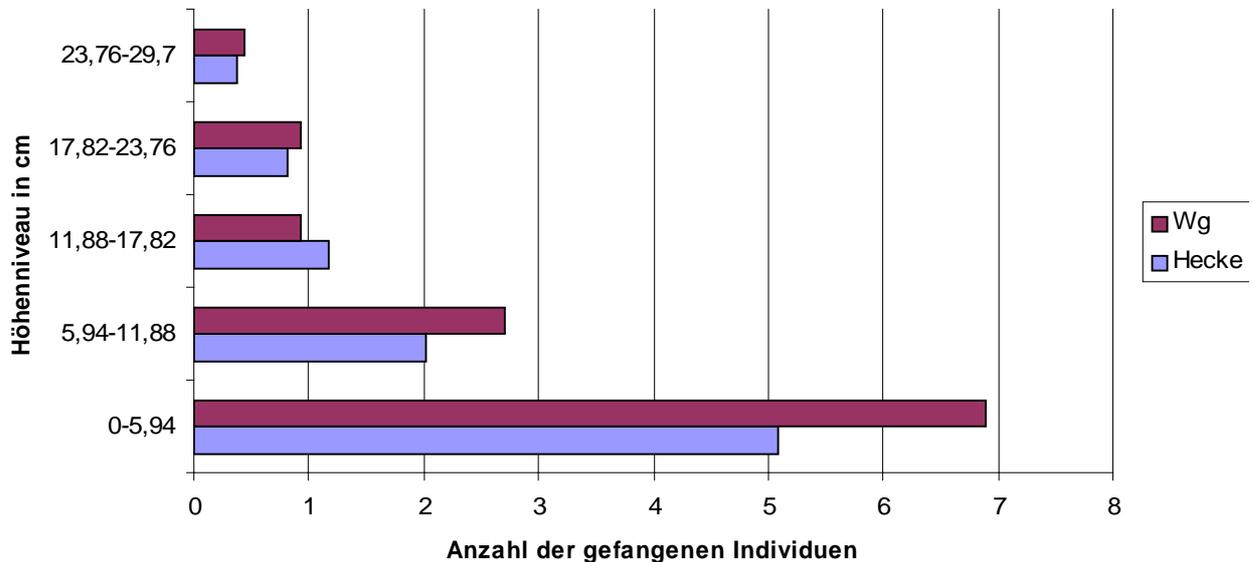


Abb. 5: Mittlere Zikadenfangzahl pro Höhenniveau (WH=90)

Mit zunehmender Höhe halbierten sich die Fangzahlen in etwa von Höhenstufe zu Höhenstufe und nahmen daher in diesem Bereich annähernd exponentiell ab. Das bedeutet, dass man in den untersten 6 cm annähernd so viele Zikaden fängt, wie auf den restlichen 24 cm der Falle. Der Effekt lässt sich auf der dem Weingarten zugewandten Seite deutlicher feststellen, hier überwiegen die Fangzahlen bei den untersten 6 cm (durchschnittlich etwa 7 Individuen) den Rest (durchschnittlich etwa 5 Individuen) doch deutlich.

- Attraktivität verschiedener Farben

1) Gesamtheit der Zikaden

Da sich statistisch absicherbare Ergebnisse nur mit hohen Fangzahlen erreichen lassen, wurde zunächst die Gesamtheit der Zikaden analysiert (Abb. 6), wobei die der Hecke und die dem Weingarten zugewandte Fallenseite wieder getrennt analysiert wurden, da Weingartenboden und Hecke Quelle für unterschiedliche Arten- und Individuenhäufigkeiten sind.

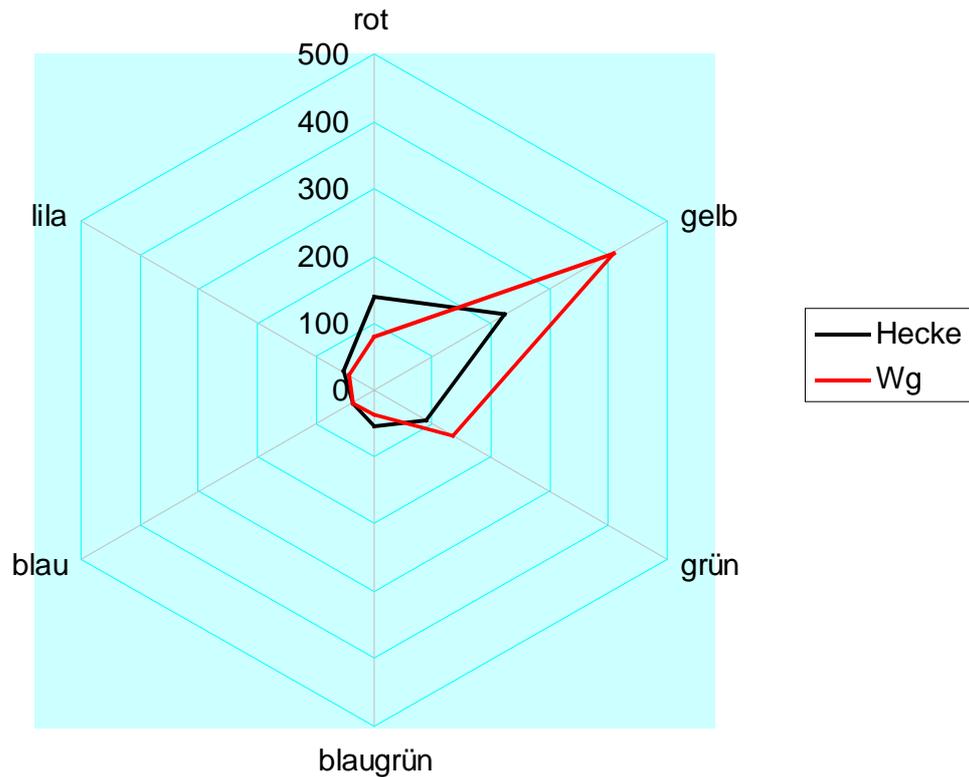


Abb. 6: Gesamtanzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante (WH=10)

Es dominieren die Fangzahlen der Gelbfallen deutlich (631), von dort nimmt die Anzahl der gefangenen Individuen entlang des Farbkreises ab, um so bei den Blaufallen ein Minimum (74 bzw. 12%) zu erreichen. Gelb am Nächsten kommen von den einfärbigen Fallen rot (218) und grün (222), was etwa 35% entspricht. Von den zweifärbigen, gestreiften Fallen war gelb-lila am effektivsten (344 oder 55%), gegenüber 31% bei blaugrün-gelb und 8% bei lila-blaugrün, das sogar noch weniger Zikaden angezogen hat, als blau.

Der Anlockeffekt der Gelbfallen ist aber beim heckenseitigen Fallenblatt geringer (Abb. 6). Obwohl auf den weingartenseitigen Fallenteilen insgesamt mehr Individuen gefangen wurden, überwiegen bei den rot-, lila- und blaugrünfarbigen Fallen die Fänge auf dem heckenseitigen Blatt.

Um diese Ergebnisse abzusichern, wurde zunächst eine Varianzanalyse mit den Originaldaten durchgeführt, um den Unterschied zwischen den Farbvarianten beurteilen zu können. Hierzu wurden die Daten der Gesamtfallen betrachtet und nicht zwischen heckenseitig und weingartenseitig unterschieden. Die Voraussetzung der Varianzhomogenität war aber für die Varianzanalyse mit den Originaldaten nicht gegeben, der Levene - Test lehnt die Hypothese der Varianzhomogenität auf dem Signifikanzniveau ab ($P=0,03$). Daher wurde eine Datentransformation von x auf y mit $y=\ln(x+1)$ durchgeführt. Für die transformierten Daten wurde die Hypothese der Varianzhomogenität nicht abgelehnt (Levene $P= 0,9$).

Gemäß Varianzanalyse unterscheiden sich die Fangzahlen für die Farbvarianten hochsignifikant ($P=0,0$). Der Multiple Mittelwertvergleich (95% LSD) findet drei homogene Gruppen (Tab. 1).

Tabelle 1: Signifikante Unterschiede der mittleren Fangzahlen bei den verschiedenen Farbvarianten. Die Elemente einer Gruppe unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, wohl aber die Elemente verschiedener Gruppen.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
rot		X	
gelb			X
grün		X	
blaugrün	X		
blau	X		
lila	X		
lila -blaugrün	X		
blaugrün -gelb		X	
gelb - lila		X	

Demnach unterscheidet sich die Variante „gelb“ mit den höchsten Fangzahlen signifikant von ihren Nachbarn im Farbkreis („rot“ und „grün“). „Rot“ unterscheidet sich signifikant von ihrem zweiten Nachbarn, „lila“, ebenso wie „grün“ von „blaugrün“. Keine signifikanten Unterschiede ergeben sich auf der „gelb“ gegenüberliegenden Seite des Farbkreises: „blaugrün“, „blau“ und „lila“.

Interessant ist weiterhin, dass sich die mittleren Fangzahlen der gestreiften Farbtafeln in zwei Fällen signifikant von den Tafeln der sie zusammensetzenden Farben unterscheiden: „Gelb-lila“ liegt ebenso zwischen den Fangzahlen von „gelb“ und von „lila“ mit signifikantem Unterschied zu Beiden, wie das für „blaugrün-gelb“ und „blaugrün“ bzw. „gelb“ der Fall ist. Die Fangzahlen der „lila-blaugrün“ – Tafeln unterscheiden sich nicht signifikant von den Tafeln mit den Farben, die sie zusammensetzen. Aber „lila“ und „blaugrün“ unterscheiden sich ja auch voneinander nicht signifikant. Keine der gestreiften Farbtafeln unterscheidet sich signifikant von den Tafeln jener Farbe, die im Farbkreis zwischen den Farben liegt, die die gestreiften Tafeln zusammensetzen. Z. B. unterscheidet sich „rot“ nicht von „gelb-lila“.

Um den Unterschied zwischen „heckenseitig“ und „weingartenseitig“ zu untersuchen, wurde für jede Farbe getrennt ein Differenzen - t - Test und ein nichtparametrischer Test, der Wilcoxon Rangtest für verbundene Stichproben durchgeführt. Wenn die Ergebnisse der Tests qualitativ nicht übereinstimmten, wurden wesentliche Parameter der Verteilung der Stichprobe auf Übereinstimmung mit der Normalverteilung untersucht und danach der Test ausgewählt.

Für die Farbe gelb überwiegen die weingartenseitigen Fänge. Der Unterschied ist signifikant (t-Test: $P=0,02$; Wilcoxon: $P=0,03$), ebenso wie für „rot“ (Wilcoxon $0,02$), und „lila“ (t-Test: $P=0,016$; Wilcoxon: $P=0,02$), bei denen aber mehr Individuen auf der Heckenseite gefangen wurden. Bei „grün“ (t-Test: $P=0,2$; Wilcoxon: $P=0,34$), „blaugrün“ (t-Test: $P=0,09$; Wilcoxon: $P=0,07$) und „blau“ (t-Test: $P=0,8$; Wilcoxon: $P=0,95$) ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Der deutliche Unterschied bei „grün“ in Abb. 6 wird durch einen Ausreißer bedingt.

Kein signifikanter Unterschied findet sich weiters bei den gestreiften Fällen (gelb-lila: t-Test: $P=0,5$, Wilcoxon: $P=0,7$; blaugrün-gelb: t-Test: $P=0,2$, Wilcoxon: $P=0,1$; lila-blaugrün: t-Test: $P=0,9$; Wilcoxon: $P=1,0$). Weiter oben wurde erwähnt, dass sich keine der gestreiften Farbtafeln signifikant von den Tafeln jener Farbe unterscheidet, die im Farbkreis zwischen den Farben liegt, die die gestreiften Tafeln zusammensetzen. Bezüglich des Unterschieds Hecke – Weingarten gilt das offensichtlich nicht: „rot“ und „gelb-lila“ verhalten sich hier nicht gleich.

Es wurde auch versucht, einen Unterschied zwischen den vertikal und horizontal gestreiften Fällen zu finden. Bei den lila-blaugrün und den gelb-lila gestreiften Fällen überwiegt die Fangzahl bei den vertikal gestreiften Fällen (bei den blaugrün-gelben ist sie etwa gleich). Der Unterschied ist aber nicht signifikant, möglicherweise wegen der geringen Anzahl an Wiederholungen.

2) Typhlocybae und Deltocephalinae

Die beiden individuen- und artenreichsten Unterfamilien der Cicadellidae wurden getrennt analysiert. Die folgende Besprechung erfolgt nicht so detailliert, wie im vorigen Abschnitt.

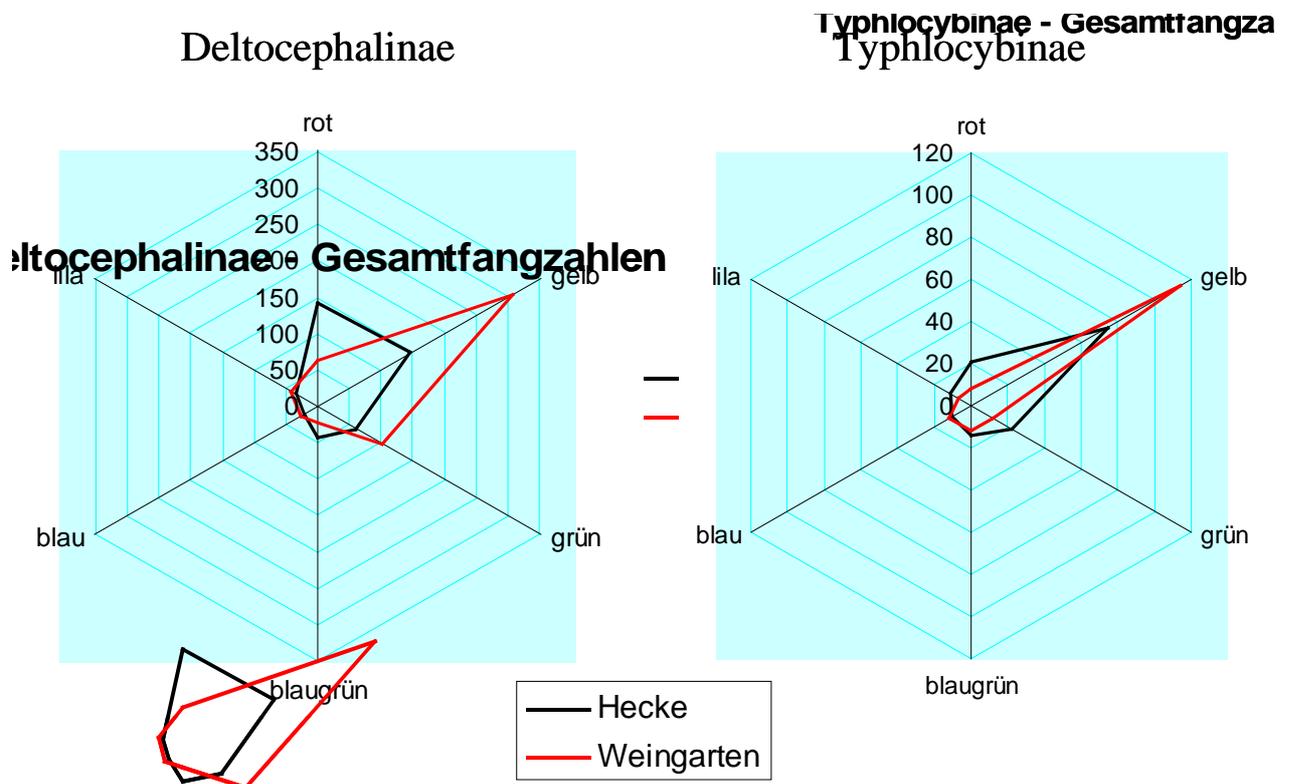


Abb. 7: Anzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante (WH=10) für die wichtigsten Unterfamilien der Cicadellidae

Bei den **Deltocephalinae** überwiegen die mittleren Fangzahlen der Gelbfallen, allerdings nicht so deutlich. Zu „rot“ und „gelb-lila“ ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Zum zweiten Nachbarn von „gelb“ auf dem Farbkreis – „grün“ - ist der Unterschied allerdings signifikant. Die Rotattraktivität ist demnach höher als die Grünattraktivität. Blau, blaugrün und lila haben die geringste Attraktivität. Ihre mittleren Fangzahlen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, wohl aber unterscheidet sich die ganze Gruppe signifikant von rot und grün.

Blaugrün-gelb unterscheidet sich hier signifikant von grün, jener Farbe, die im Farbenkreis zwischen blaugrün und gelb liegen. Die Grünfallen haben im Mittel signifikant mehr Individuen gefangen.

Der Unterschied zwischen heckenseitigem und weingartenseitigem Fallenblatt fällt nur für die Farbe rot signifikant aus, wobei hier die Anzahl der Fänge auf der Heckenseite größer ist. Für gelb und blaugrün-gelb liegen die Signifikanzwerte nur geringfügig über 0,05. Hier ist die Anzahl der Fänge auf der Weingartenseite größer gewesen.

Bei allen anderen Farben und Farbkombinationen ergibt sich kein signifikanter Unterschied bezüglich Fangzahlen beim Vergleich Hecke und Weingarten.

Bei den **Typhlocybinae** ist die überwiegende Attraktivität der Farbe gelb wesentlich deutlicher, die mittleren Fangzahlen unterscheiden sich von allen anderen signifikant. Lila und lila-blaugrün sind die am Wenigsten attraktiven Farben. Blau unterscheidet sich nicht signifikant von lila, ist also ebenfalls wenig attraktiv. Rot ist nicht signifikant von blau unterschieden, wohl aber grün. Man kann daraus schließen, dass grün attraktiver ist als rot. Die gestreiften, zweifarbigen Tafeln unterscheiden sich in ihrer Attraktivität nicht von den Tafeln jener Farbe, die sie im Farbkreis einschließen.

Signifikante Unterschiede bezüglich des Vergleichs der Weingarten- und der Heckenseite ergeben sich bei dieser Unterfamilie nicht. Lediglich für gelb und insbesondere für grün liegen die P-Werte wenigstens z. T. nahe 0,05 und stets unter 0,1. Auch hier gilt, dass für die Farbe gelb die Weingartenseite, für grün die Heckenseite attraktiver ist, aber eben gerade nicht signifikant.

3) Häufige Arten

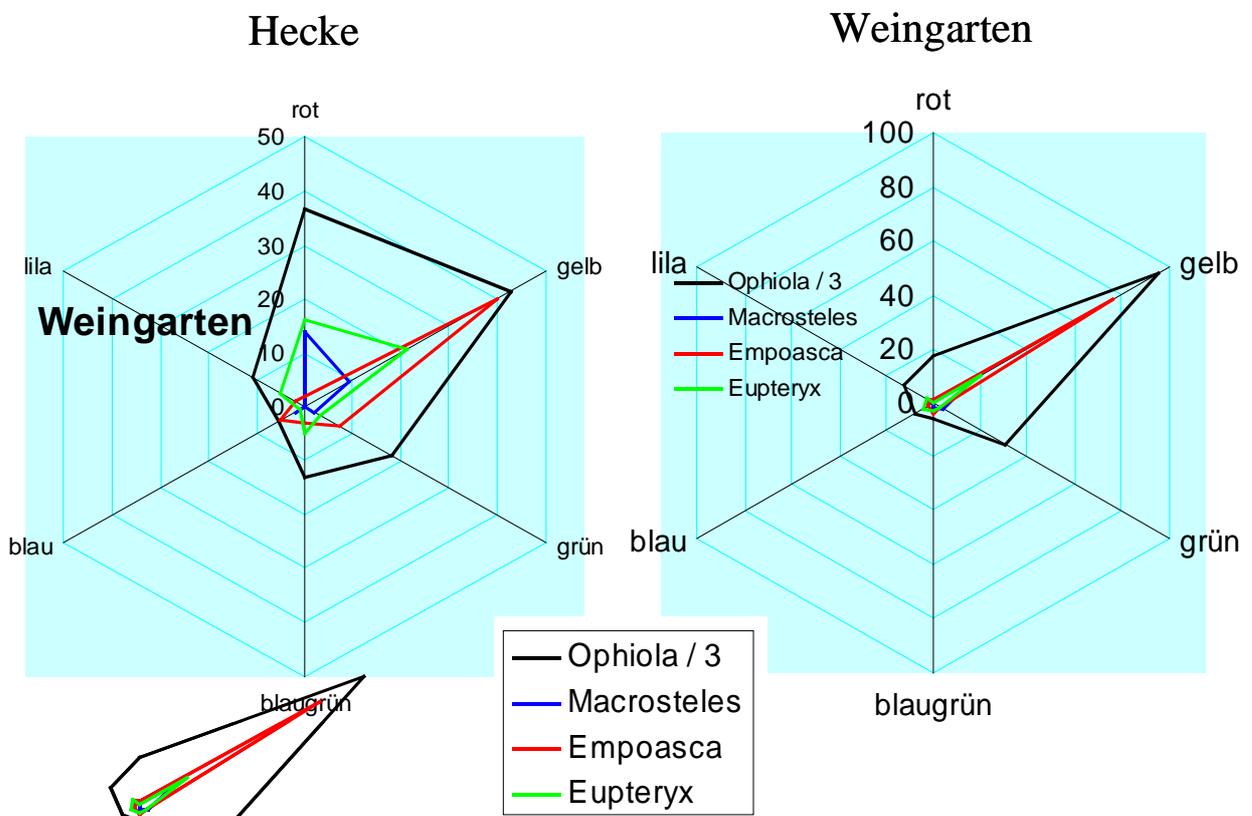


Abb. 8: Anzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante (WH=10) für die häufigsten Zikadengattungen

Ophiola decumana: Diese Art zählt so wie die folgende zu den Deltocephalinae. Gelb weist die höchste Attraktivität auf, signifikant unterschieden von allen anderen Farbtafeln, mit Ausnahme von gelb-lila. Von allen einfarbigen Tafeln hat „rot“ die nächsthöchste Anziehungskraft, gefolgt von grün, lila, blaugrün und blau. Blaugrün und blau unterscheiden sich nicht signifikant voneinander und auch nicht von blaugrün-lila. Blaugrün-gelb unterscheidet sich nicht signifikant von grün, der auf dem Farbenkreis von den beiden anderen eingeschlossenen Farbe.

Für diese Art ergibt sich kein signifikanter Unterschied in der mittleren Fangzahl zwischen hecken- und weingartenseitigem Fallenblatt.

Macrosteles cristatus: Die höchste Attraktivität weisen die Gelb- gefolgt von den Rotfallen auf, die geringste lila und blaugrün-gelb. Gelb unterscheidet sich signifikant von allen anderen Farbtafeln. Es ergibt sich kein Unterschied zwischen Hecken- und Weingartenseite der Fallen.

Empoasca vitis: Sie ist ein Vertreter der Typhlocybinæ, ebenso wie die folgenden Arten. Die höchste Attraktivität weisen Gelbfallen auf, die sich signifikant von allen anderen unterscheiden. Die nächsthöheren Fangzahlen haben Grünfallen. Rot weist eine besonders niedrige Anziehungskraft auf, unterboten nur noch von blaugrün-lila. Lila und blau sind ebenfalls wenig attraktiv.

Die Unterschiede in den mittleren Fangzahlen sind hecken- und weingartenseitig nicht signifikant. Nur für die Gelbfallen ergeben sich P-Werte nahe dem Signifikanzniveau.

Eupteryx spp.: Gelb ist die attraktivste Farbe und die mittlere Fangzahl der Gelbfallen unterscheidet sich signifikant von allen anderen einfarbigen Fallen. Rot, blaugrün und lila bilden die nächstattraktive homogene Gruppe. Am wenigsten attraktiv sind grün und blau. Beim Vergleich der zweifarbigen Tafeln mit jenen Fallen deren Farbe im Farbkreis von denen der zweifarbigen eingeschlossen wird, fällt besonders auf, dass blaugrün-gelb zu den attraktivsten, grün zu den am wenigsten anziehenden Farben zählt. Für die beiden anderen Fälle besteht Übereinstimmung in der Attraktivität.

Kein signifikanter Unterschied ergibt sich für die mittleren Fangzahlen der hecken - und der weingartenseitigen Fallenblätter.

Diskussion

Seit den Verhaltensstudien von Karl Frisch an Bienen wissen wir, dass Insekten zum Farbsehen befähigt sind (Frisch, 1914). Das Spektrum des sichtbaren Lichts stimmt allerdings nicht immer mit dem menschlichen überein, Bienen z.B. sehen ultraviolett, aber kein rot. Manche Schmetterlinge sind zur Rotwahrnehmung befähigt, es handelt sich also um keine für alle Insekten typische Spektralverschiebung. Auch die Anzahl der Grundfarben, d.h. der Rhodopsine mit unterschiedlicher Farbempfindlichkeit muss nicht unbedingt übereinstimmen, nicht einmal bei Wirbeltieren. So besitzen die meisten Säugetiere nur zwei verschiedene Farbrezeptoren, Vögel und die meisten Reptilien hingegen vier. Für letztere existiert für die Kombination der Grundfarben daher kein Farbkreis, sondern eine „Farbkugel“, für erstere ein „Farbstrich“. Bei Zikaden ist unseres Wissens weder die spektrale Empfindlichkeit untersucht worden, noch ist die Anzahl der Farbrezeptoren bekannt.

Andererseits sind natürlich Bildschirme und Farbdrucker vollständig auf das Sehvermögen des Menschen adaptiert. Was eine Zikade tatsächlich sieht, wenn sie auf eine unserer Farbtafeln blickt, lässt sich also nicht einmal ansatzweise erraten. Allerdings stimmen die Grundfarben, die unterschiedliche Farbpatronen verwenden, auch nicht völlig überein, was uns aber nicht an einem prinzipiellen qualitativ je nach der Farbmischung unterschiedlichen Farbeindruck hindert, auch wenn er je nach den verwendeten Grundfarben unterschiedlich ist. Möglicherweise hat also auch eine Zikade bei der Kombination zweier oder dreier Pigmentfarben in sehr engem Raster einen neuen Farbeindruck, wenn er auch sicher nicht mit dem unseren übereinstimmt.

Die Herstellung der Farbtafeln für diesen Versuch mittels Farbdrucker hat mehrere Vorteile: sie ist einfach, billig, schnell, es lässt sich jede beliebige Farbkombination kreieren und das Ergebnis ist wiederholbar. All das überwiegt unserer Auffassung nach die Nachteile.

Das Resultat unserer Untersuchungen spricht dafür, dass das Sehvermögen der Zikaden in dem Spektralbereich des Lichts, der uns zur Verfügung steht, dem unseren sehr ähnlich ist. Sie sehen offenbar gelb, die meisten Arten lassen sich aber auch durch rot ganz gut anlocken. Die Ausnahme bildet hier *Empoasca vitis*, für die rot unattraktiv ist, im Gegensatz zu grün, das eine hohe Anziehungskraft hat (dies wurde auch von Chang-Chi et al. 2000 für

verschiedene *Empoasca* – Arten festgestellt). Das ist ein Sonderverhalten dieser Gattung (grün ist für die anderen untersuchten Arten nicht besonders anziehend), das sich möglicherweise aus der Körperfärbung erklärt. Die Grüne Rebzikade ist – wie der Name schon sagt, grün, eigentlich gelbgrün. Insgesamt gesehen reagieren die Zikaden also differenziert zumindest auf den langwelligen Teil des für Menschen sichtbaren Spektrums. Ob blau tatsächlich gesehen wird oder für die Zikaden nur unattraktiv dunkel erscheint, lässt sich aus dem Versuchsergebnis nicht schlüssig folgern.

Ein sehr merkwürdiger Effekt ist der Unterschied der Fangzahlen bei den verschiedenen Farben, je nachdem, ob man die Heckenseite oder die Weingartenseite der Fallen betrachtet. Dieser Unterschied wurde überhaupt nur untersucht, weil angenommen wurde, dass Hecke und Weingarten als Lebensraum für verschiedene Zikadenspezies dienen, die natürlich auf die Farben unterschiedlich reagieren könnten. Der Effekt, dass mehr Individuen auf der dem Weingarten zugewandten Seite der Gelbfallen gefangen wurden, bei verschiedenen anderen Farben aber umgekehrt auf der der Hecke zugewandten Seite, ist aber auch für die beiden artenreichsten Unterfamilien der Cicadellidae nachweisbar und wurde bei den untersuchten Gattungen wohl nur wegen einer zu geringen Fangzahl nicht bestätigt. Er kam überraschend und ist nicht leicht zu erklären.

Die Fallen wurden am Vormittag auf der Heckenseite von der Sonne beleuchtet, am Nachmittag auf der Weingartenseite. Nehmen wir an, die Zikaden hätten zu einer bestimmten Tageszeit eine höhere Aktivität. Dann wären je nachdem auf der einen Seite mehr Individuen gefangen worden (was ja auch der Fall ist, wie man besonders deutlich an *Ophiola decumana* und *Empoasca vitis* sieht – Abb. 4), aber eben unabhängig von der Farbe der Falle.

Genauso wenig kann dieser Effekt als Kompensation aufgetreten sein. Nehmen wir beispielsweise an, gelb sei heckenseitig weniger attraktiv. Ergibt sich daraus, dass auf den anderen Fallen vergleichsweise mehr Individuen gefangen werden? Nur dann, wenn sowieso jedes Individuum auf irgendeiner Falle landet. Das ist aber sicherlich bei dieser Versuchsanordnung nicht der Fall gewesen.

Der Wesentlichste, optisch auffällige Unterschied zwischen Hecken- und Weingartenseite ist der optische Fallenhintergrund. Vom Weingarten aus gesehen stehen die Fallen vor einem dunklen, grün getönten Hintergrund: der Hecke. Von der Hecke aus gesehen vor einem hellen, überwiegend bräunlichen. Die Gelben Fallen bilden gegen den dunklen Hintergrund sicherlich einen deutlicheren Kontrast, während rot und z.T. auch grün gegen den hellbraunen Hintergrund verhältnismäßig besser abgesetzt sind. Dies wäre eine mögliche Erklärung, die aber durch weitere Versuche verifiziert werden müsste.

Die subtraktiven Grundfarben sind gelb, blaugrün (cyan) und magenta (lila). Rot, grün und blau sind also in engem Raster – unterhalb des menschlichen Auflösungsvermögens - kombinierte Farben. Für die Zikadenaugen sollten die aus zwei subtraktiven Grundfarben zusammengesetzten Farbtafeln dann den fein gerasterten entsprechen, wenn ihr Auflösungsvermögen (Minimum separabile) aus Sprungdistanz oberhalb der Streifendicke liegt.

Über das Auflösungsvermögen des Komplexauges gibt es sehr unterschiedliche Ansichten. Physiologen (Kirschfeld 1971, 1976; Snyder 1979) sind der Auffassung, dass der Öffnungswinkel der Ommatidien das Auflösungsvermögen bestimmt. Demnach hätte etwa eine Großlibelle bei etwa 1° Öffnungswinkel (Horridge, 1977, Kaestner 1972) ein entsprechend geringes Auflösungsvermögen. Freilandethologen behaupten hingegen, dass deren Auflösungsvermögen etwa dem menschlichen entspricht, also hundert mal größer ist (Jurzitza 1988, Kaestner 1972). Die Zikaden dieses Versuchs haben in jedem Fall einen wesentlich größeren Ommatidien – Öffnungswinkel, als Großlibellen und damit ein geringeres Auflösungsvermögen.

Das Anlockvermögen der zweifarbigen, gestreiften Fallen ist zwar dem der Fallen, deren Farbe sich im Farbkreis zwischen den beiden befindet – und die daher aus denselben subtraktiven Grundfarben zusammengesetzt sind – oftmals sehr ähnlich. Es gibt aber auch

deutliche Unterschiede, z.B. bei *Empoasca vitis*. Auch verhalten sie sich beim Vergleich der Hecken- und Weingartenseite anders, was für den Fall, dass die Farben getrennt gesehen werden bei der oben erwähnten Kontrasthypothese auch angenommen werden muss. Auch der – wenn auch nicht signifikante – Unterschied zwischen horizontal und vertikal gestreiften Fallen spricht dafür, dass die Streifen wirklich gesehen wurden. Es wurde aber kein Muster und keine Farbkombination gefunden, die gegenüber der Gelbfalle eine verbesserte Fangleistung erbracht hätte.

Man kann aber natürlich den Kontrast der Umgebung erhöhen und auch Form und Position der Falle noch optimieren. Das Faktum, dass wir mehr als die Hälfte aller Zikaden im untersten Fünftel der Falle gefangen haben spricht dafür, dass man die Fallen möglichst tief und querformatig aufhängen, bzw. auch länglicher gestalten sollte. Allerdings sollte man dieses Ergebnis nicht auf alle Zikadenarten extrapolieren, da wir hauptsächlich eine Art, *Ophiola decumana*, gefangen haben (1326 von 1940 Individuen), die wahrscheinlich als „flugfaul“ zu bezeichnen ist und die Fallen wohl hauptsächlich springend erreicht hat.

Danksagung

Herrn Ing. Josef Moravitz danken wir für dafür, dass er uns den Versuchsstandort zur Verfügung gestellt hat. Herr Ing. Helmut Oswald und Herr Martin Rechberger haben uns bei der Herstellung der Farbfallen geholfen, wofür ihnen Dank gebührt. Herrn Ing. Helmut Oswald danken wir weiters für seine Diskussionsbeiträge, die Farbentheorie und ihre Anwendung auf Farbdrucker betreffend.

Literatur

BEI-BIENKO G.Y., BLAGOVESHCHENSKII D.I., CHERNOVA, O.A., DANTSIG E.M., EMEL'YANOV A.F., KERZHNER I.M., LOGINOVA M.M., MARTYNOVA E.F., SHAPOSHNIKOV G.K., SHAROV A.G., SPURIS, Z.D., VISHNYAKOVA T.L., YACZEWSKI T.L., YAKHONTOV V.V. & L.A. ZHIL'TSOVA: Keys to the insects of the European USSR. Vol I, Apterygota, Palaeoptera, Hemimetabola, Akademiya Nauk SSSR, Moskva-Leningrad, 1964

DE BIASE, ANTONINI, G., MANCINI, E., AUDISIO, P., Molecular taxonomy of two sibling species of the pollenbeetle genus *Meligethes* (Coleoptera: Nitidulidae), Zootaxa, 190,1-6, 2003.

BIEDERMANN R. & R. NIEDRINGHAUS, Die Zikaden Deutschlands. —Wissenschaftlich Akademischer Buchvertrieb Fründ, Scheeßel, Germany, 2004.

CHANG-CHI CHU, PINTER, P. J. JR.,HENNEBERRY, T. J., UMEDA, K., NATWICK, E. T., YUAN-AN, W., REDDY, V. R., SHREPATIS, M., Use of CC traps with different Ttrap base colors of siverleaf whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), thrips (Thysanoptera: Thripidae), and Leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae), Journal of economic entomology, 93, 4, 1329-1337, 2000.

DELLA GIUSTINA W., BONFILS J. & W. LE QUESNE, Homoptères Cicadellidae, Volume 3. —Faune de France 73: Fédération française des sociétés de sciences naturelles, Paris, France,1989.

FRISCH. K., Der Farbensinn und Formensinn der Biene, Zoologische Jahrbücher (Physiol.), 35, 188pp., 1914.

HOLZINGER W., KAMMERLANDER I.& H. NICKEL, Die Zikaden Mitteleuropas. Fulgoromorpha, Cicadomorpha excl. Cicadellidae, —Brill, Leiden, The Netherlands, 673pp., 2003.

HORRIDGE, G. A., The Compound Eye of Insects, Sci. Am. 237, 108-120, 1977.

JURZITZA, G. Welche Libelle ist das?: Die Arten Mittel- und Südeuropas, Stuttgart: Franckh, 191 pp., 1988.

KAESTNER, A., Lehrbuch der Speziellen Zoologie, Band I: Wirbellose, 3. Teil A & B, Jena: Gustav Fischer Verlag, 907 pp., 1972.

KIRSCHFELD, K., Wirkungsweise des Komplexauges von Insekten, Naturwissenschaften, 58 (4), 201-209, 1971.

- KIRSCHFELD, K., The resolution of lens and compound eyes. In: Neural principles in vision (eds. F. Zettler, R. Weiler), pp. 354-370, Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1976.
- KISIMOTO, R., Yellow pan water trap for sampling the small brown planthopper, *Laodelphax striatella* (FALLEN), a vector of the rice stripe virus, *Appl. Entomol. & Zool.*, 3, 37-48, 1968.
- MARSHALL, N. J., A unique colour and polarization vision system in mantis shrimps, *Nature*, 333, 557-560, 1988.
- NICKEL, H., The Leafhoppers and planthoppers of Germany, Pensoft Publishers, Sofia – Moscow, 460 pp., 2003.
- OSSIANNILSSON F., The Auchenorrhyncha of Fennoscandia and Denmark. Part 1: Introduction, infraorder Fulgoromorpha. —Scandinavian Science Press, Klampenborg, Denmark, 1978.
- OSSIANNILSSON F., The Auchenorrhyncha of Fennoscandia and Denmark. Part 2: The families Cicadidae, Cercopidae, Membracidae and Cicadellidae (excl. Deltocephalinae). — Scandinavian Science Press, Klampenborg, Denmark, 1981.
- OSSIANNILSSON F., The Auchenorrhyncha of Fennoscandia and Denmark. Part 3: The family Cicadellidae. —Scandinavian Science Press, Klampenborg, Denmark, 1983.
- PATT, J.M., SETAMOU, M., Olfactory and visual stimuli affecting host plant detection in *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae), *Environmental Entomology*, 36,1, 142-150, 2007.
- RIBAUT H. Homoptères Auchénorhynques. II Jassidae. —Faune de France **57**: Fédération française des sociétés de sciences naturelles, Paris, France, 1952.
- SNYDER, A. W., Physics of Vision in Compound Eyes, In: Handbook of Sensory Physiology Vol. VII/6A. (Ed. H. Autrum), 225 - 313, Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1979.
- STECHMANN, D.-H., SCHÜTTE, F., Zur Ausbreitung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.; Col., Nitidulidae) vor der Überwinterung, *Journal of pest science*, 49 (12), 183-188, 1976
- STEWART, A., J. A., techniques for sampling Auchenorrhyncha in grassland, in: Zikaden, leafhoppers, planthoppers and cicadas, ed.: Holzinger, W., Kataloge des Biologiezentrum/Oberösterreichisches Landesmuseum, *Denisia* 4, 491-512, 2002.