

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
E-mail: W.Tiefenbrunner@bawb.at

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. Die 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 nicht attraktiv wirkten. Für alle anderen untersuchten *Deltocephalinae* und *Typhlocybinae* war hingegen Rot attraktiver als Grün. Blau und oft auch Lila und Blaugrün wirkten nie attraktiv. 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 (9 mm) und einer eng gerasterten 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.

Schlagwörter: Weinbau, Zikaden, Farbtafeln, Attraktivitätstests

Attractiveness of different colour charts on cicadas (hemiptera: auchenorrhyncha) in the vineyard. Yellow adhesive traps are common for observation or control of cicadas in viticulture, but efficiency comparisons with other colours, however, and general investigations into the colour perception of this group of animals have not been carried out yet. In June 2006 therefore an investigation was conducted with respect to a comparative attraction analysis of colour traps in a vineyard in Northern Burgenland. The preference of the colour yellow, though always present, varied depending on the taxon examined. For *Empoasca vitis* also green proved as very attractive besides yellow, whereas red and blue had no attraction. For all other examined *deltocephalinae* and *typhlocybinae*, however, red was more attractive than green. Blue and often also purple and cyan were never attractive. The relative attractiveness of the individual colours depended on the exposition of the colour traps, which can be explained with the general contrastive effect of the environment. There are indications for the fact that the animals can differentiate between a two-colored striped pattern (9 mm) and a closely screened mixed colour from these two colours. More than 50% of the cicadas were trapped in the lowest fifth of the bottom trap. Since in the attempt year a vine blossom damaging *Nitidulidae* species was detected this was also included into the investigation. It prefers the colour blue.

Keywords: viticulture, cicadas, colour charts, attractivity tests

L'attrait de différents planches en couleurs sur les cigales (Hemiptera: Auchenorrhyncha) dans le vignoble. Les pièges jaunes collants sont en usage dans la viticulture pour observer les cigales ou pour limiter leur nombre, mais il manque de comparaisons de l'efficacité avec d'autres couleurs et, en général, de travaux relatifs à la vision des couleurs de ce groupe d'insectes. De ce fait, un essai a été effectué en juin 2006 dans un vignoble du Burgenland du Nord visant à l'analyse comparative de l'attractivité de pièges colorés. La préférence pour la couleur jaune variait

en fonction du taxon examiné, mais était toujours présente. Pour *Empoasca vitis*, le vert s'est avéré très attractant à côté du jaune, tandis que le rouge et le bleu n'avaient pas d'effet attractant. En revanche, pour tous les autres *Deltoccephalinae* et *Typhlocybinae* examinés, le rouge était plus attractant que le vert. Le bleu et souvent le mauve et le bleu-vert n'avaient jamais d'effet attractant. L'attrait relatif des différentes couleurs dépendait de l'exposition des pièges colorés, ce qui s'explique par l'effet de contraste de l'environnement. Divers indices permettent de conclure que les insectes peuvent distinguer des rayures bicolores (9 mm) d'une trame serrée comportant les deux mêmes couleurs. Plus de 50% des cigales ont été attrapées dans la partie inférieure, représentant le premier cinquième, du piège se trouvant à proximité du sol. Étant donné qu'une espèce de *Nitidulidae* s'est fait remarquer au cours de l'année d'essai, car elle se nourrissait des fleurs de la vigne, celle-ci a également été prise en compte lors de l'essai. Elle préfère la couleur bleue.

Mots clés : viticulture, cigales, planches en couleurs, tests d'attrait

Zikaden können bei Massenvermehrung im Weinbau beträchtlichen Schaden anrichten (z. B. *Empoasca vitis*) und auch als Vektoren von Krankheiten große Bedeutung erlangen, wie man etwa an *Hyalesthes 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 auch in Österreich beobachten lässt. Derzeit steht beispielsweise die Zikade *Scaphoideus titanus*, Vektor der gefürchteten Flavescence dorée-Phytoplasma, an der Schwelle Österreichs bzw. hat diese 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 und 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 Farbbaffinität aufweisen. Diese Möglichkeit hat uns einerseits zu dieser Arbeit motiviert, insbesondere weil es zur unterschiedlichen Attraktivität verschiedener Farben für Zikaden relativ wenige 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.

Material und Methoden

Am 7. Juni 2006 wurden in einem Weingarten nahe einer angrenzenden Hecke 90 klebrige Farbtafeln unterschiedlicher Farbvarianten angebracht und dort eine Woche (bis zum 15. Juni 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).

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 in Tabelle 2, die die Erhebung der Flora dokumentiert.

Herstellung der Farbtafeln

Für die Farbtafeln wurde 110 Gramm A4-Papier verwendet, das mit einem Farblaserdrucker (Typ Samsung

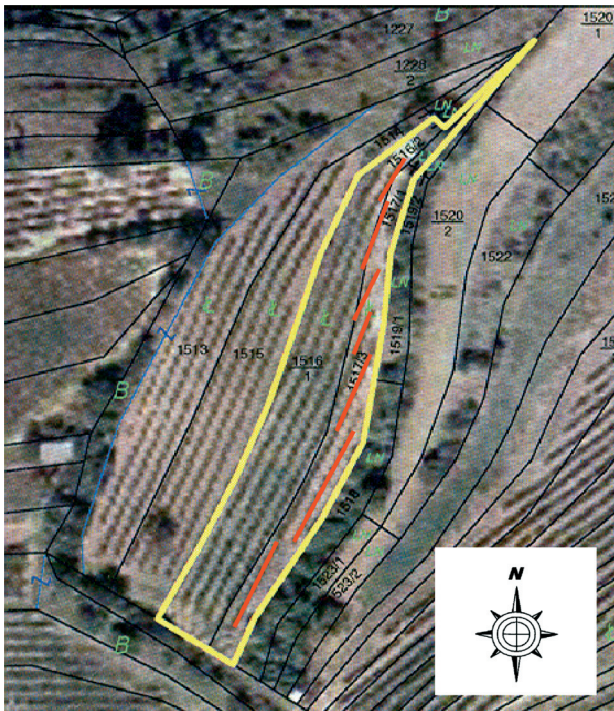


Abb. 1: Versuchsstandort (Luftbild des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

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 Fa. 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.

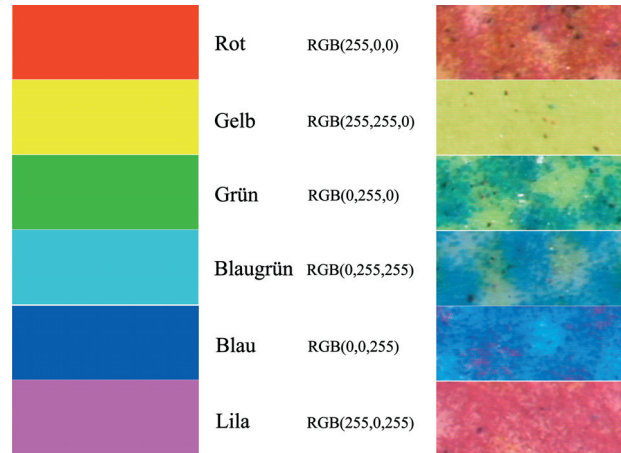


Abb. 2: Farbtafeln (links) und ihre Codierung; rechts: Ausschnitte in fünfzigfacher Vergrößerung

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 Abbildung 2, linke Spalte, nicht völlig mit der der Farbtafeln identisch. Abbildung 2, rechte Spalte, zeigt Ausschnitte der Farbtafeln in fünfzigfacher Vergrößerung.

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

Positionierung der Farbtafeln

Da je zwei der angefertigten Blätter zu einer Farbtafeln kombiniert wurden, lagen pro Variante zehn Wiederholungen vor, bei den gemusterten waren allerdings je



Abb. 3: Versuchsanordnung am Standort

fünf horizontal und fünf vertikal gestreift. Die Farbtafeln wurden jeweils an der östlichsten Rebzeile angebracht (Abb. 3). Die Position folgt den roten Linien in Abbildung 1.

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 zehn Blöcken, die jeweils aus den neun Farbtafeln einer Wiederholung bestanden, nacheinander angebracht. Die Anordnung der Fallen innerhalb eines Wiederholungsbereichs war zufällig (sie wurde mittels handelsüblichen Kartenspiels durch intensives Mischen der Karten festgelegt, wobei jeder der neun 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. Zufälligerweise ergab sich diese Situation aber nie.

Determination

Die Insekten wurden unter dem Abzug in Wundbenzin von den Farbtafeln heruntergelöst, wobei die Position der Zikaden auf der Falle vorher festgehalten wurde. Die Zikaden wurden auf ein Einmal-Sammelnetz 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: RIBAULT (1952), BEI-BIENKO (1964), OSSIANNILSSON (1978), OSSIANNILSSON (1981), OSSIANNILSSON (1983), REMANE und WACHMANN (1993), DELLA GIUSTINA (1989), HOLZINGER et al. (2003), BIEDERMANN und 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 dem international anerkannten Spezialisten 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 vier Fulgoromorpha. Innerhalb der Cicadomorpha (49 Arten) überwiegen die Cicadellidae mit 46 Arten. Zwei ihrer Unterfamilien dominierten, die Deltocephalinae (18 Spezies, 1479 Individuen) und die Typhlocybae (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 aus Tabelle 3 entnehmen, die für jede Gattung die Fänge nach den Farbvarianten sortiert angibt.

Häufigkeit der Arten

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

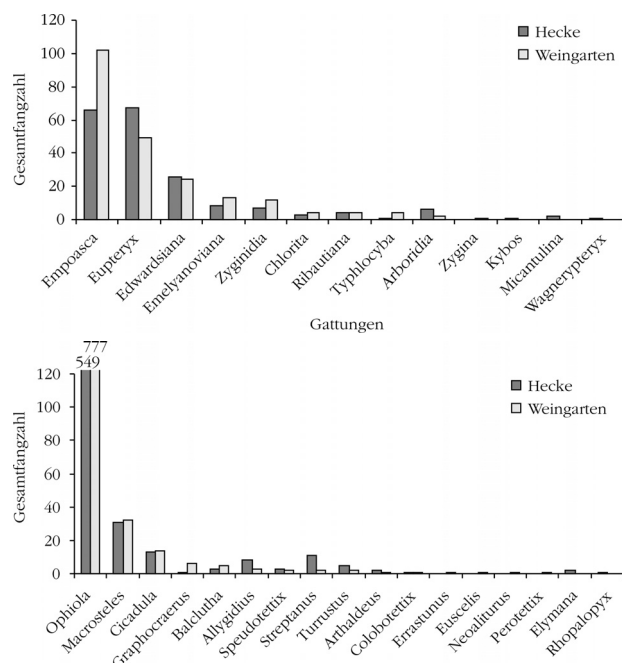


Abb. 4: Gesamtfangzahlen (WH = 90) verschiedener Zikaden-Gattungen der Typhlocybae (oben) und Deltocephalinae (unten)

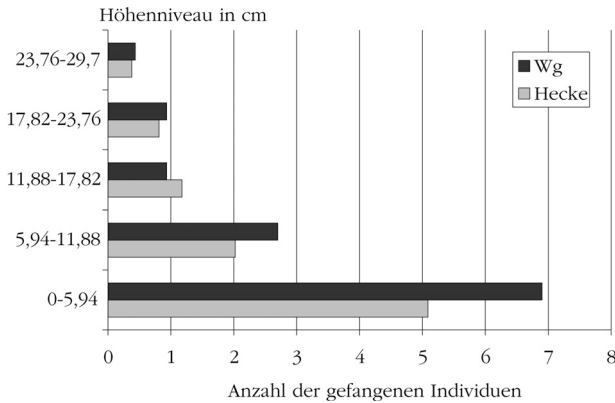


Abb. 5: Mittlere Zikadenfangzahl pro Höhenniveau (WH = 90)

Eine Art der Unterfamilie Dectocephalinae dominiert auf der Versuchsfläche deutlich, *Ophiola decumana*, von der insgesamt 1326 Individuen gefangen wurden, wesentlich mehr auf der dem Weingarten zugewandten Fallenseite (Abb. 4). Die Art ist für eher extensiv betreute Weingärten typisch (NICKEL, 2003), sie ist polyphag (z. B. *Polygonum*, *Rumex*) und 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 und kommt auch an Gräsern vor. *Cicadula persimilis* ist die dritthäufigste Dectocephalinae (27 Individuen).

Die bedeutendste Art der Typhlocybiinae 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 Typhlocybiinae, die Mesophyllsauger sind, saugt sie am Phloem. Insgesamt wurden 168 Individuen gefangen.

Sechs Arten der Gattung *Eupteryx* wurden festgestellt, wobei insgesamt 116 Individuen dieser Gattung überwiegend auf dem der Hecke zugewandten Fallenblatt gefangen wurden. *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 drei 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-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.

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 sechs Zentimetern annähernd so viele Zikaden fängt wie auf den restlichen 24 Zentimetern der Falle. Der Effekt lässt sich auf der dem Weingarten zugewandten Seite deutlicher feststellen, hier überwiegen die Fangzahlen bei den untersten sechs Zentimetern (durchschnittlich etwa sieben Individuen) den Rest (durchschnittlich etwa fünf Individuen) doch deutlicher.

Attraktivität verschiedener Farben

Gesamtheit der Zikaden. Da sich statistisch absicherbare Ergebnisse nur mit hohen Fangzahlen erreichen lassen, wurde zunächst die Gesamtheit der Zika-

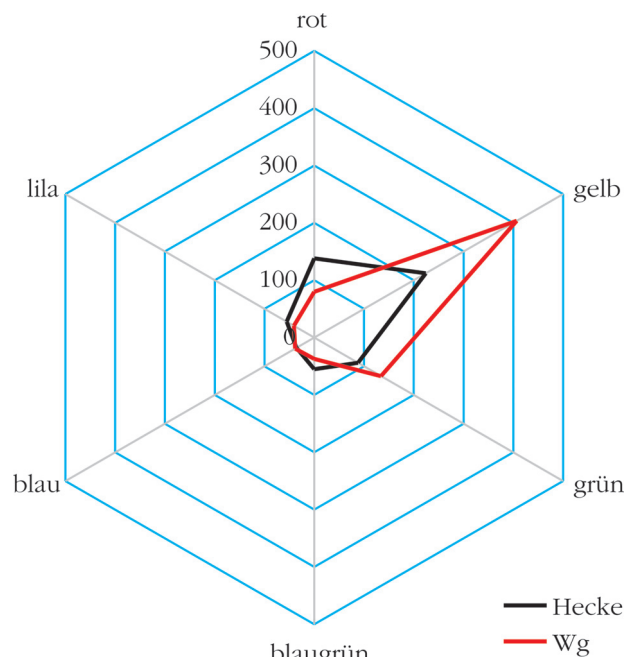


Abb. 6: Gesamtanzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante (WH = 10)

den 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.

Es dominieren die Fangzahlen der Gelbfallen deutlich (631), von dort nimmt die Anzahl der gefangenen Individuen entlang des Farbkreises ab, um bei den Blaufallen ein Minimum (74 bzw. 12%) zu erreichen. Gelb am nächsten kommen von den einfarbigen Fallen Rot (218) und Grün (222), was etwa 35% der Fänge von Gelb entspricht. Von den zweifarbigen, 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 angelockt 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-Test $P = 0,9$).

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

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 signifi-

Tab. 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

Farbvarianten	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	

kant 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 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, beispielsweise unterscheidet sich „rot“ nicht von „gelb-lila“.

Um den Unterschied zwischen „heckenseitig“ und „weingartenseitig“ zu untersuchen, wurde für jede Farbe getrennt eine Prüfung auf Differenzen mit dem 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 entsprechende Test ausgewählt.

Für „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 zwischen Weingartenseite und Heckenseite. Der deutliche Unterschied bei „grün“ wird durch einen Ausreißer bedingt (Abb. 6).

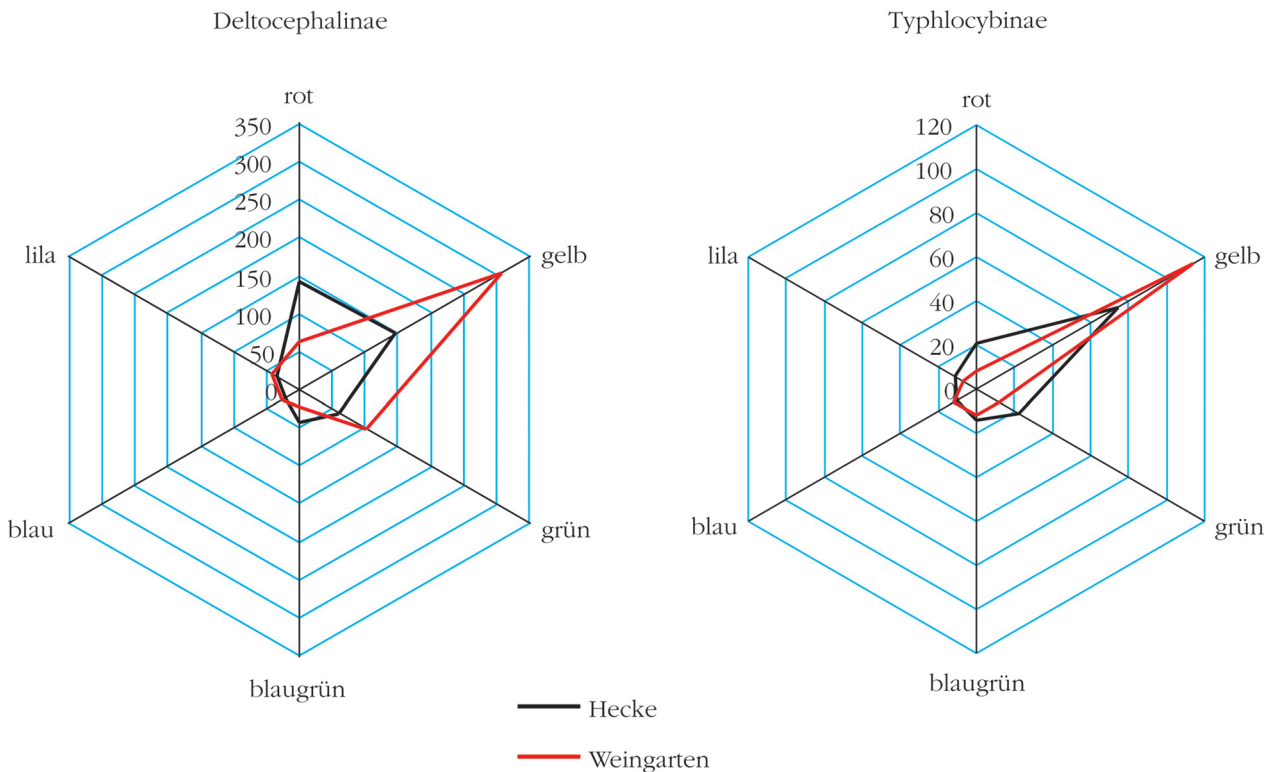


Abb. 7: Anzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante (WH = 10) für die wichtigsten Unterfamilien der Cicadellidae

Kein signifikanter Unterschied findet sich weiters bei den gestreiften Fallen: „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 Fallen zu finden. Bei den lila-blaugrün und den gelb-lila gestreiften Fallen überwiegt die Fangzahl bei den vertikal gestreiften Fallen (bei den blaugrün-gelben ist sie etwa gleich). Der Unterschied ist aber nicht signifikant, möglicherweise wegen der geringen Anzahl an Wiederholungen.

Unterscheidung nach Typhlocybinae und Deldocephalinae. Die beiden individuen- und artenreichsten Unterfamilien der Cicadellidae wurden getrennt analysiert (Abb. 7). Die folgende Besprechung erfolgt nicht so detailliert wie im vorigen Abschnitt.

Bei den Deldocephalinae 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 Farbkreis zwischen „blaugrün“ und „gelb“ liegt. Die Grünfallen haben im Mittel signifikant mehr Individuen gefangen.

Der Unterschied zwischen heckenseitigem und weingartenseitigem Fallenblatt fällt nur für die „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

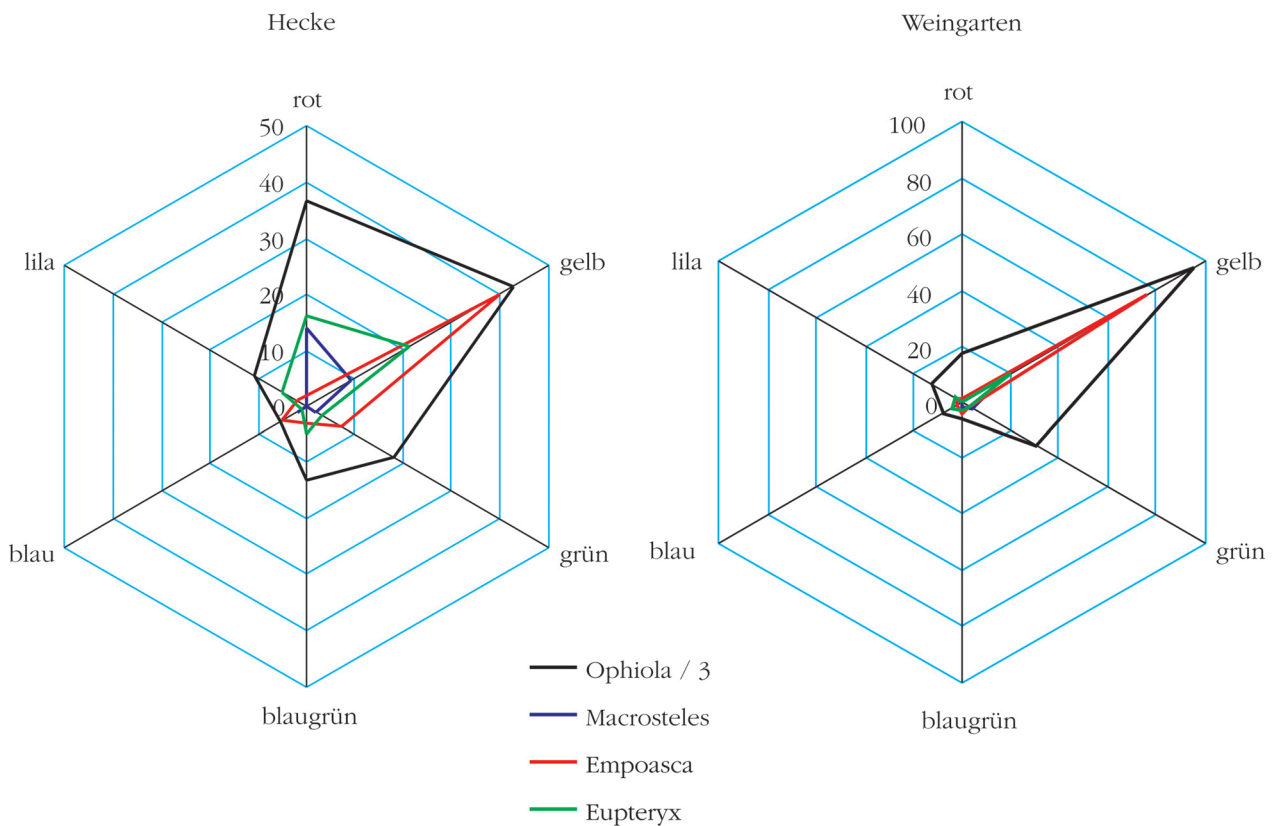


Abb. 8: Anzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante (WH = 10) für die häufigsten Zikadengattungen

Fangzahlen beim Vergleich zwischen Hecke und Weingarten.

Bei den Typhlocybinæ ist die überwiegende Attraktivität von „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 teilweise 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 nicht signifikant.

Häufige Arten

Die Anzahl der Zikadenfänge pro Farbvariante ist für die häufigsten Zikadengattungen in Abbildung 8 dargestellt.

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 Farbkreis 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

Tab. 3: Zikadenarten der Unterordnung Cicadomorpha, die im Verlauf des Versuchs gefangen wurden (nach Farbtafeln sortiert; E = Exposition, H = Hecke, W = Weingarten, G = Gesamt)

Familie Unterfamilie	Art(en)	E	rot	gelb	grün	blau- grün	blau	lila	gelb/ blau- grün	blau- grün/ lila	lila/ gelb	G
Aphrophoridae Aphrophorinae (2 Arten)	<i>Neophilaenus campestris</i>	H	2	1	5	2	1	2	2	2	2	30
		W	0	2	5	1	0	0	1	2	0	
		G	2	3	10	3	1	2	3	4	2	
	<i>Philaenus spumarius</i>	H	0	1	0	2	0	0	0	0	0	8
		W	0	1	0	0	0	0	3	0	1	
		G	0	2	0	2	0	0	3	0	1	
Cercopidae Cercopinae (1 Art)	<i>Cercopis arcuata</i>	H	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
		W	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
		G	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
Cicadellidae Agalliinae (1 Art)	<i>Anaceratagallia laevis</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		W	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
		G	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Cicadellinae (2 Arten)	<i>Cicadella viridis</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
		W	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
		G	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
	<i>Evacanthus accuminatus</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
		W	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		G	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
Deltocephalinae (18 Arten)	<i>Allygidius atomarius</i> , <i>abbreviatus</i>	H	1	2	0	0	0	0	3	0	2	11
		W	2	0	0	0	1	0	0	0	0	
		G	3	2	0	0	1	0	3	0	2	
	<i>Arthaldeus striifrons</i>	H	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3
		W	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		G	0	0	1	0	2	0	0	0	0	
	<i>Balclutha calamagrostis</i>	H	0	0	2	0	0	0	0	0	1	8
		W	2	1	0	0	0	0	0	0	2	
		G	2	1	2	0	0	0	0	0	3	
	<i>Cicadula persimilis</i>	H	4	2	1	2	1	2	1	0	0	27
		W	4	1	1	3	0	0	1	1	3	
		G	8	3	2	5	1	2	2	1	3	
	<i>Colobotettix morbillosus</i>	H	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		W	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		G	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Elymana sulphurella</i>	H	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		G	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
	<i>Errastunus ocellaris</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		W	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Euscelis sp.</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		W	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
		G	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
	<i>Graphocraerus ventralis</i>	H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7
		W	0	0	3	0	1	0	0	1	1	
		G	0	0	3	0	1	0	1	1	1	
<i>Macrosteles cristatus</i>	H	14	9	2	0	2	0	1	0	3	63	
	W	1	17	4	2	0	1	0	4	3		
	G	15	26	6	2	2	1	1	4	6		
<i>Neoliturus fenestratus</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	W	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	G	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Ophiola decumana</i>	H	110	128	54	39	16	32	47	7	116	1326	
	W	52	285	91	18	23	37	93	11	167		
	G	162	413	145	57	39	69	140	18	283		

Tab. 3 (Fortsetzung): Zikadenarten der Unterordnung Cicadomorpha, die im Verlauf des Versuchs gefangen wurden (nach Farbtafeln sortiert; E = Exposition, H = Hecke, W = Weingarten, G = Gesamt)

Unterfamilie	Art(en)	E	rot	gelb	grün	blau- grün	blau	lila	gelb/ blau- grün	blau- grün/ lila	lila/ gelb	G	
Deltocephalinae (Forts.)	<i>Perotettix pictus</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		W	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
		G	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
	<i>Rhopalopyx vitripennis</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Speudotettix subfuscus</i>	H	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5
		W	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
		G	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	
	<i>Streptanus aemulans</i>	H	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13
		W	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
		G	10	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
	<i>Turrustus socialis</i>	H	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7
W		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
G		0	1	2	1	0	1	0	0	1	1		
Macropsinae (3 Arten)	<i>Macropsis spp.</i>	H	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	
		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		G	0	0	1	0	0	0	1	1	0		
Typhlocybinae (22 Arten)	<i>Arboridia parvula, simillima</i>	H	0	3	1	0	0	0	1	0	1	8	
		W	0	0	0	0	1	0	0	0	1		
		G	0	3	1	0	1	0	1	0	2		
	<i>Chlorita paolii</i>	H	0	0	2	0	0	0	1	0	0	7	
		W	1	1	0	0	1	0	1	0	0		
		G	1	1	2	0	1	0	2	0	0		
	<i>Edwardsiana diversa, prunicola, rosae</i>	H	2	1	7	4	3	2	2	2	3	50	
		W	3	4	3	4	1	1	2	3	3		
		G	5	5	10	8	4	3	4	5	6		
	<i>Emelyanoviana mollicula</i>	H	0	6	1	0	0	1	0	0	0	21	
		W	1	8	1	0	0	0	0	1	2		
		G	1	14	2	0	0	1	0	1	2		
	<i>Empoasca vitis</i>	H	2	40	7	3	5	2	3	0	4	168	
		W	1	76	3	4	2	2	5	1	8		
		G	3	116	10	7	7	4	8	1	12		
	<i>Eupteryx atropunctata, calcarata, curtisii, notata, tenella, urticae</i>	H	16	21	3	5	1	5	9	2	5	116	
		W	0	20	3	3	4	3	7	2	7		
		G	16	41	6	8	5	8	16	4	12		
	<i>Kybos sp.</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		G	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
	<i>Micantulina stigmatipennis</i>	H	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	
		W	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		G	0	1	0	0	0	1	0	0	0		
	<i>Ribautiana ognevi, tenerrima</i>	H	0	1	0	2	0	0	1	0	0	8	
		W	0	1	0	0	0	0	2	0	1		
		G	0	2	0	2	0	0	3	0	1		
<i>Typhlocyba quercus</i>	H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5		
	W	0	1	0	0	2	1	0	0	0			
	G	0	1	0	0	2	1	1	0	0			
<i>Wagneripteryx germari</i>	H	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1		
	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	G	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
<i>Zygina sp.</i>	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	W	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
	G	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
<i>Zyginidia pullula</i>	H	1	1	1	0	0	0	1	0	3	19		
	W	2	3	2	1	1	0	2	1	0			
	G	3	4	3	1	1	0	3	1	3			
Gesamtsumme											1936		

Attraktivität verschiedener Farbtafeln auf eine Art der Käferfamilie Nitidulidae im Weingarten

Obwohl die Anzahl der in unserem Versuch gefangenen Zikaden beträchtlich war, erscheint sie doch gering gegen die enorme Individuenanzahl (4531 Individuen in 80 analysierten Fallen), die wir von einer Coleopterenart der Familie Nitidulidae aufgefunden haben. Es liegt natürlich nahe anzunehmen, dass es sich um den Rapsglanzkäfer *Meligethes aeneus* handelt, doch ist die Determination der Gruppe sehr schwierig (DE BIASE, 2003). Im Frühjahr 2006 wurden diese Glanzkäfer auf Gelbfallen in Weingärten des mittleren und nördlichen Burgenlandes häufig festgestellt. Auch konnten sie beim Fraß an Reblüten beobachtet werden. Wir haben sie deshalb in unsere Analyse miteinbezogen, allerdings nicht von Anfang an, weshalb nicht für alle Farben zehn Wiederholungen analysiert wurden. Für jede Farbe wurden aber zumindest acht Fallen berücksichtigt. Wegen der unterschiedlichen Fallenzahlen ist in Abb. 9 nicht die Gesamtanzahl, sondern die mittlere Anzahl der pro Falle gefangenen Individuen dargestellt. Mit den Blaufallen wurden durchschnittlich 196 Individuen pro Falle gefangen. Mit den im Farbkreis benachbarten Farben blaugrün durchschnittlich 98 (50%) und lila 51 (26%). „Rot“ und „grün“ sind mit etwa 3,7% der Effizienz der Blaufalle am wenigsten attraktiv, aber auch „gelb“ ist mit 8,8% nur wenig anlockend, was

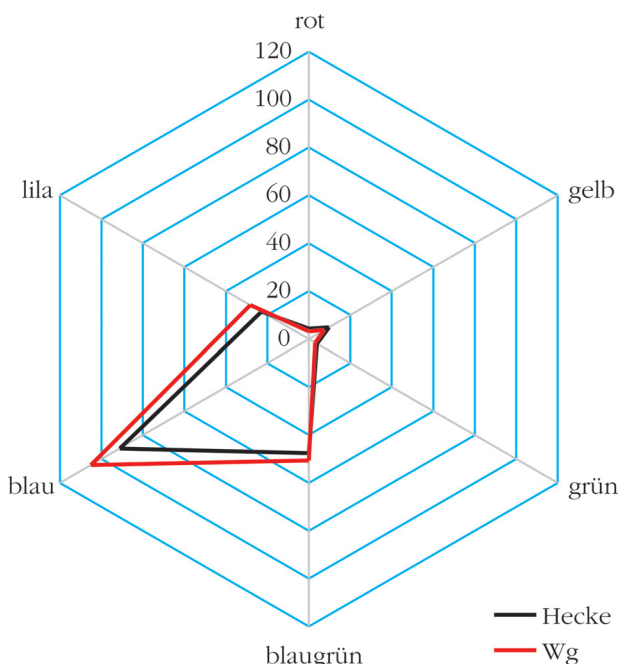


Abb. 9: Mittlere Glanzkäfer-Anzahl pro Falle

überrascht, weil zumindest zur Zeit der Rapsblüte *Meligethes aeneus* ohne Zweifel von „gelb“ angelockt wird. Auch für Ausbreitungsanalysen werden für diese Art gerne Gelbfallen verwendet (STECHMANN und SCHÜTTE, 1976). Die Zuordnung ist aber, wie erwähnt, unsicher.

Zur Hypothese, die mittlere Anzahl der pro Buntfallentyp gefangenen Individuen unterscheide sich nicht, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Eine Datentransformation von y auf x mit $y = \ln(x+1)$ war erforderlich, da die Varianzhomogenität der Originaldaten nicht gegeben war. Für die transformierten Daten kann hingegen die Annahme der Varianzhomogenität nicht abgelehnt werden (Levene-Test $P = 0,2$).

Die mittlere Anzahl der pro Farbfallentyp gefangenen Individuen unterscheidet sich hochsignifikant ($P = 0,01$). Der multiple Mittelwertvergleich (95% LSD) unterscheidet drei homogene Gruppen. „Blau“ unterscheidet sich von allen anderen Farbfallen signifikant. Die nächste Gruppe besteht aus „lila“, „blaugrün“ und „lila-blaugrün“, also jenen Farben die im Farbkreis blau unmittelbar benachbart sind, bzw. ihrer Kombination.

„Rot“, „grün“ und „gelb“ unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, ebenso wenig wie „gelb-lila“ und „blaugrün-gelb“. Diese Farben bzw. Farbkombinationen sind am wenigsten attraktiv.

Die Abbildung 9 gibt keinen Hinweis auf einen Unterschied zwischen heckenseitigem und weingartenseitigem Fallenblatt, abgesehen davon, dass auf der Weingartenseite generell etwas mehr Individuen gefangen worden sind.

Diskussion

Seit den Verhaltensstudien von Karl von Frisch an Bienen wissen wir, dass Insekten zum Farbsehen befähigt sind (FRISCH, 1914). Das Spektrum des für Insekten sichtbaren Lichts stimmt allerdings nicht immer mit dem des für den Menschen sichtbaren Lichts überein. Bienen beispielsweise 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, daher 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 Farbenkreis, sondern eine „Farbenkugel“, für erstere ein „Farbenstrich“. Bei Zikaden ist unseres Wissens weder die spektrale Empfindlichkeit untersucht worden, noch ist die Anzahl der Farbzeptoren bekannt.

Andererseits sind natürlich Bildschirme und Farbdrukker vollständig an das Sehvermögen des Menschen adaptiert. Was eine Zikade tatsächlich sieht, wenn sie auf eine unserer Farbtafeln blickt, lässt sich also nicht einmal ansatzweise erraten. Auch stimmen die Grundfarben, die unterschiedliche Farbpatronen verwenden, 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 Farbdrukker 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 nicht attraktiv 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 nicht attraktiv 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 war 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 nach Tageszeit 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.

Genau so 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 zum Teil 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 Streifenstärke liegt.

Über das Auflösungsvermögen des Komplexauges gibt es sehr unterschiedliche Ansichten. Physiologen (KIRSCHFELD, 1971 und 1976; SNYDER, 1979) sind der Auffassung, dass der Öffnungswinkel der Ommatidien das Auflösungsvermögen bestimmt. Demnach hätte eine Großlibelle bei etwa 1° Öffnungswinkel (HARRIDGE, 1977; KAESTNER, 1972) ein entsprechend geringes Auflösungsvermögen. Freilandethologen behaupten hingegen, dass deren Auflösungsvermögen etwa dem menschlichen entspricht, also hundertmal 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 Weingarten-seite 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 wurden aber kein Muster und keine Farbkombination gefunden, die gegenüber der Gelbfalle eine verbesserte Fangleistung erbracht hätten.

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, nämlich *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 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 Diskussionsbei-

träge, 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. and ZHIL'TSOVA, L.A. (1964): Keys to the insects of the European USSR. Vol. I: Apterygota, Palaeoptera, Hemimetabola. - Moskva-Leningrad: Akad. Nauk SSSR, 1964
- DE BIASE, A., ANTONINI, G., MANCINI, E. and AUDISIO, P. 2003: Molecular taxonomy of two sympatric sibling species of the pollen-beetle genus *Meligethes* (Coleoptera: Nitidulidae). *Zootaxa* (190): 1-6
- BIEDERMANN, R. und NIEDRINGHAUS, R. (2004): Die Zikaden Deutschlands. - Scheeßel: WABV Fründ, 2004
- CHANG-CHI CHU, PINTER, P.J. Jr., HENNEBERRY, T.J., UMEDA, K., NATWICK, E.T., YUAN-AN, W., REDDY, V.R. and SHREPATIS, M. 2000: Use of CC traps with different trap base colors of silverleaf whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), thrips (Thysanoptera: Thripidae), and leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). *J. Econ. Entomol.* 93(4): 1329-1337
- DELLA GIUSTINA, W., BONFILS, J. et LE QUESNE, W. (1989): Homoptères Cicadellidae, Vol. 3. Compléments aux ouvrages d'Henri Ribaut (Faune de France; 73) - Paris: Lechevalier, 1989
- FRISCH, K. 1914: Der Farbensinn und Formensinn der Biene. *Zool. Jahrb. (Physiol.)* 35: 1-188
- HOLZINGER, W., KAMMERLANDER, I. und NICKEL, H. (2003): Die Zikaden Mitteleuropas. Fulgoromorpha, Cicadomorpha excl. Cicadellidae. - Leiden (NL): Brill, 2003
- HARRIDGE, G.A. 1977: The compound eye of insects. *Sci. Am.* (237): 108-120
- JURZITZA, G. (1988): Welche Libelle ist das? Die Arten Mittel- und Südeuropas. - Stuttgart: Franckh, 1988
- KAESTNER, A. (1972): Lehrbuch der speziellen Zoologie, Band I: Wirbellose, 3. Teil A und B. - Jena: Fischer, 1972
- KIRSCHFELD, K. 1971: Wirkungsweise des Komplexauges von Insekten. *Naturwissenschaften* 58(4): 201-209
- KIRSCHFELD, K. (1976): The resolution of lens and compound eyes. In: ZETTLER, F. and WEILER, R. (Eds.): *Neural principles in vision*, pp. 354-370. - Berlin: Springer 1976
- KISIMOTO, R. 1968: 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
- MARSHALL, N.J. 1988: A unique colour and polarization vision system in mantis shrimps. *Nature* (333): 557-560
- NICKEL, H. (2003): The leafhoppers and planthoppers of Germany. - Sofia and Moscow: Pensoft Publ., 2003
- OSSIANNILSSON, F. (1978): The Auchenorrhyncha of Fennoscandia and Denmark. Part 1: Introduction, infraorder Fulgoromorpha. - Klampenborg (DK): Scand. Sci. Press, 1978
- OSSIANNILSSON, F. (1981): The Auchenorrhyncha of Fennoscandia and Denmark. Part 2: The families Cicadidae, Cercopidae, Membracidae and Cicadellidae (excl. Deltocephalinae). - Klampenborg (DK): Scand. Sci. Press, 1981
- OSSIANNILSSON, F. (1983): The Auchenorrhyncha of Fennoscandia and Denmark. Part 3: The family Cicadellidae. - Klampenborg (DK): Scand. Sci. Press, 1983

- PATT, J.M. and SETAMOU, M. (2007): Olfactory and visual stimuli affecting host plant detection in *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae). *Environ. Entomol.* 36(1): 142-150
- RIBAUT, H. (1952): Homoptères Auchenorrhynques. II Jassidae (Faune de France; 57) - Paris: Lechevalier, 1952
- SNYDER, A.W. (1979): Physics of vision in compound eyes. In: Autrum, H. (Ed.): *Handbook of sensory physiology*, Vol. VII/6A., pp. 225-313. - Berlin: Springer, 1979
- STECHMANN, D.-H. und SCHÜTTE, F. 1976: Zur Ausbreitung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.; Col., Nitidulidae) vor der Überwinterung. *J. Pest Sci.* 49(12): 183-188
- STEWART, A.J.A. (2002): Techniques for sampling Auchenorrhyncha in grassland. In: Holzinger, W. (Ed.): *Zikaden : leafhoppers, planthoppers and cicadas* (Denisia; 4: 491-512). - Linz: Biologiezentrum/ÖÖ. Landesmuseum, 2002

Manuskript eingelangt am 4. Oktober 2007