

# Zikadengemeinschaften auf unterschiedlich vernässten Feucht- und Zwischenmoorflächen des Freiburger Stadtwaldes

## Auchenorrhyncha communities on wetland sites and intermediate bogs differing in wetness in the city forest of Freiberg

Lysann Funke, Roland Achtziger

**Zusammenfassung:** Im Rahmen einer Masterarbeit wurden 2016 die Zikadengemeinschaften (Auchenorrhyncha) auf 36 unterschiedlich vernässten Feucht- und Moorflächen (17 Windwurf-/Windbruchflächen als Entwicklungsflächen, 19 Zwischenmoorflächen als Referenzflächen) im Stadtwald von Freiberg (Sachsen, Deutschland) erfasst und entlang eines Gradienten von Vegetation und Feuchte analysiert. Insgesamt wurden 60 Zikadenarten aus 3 Familien und 11 Unterfamilien mit 13.066 Individuen erfasst. 46 Zikadenarten wurden neu für das Untersuchungsgebiet nachgewiesen. Im Gradienten der Standortfeuchte und der daraus resultierenden Vegetation wurden anhand von ökologischen Gruppen (z. B. hygrophile, tyrophophile, ökologisch spezialisierte Arten) Unterschiede in der Artenzusammensetzung auf den unterschiedlich vernässten Entwicklungsflächen und den Moorflächen deutlich: Sowohl der Anteil hygrophiler Zikadenarten als auch der Anteil ökologisch spezialisierter Zikadenarten war auf den Moorflächen weitaus höher als auf den Entwicklungsflächen. Zudem zeigte sich anhand des Vorkommens tyrophiler Zikadenarten eine Entwicklung von den unterschiedlich vernässten Entwicklungsflächen hin zu den naturnahen Moorflächen. Mit zunehmender Vernässung und der daraus resultierenden Änderung im Vegetationsbestand änderte sich auch die Zikadenartenzusammensetzung, in dem insbesondere die hygrophilen und tyrophilen Arten in Vorkommen und Häufigkeit zunahmten. Im Wesentlichen werden die Änderungen der Artenzusammensetzung der Zikaden demnach – neben dem Vorkommen der entsprechenden Nährpflanzen – durch die vorherrschenden Feuchteverhältnisse beeinflusst.

**Schlüsselwörter/Keywords:** Feuchtgebiete, Moore; hopper communities, wetland, peatland, intermediate bogs

### 1. Einleitung

Der Freiburger Stadtwald unterliegt seit ca. 200 Jahren einer forstwirtschaftlichen Nutzung (vgl. Universitätsstadt Freiberg 2018), wobei Entwässerungsmaßnahmen und eine nahezu flächendeckende Aufforstung mit Koniferen zu einer anthropogenen Überprägung der vormals vorhandenen großflächigen Moorstandorte führte. Diese Vermutung basiert auf Beobachtungen, welche auf durch das Orkantief „Kyrill“ im Jahr 2007 entstandenen Windwurf- und Windbruchflächen gemacht wurden. Auf diesen offenen Flächen entwickelten sich zum Teil Bereiche, die durch eine moortypische Vegetation charakterisiert sind (z. B. mit *Carex acuta*, *C. rostrata*, *Juncus* spp., *Eriophorum angustifolium*, *Sphagnum fallax*, *S. fimbriatum*). Moore zählen nach § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) und nach § 21 des sächsischen Naturschutzgesetzes (SächsNatSchG) zu den geschützten Biototypen. Aufgrund ihrer zunehmenden Seltenheit kommt aus naturschutzfachlicher Sicht der Wiederherstellung oder Revitalisierung potentieller Moorflächen im Zuge von Entwicklungs- und Pflegemaßnahmen eine hohe Bedeutung zu. Basierend darauf entstand der Gedanke, ob sich u. a. anhand von Zikadengemeinschaften das Entwicklungspotential der im Freiburger Stadtwald entstandenen, unterschiedlich stark vernässten Feuchtflächen hin zu naturschutzfachlich bedeutenden Moorstandorten erkennen lässt. Zikaden (Auchenorrhyncha) treten individuen- und artenreich in nahezu allen terrestrischen Lebensräumen auf, weisen einen hohen Anteil an zum Teil stark spezialisierten Arten auf und sind für ihre Eignung als Indikatoren bei der naturschutzfachlichen Bewertung u. a. auch in Mooren und Feuchtbiotopen bekannt (vgl. Achtziger et al. 2014, Lehmann & Achtziger 2016). Daher wurde diese Artengruppe – neben den Wanzen (Heteroptera) – im Rahmen einer Masterarbeit (Funke 2018, unpubl.) im Jahr 2016 auf unterschiedlich vernässten Feucht- und Moorflächen im Freiburger Stadtwald untersucht. Neben den Aussagen zum Entwicklungspotential sollten dabei auch die bisher geringen Kenntnisse über die Zikadenfauna solcher Feuchtflächen in Wäldern allgemein und im Untersuchungsgebiet erweitert werden. In diesem Beitrag werden die zugehörigen Teilergebnisse vorgestellt (vgl. auch Funke & Achtziger 2019).

## 2. Untersuchungsgebiet

### 2.1 Freiburger Stadtwald

Die Untersuchungen wurden im Freiburger Stadtwald durchgeführt (50° 53' N, 13° 18' O), welcher südwestlich an die Stadt Freiberg (Sachsen, Deutschland) angrenzt. Die Stadt Freiberg ist am nördlichen Rand des Osterzgebirges gelegen und somit Bestandteil des Naturraumes „Freiberger und Oederaner Hochflächen“ (Mannsfield & Syrbe 2008). Der mittlere jährliche Niederschlag liegt bei 818 mm/a, die mittlere Jahrestemperatur bei 7,5 °C (Mannsfield & Syrbe 2008). Das etwa 62 ha große Untersuchungsgebiet befindet auf einer Höhenlage zwischen 451 m ü. NHN und 461 m ü. NHN; es gehört somit der submontanen Höhenstufe an und wird regionalklimatisch dem Berg- und Hügelland zugeordnet. Im Untersuchungsgebiet ist ausschließlich Freiburger Kerngneis – ein Biotit-Zweifeldspatgneis – vorzufinden (Freyer 1988, vgl. LfULG 2015a). Dominant treten hier die Bodentypen Pseudogley (~ 76 %) und Braunerde-Pseudogley (~ 12 %) auf. Des Weiteren sind Auengleye (~ 12 %) und sehr kleinflächig Braunerden (< 1 %) vorzufinden. Innerhalb des Untersuchungsgebietes liegt hauptsächlich eine forstwirtschaftliche Nutzung aus Nadelwald (~ 69 %), Laub- und Laubmischwald (~ 13 %) sowie Mischwaldbestände aus Laub- und Nadelgehölzen (~ 9 %) vor. Aufgrund der forstwirtschaftlichen Nutzung ist nur ein geringer Teil durch Niedermoor- und Sumpfbereiche (~ 2 %) charakterisiert. Derzeit sind auch forstwirtschaftlich ungenutzte Flächen erkennbar, welche punktuell und teilweise kleinflächig vernässte Bereiche aufweisen. Entsprechend der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (LfULG 2015b) sind diese offenen Flächen als Grünland bzw. Ruderalflur (~ 2 %) oder Wiederaufforstungs- bzw. Verjüngungsflächen (~ 3 %) ausgewiesen und entstanden größtenteils erst nach dem Sturmtief „Kyrill“ im Januar 2007. Diese Flächen stellen aufgrund der vorherrschenden Bodenverhältnisse neben den im Untersuchungsgebiet bereits vorhandenen Moorflächen potentielle Moorstandorte dar und waren somit Teil der Untersuchungen (Funke 2018, unpubl.).

### 2.2 Untersuchungsflächen

Für die Zikadenerfassungen wurden insgesamt 36 unterschiedlich vernässte Feucht- und Moorflächen ausgewählt. Von diesen gehörten 19 den Windwurf- und Windbruchflächen an (= Entwicklungsflächen E), die restlichen 17 Zwischenmoorflächen wurden als Referenzflächen (R) herangezogen.

Die Untersuchungsflächen wiesen jeweils eine Größe von 25 m<sup>2</sup> auf und wurden entsprechend der jeweils dominanten Pflanzenarten in 6 unterschiedliche Vegetationstypen eingeteilt (s. Tabelle 1, Abb. 1a-f). Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren die Untersuchungsflächen durch unterschiedliche Feuchteverhältnisse charakterisiert, sodass ein Gradient von den mäßig feuchten bis sehr feuchten Entwicklungsflächen hin zu nassen bis sehr nassen Zwischenmoorflächen vorhanden war. Hierbei wiesen die Entwicklungsflächen des Vegetationstyps Ca und JD (*Calamagrostis*-Typ und *Juncus conglomeratus-Deschampsia flexuosa*-Typ) im Mittel mäßig feuchte bis feuchte Standortverhältnisse auf, wohingegen auf den Entwicklungsflächen des Vegetationstyps J (*Juncus*-Typ) und des Vegetationstyps Mo (*Molinia caerulea*-Typ) im Mittel feuchtere Standortverhältnisse vorherrschten. Die Vegetationstypen Cx und Er der Entwicklungsflächen (*Carex*-Typ und *Eriophorum angustifolium*-Typ) wiesen im Vergleich zu allen anderen Vegetationstypen der Entwicklungsflächen deutlich feuchtere bis teilweise nasse Standortverhältnisse auf (Funke 2018, unpubl.; Funke & Achtziger 2018). Auf den den Moorflächen zugehörigen Vegetationstypen (J, Er, Cx) herrschten im Mittel nasse bis sehr nasse Standortbedingungen vor. Manche Moorflächen der Vegetationstypen J und Cx waren teilweise überschwemmt. Im Mittel waren die Entwicklungsflächen im Vergleich zu den Moorflächen durch eine geringere Standortfeuchte charakterisiert (Funke 2018, unpubl.).

**Tabelle 1:** Bezeichnungen und Abkürzungen (Abk.) der Vegetationstypen und Angabe der Flächenanzahlen für die Entwicklungsflächen (n<sub>E</sub>), Referenzflächen (n<sub>R</sub>) und über alle Untersuchungsflächen (n<sub>ges</sub>).

**Table 1:** Descriptions and abbreviations (Abk.) of the vegetation types and the number of the study sites for development sites (n<sub>E</sub>), reference sites (n<sub>R</sub>) and all sites (n<sub>ges</sub>).

Bezeichnung des Vegetationstyps	Abk.	Flächenanzahl		
		n <sub>E</sub>	n <sub>R</sub>	n <sub>ges</sub>
<i>Calamagrostis</i> spec.-Typ (= <i>Calamagrostis</i> -Typ)	Ca	6	-	6
<i>Molinia caerulea</i> -Typ	Mo	1	-	1
<i>Juncus conglomeratus-Deschampsia flexuosa</i> -Typ	JD	3	-	3
<i>Juncus</i> spec.-Typ (= <i>Juncus</i> -Typ)	J	3	4	7
<i>Carex</i> spec.-Typ (= <i>Carex</i> -Typ)	Cx	4	7	11
<i>Eriophorum angustifolium</i> -Typ	Er	2	6	8



**Abb. 1:** Unterschiedlich vernässte Untersuchungsflächen und ihre Vegetation: (a) Fläche mit Dominanz von *Calamagrostis epigejos* und *C. arundinacea*, (b) Fläche mit *Molinia caerulea*-Dominanz, (c) Fläche mit Dominanz von *Juncus conglomeratus* und *Deschampsia flexuosa*, (d) Fläche mit *Juncus conglomeratus*-Dominanz, (e) Fläche mit Dominanz von *Carex acuta* und *C. muricata*, (f) Fläche mit *Eriophorum angustifolium*-Dominanz.

**Fig. 1:** Study plots differing in wetness and vegetation: (a) site dominated by *Calamagrostis epigejos* and *C. arundinacea*, (b) *Molinia caerulea* dominated site, (c) site dominated by *Juncus conglomeratus* and *Deschampsia flexuosa*, (d) site dominated by *J. conglomeratus*, (e) site dominated by *Carex acuta* and *C. muricata*, (f) *Eriophorum angustifolium* dominated site.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Erfassung und Bestimmung der Zikaden

Die quantitative Zikadenerfassung erfolgte durch Kescher- und Saugfänge. In den Monaten Juni und September 2016 wurden an je einem Termin auf allen 36 Untersuchungsflächen Kescherfänge mit 2 x 25 Kescherschlägen pro Untersuchungsfläche mittels eines Wiesenkeschers durchgeführt (V2A Edelstahl nach Demelt mit Baumwollbeutel). Die Saugfänge erfolgten in den Monaten Juni, Juli und August 2016 an je einem Termin und ausschließlich auf den unterschiedlich vernässten Windwurf- und Windbruchflächen (= Entwicklungsflächen), also nicht auf den stark vernässten Moorflächen. Die Saugfänge erfolgten mit einem Laubsauger (Modell STIHL®SH 85), wobei das Saugrohr (elliptische Öffnung: 121 cm<sup>2</sup>, a = 7 cm, b = 5,5 cm) 25-mal pro Untersuchungsfläche für jeweils ca. 2 Sekunden aufgesetzt wurde. Vorrangig wurden hierbei die dominant vorkommenden Pflanzenarten wie *Calamagrostis* spec., *Carex* spec. oder *Juncus* spec. besaugt.

Die Bestimmung der Zikadenarten erfolgte soweit möglich auf Artniveau mit Hilfe von Biedermann & Niedringhaus (2004), Kunz et al. (2011) sowie Stöckmann et al. (2013); die Angaben zur Ökologie wurden Nickel (2003) sowie Achtziger & Nickel (1997), Nickel & Achtziger (1999) entnommen; die Nomenklatur richtet sich nach Nickel et al. (2016).

### 3.2 NMS-Ordinierung

Mit der Software PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford 2011) wurde eine Nonmetrical Multidimensional Scaling-Ordinierung (NMS-Ordinierung) durchgeführt, durch die eine grafische Darstellung der Ähnlichkeiten der Untersuchungsflächen hinsichtlich ihrer Zikadenartenzusammensetzung möglich wird. Für die Berechnung der NMS-Ordinierung wurden die absoluten Individuenzahlen pro Zikadenart und Aufnahmefläche in Dominanzklassen entsprechend der Klassifizierung nach Engelmann (1978) umgerechnet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Die Zikadenfauna des Untersuchungsgebietes

Auf den 36 Untersuchungsflächen wurden insgesamt 60 Zikadenarten mit 13.066 Individuen (5.169 Adulte + 7.897 Larven) aus 3 Familien und 11 Unterfamilien nachgewiesen (Tabelle A1, Anhang). Für das Untersuchungsgebiet (Stadtwald Freiberg) konnten 46 neue Zikadenarten erfasst werden (Tabelle A1, Arten fett gedruckt). Unter den nachgewiesenen Zikadenarten befanden sich 9 Arten der Roten Liste Sachsens (Walter et al. 2003) und 10 Arten der Roten Liste Deutschlands (vgl. Nickel et al. 2016) (s. Tabelle 2).

### 4.2 Überblick zur ökologischen Charakterisierung der Zikadengemeinschaften auf den untersuchten Entwicklungs- und Moorflächen

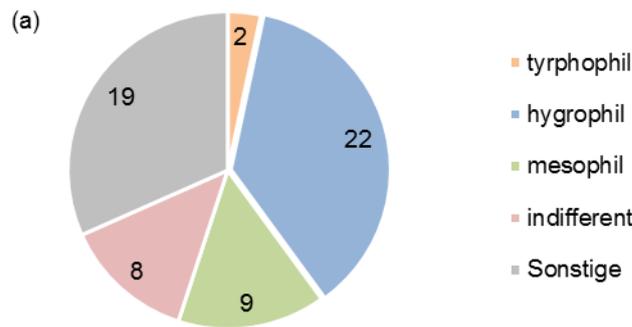
Sowohl auf den Entwicklungsflächen als auch auf den Moorflächen traten Zikadenarten auf, welche eine gewisse Affinität zu feuchtem Mikroklima aufweisen und somit als „hygrophil“ bezeichnet werden können. Auf den Moorflächen wurden insgesamt 9 der 13 (~ 69 %) erfassten Zikadenarten als hygrophil eingestuft (Abb. 2b): *Cicadella viridis*, *Conosanus obsoletus*, *Conomelus anceps*, *Neophilaenus lineatus*, *Notus flavipennis*, *Cicadula quadrinotata*, *Stenocranus fuscovittatus*, *Megamelus notula* und *Stroggylocephalus agrestis*. Die dominantesten Vertreter der hygrophilen Zikadenarten waren auf den Moorflächen *N. flavipennis*, *C. viridis* und *C. quadrinotata* (vgl. Tabelle A1). Des Weiteren konnten auf den Entwicklungs- und auf den Moorflächen jeweils 2 Zikadenarten nachgewiesen werden, welche den Lebensraum Moor präferieren und als tyrophophil bezeichnet werden können (Abb. 2a, b): *Kelisia vittipennis* und *Cicadula saturata*.

**Tabelle 2:** Übersicht über die Rote-Liste-Arten der Zikaden entsprechend der Roten Listen Sachsens (Walter et al. 2003) und Deutschlands (Nickel et al. 2016). V = Vorwarnliste, 3 = gefährdet; 2 = stark gefährdet.

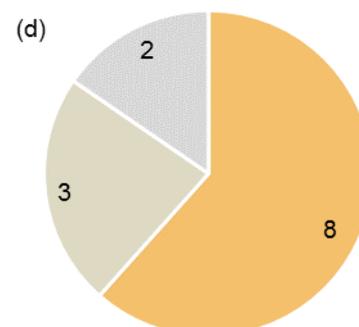
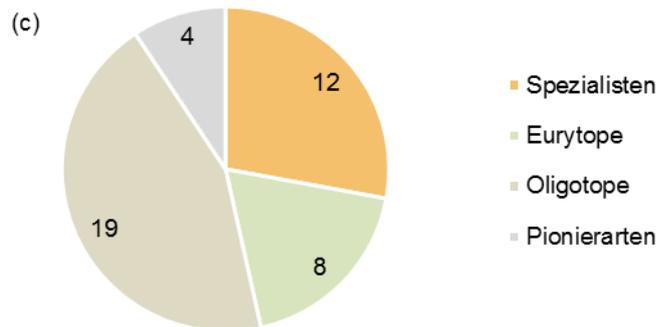
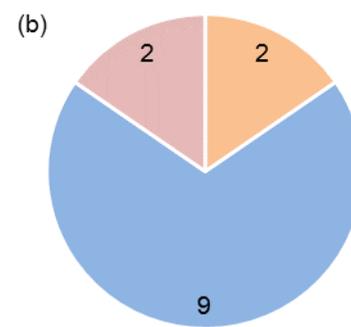
**Table 2:** Overview of Red list species according to the Red list of Saxony (Walter et al. 2003) and of Germany (Nickel et al. 2016). V = potentially threatened, 3 = threatened, 2 = highly threatened.

Zikadenarten	RL SN	RL D
<i>Cicadula saturata</i>	3	3
<i>Kelisia vittipennis</i>	3	2
<i>Javesella forcipata</i>	3	V
<i>Stenocranus fuscovittatus</i>	V	3
<i>Florodelphax leptosoma</i>	V	3
<i>Stroggylocephalus agrestis</i>	V	V
<i>Megamelus notula</i>	V	
<i>Delphacodes venosus</i>	V	
<i>Elymana kozhevnikovi</i>	V	
<i>Muellerianella extrusa</i>		V
<i>Aphrodes diminuta</i>		V
<i>Hesium domino</i>		V
<i>Diplocolenus bohemani</i>		V
<b>Anzahl Rote-Liste-Arten</b>	<b>9</b>	<b>10</b>

## Entwicklungsflächen (Kescher- und Saugfang)



## Moorflächen (nur Kescherfang)



**Abb. 2:** Anzahl der erfassten Zikadenarten auf allen Moor- und Entwicklungsflächen entsprechend der Feuchtepräferenz (a, b) und der ökologischen Spezialisierung (c, d).

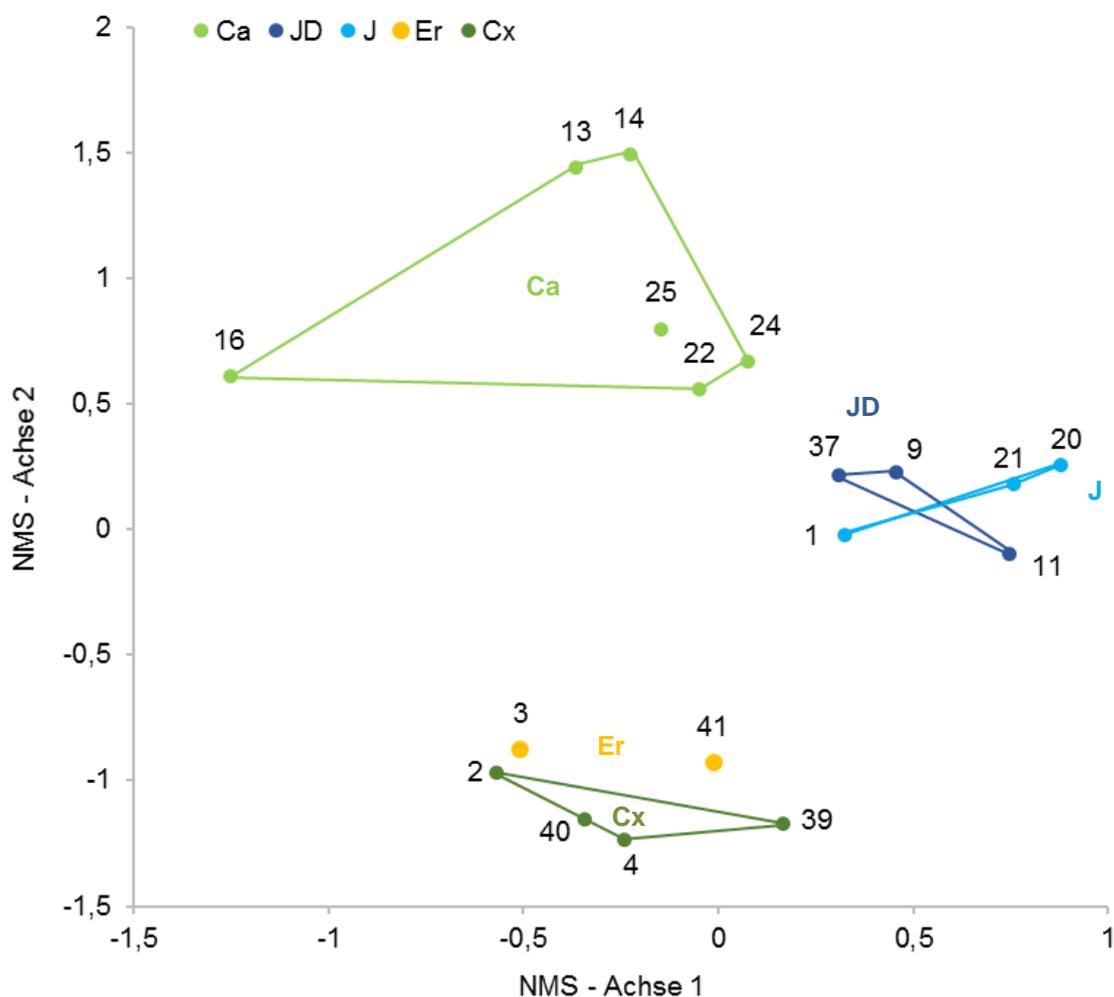
**Fig. 2:** Number of species on the peatland- and development sites according to moisture preference (a, b) and ecological specialisation (c, d).

Im Vergleich zu den Moorflächen wurden auf den untersuchten Entwicklungsflächen weitaus mehr hygrophile Zikadenarten nachgewiesen (vgl. Abb. 2a, b). Trotz höherer Flächenanzahl ( $n = 19$ ) und einem höheren Erfassungsaufwand (Kescher- und Saugfang) waren deren prozentualen Anteile in Bezug zu den ermittelten Gesamtartenzahlen jedoch weitaus geringer als auf den Moorflächen ( $n = 17$ , nur Kescherfang). Mit 22 Arten (Abb. 2a) wiesen die hygrophilen Zikadenarten somit auf den Entwicklungsflächen einen Anteil von  $\sim 36,7\%$  auf. Am dominantesten traten hier insbesondere *C. anceps*, *C. viridis* und *S. fuscovittatus* auf (vgl. Tabelle A1).

Vergleicht man die Anteile der Arten entsprechend ihrer ökologischen Spezialisierung (vgl. Achtziger et al. 2014) zwischen Entwicklungsflächen (Abb. 2c) und Moorflächen (Abb. 2d), dann wird deutlich, dass auf letzteren überwiegend ökologisch spezialisierte Zikadenarten vorkamen (ca. 62%). Die Arten mit den höchsten Individuenzahlen waren hier zum einen die tyrphophile Art *K. vittipennis* und zum anderen die hygrophilen Arten *N. flavipennis* und *C. quadrinotata* (vgl. Tabelle A1). Nur wenige Zikadenarten konnten den oligotopen Grünlandbesiedlern (kurz Oligotope) (*C. viridis*, *C. obsoletus*, *N. lineatus*) und den Pionierarten (*Macrosteles sexnotatus*, *Zyginidia scutellaris*) zugeordnet werden (Abb. 2d). Auf den Entwicklungsflächen überwogen dagegen mit 19 Arten (ca. 44%) die Oligotopen, gefolgt von den Spezialisten mit 12 Arten (ca. 28%) (Abb. 2c). Innerhalb der Oligotopen dominierte die hygrophile Art *C. viridis* gefolgt von *Elymana kozhevnikovi* (vgl. Tabelle A1). Mit sehr hohen Abundanz waren die hygrophilen Arten *C. anceps* und *S. fuscovittatus* sowie die tyrphophilen Arten *C. saturata* und *K. vittipennis* vertreten (vgl. Tabelle A1). Mit einem prozentualen Anteil von ca. 19% traten auf den Entwicklungsflächen zudem eurytope Zikadenarten auf, welche auf den Moorflächen gänzlich fehlten (Abb. 2c, d). Die dominantesten Vertreter waren *Anoscopus flavostriatus*, *Balclutha punctata* oder *Hyledelphax elegantula* (vgl. Tabelle A1). Wie auf den Moorflächen konnten auf den Entwicklungsflächen nur wenige Pionierarten ( $n = 4$ , ca. 9%) festgestellt werden (Abb. 2c): *Javesella pellucida*, *Arthaldeus pascuellus*, *M. sexnotatus* und *Z. scutellaris*.

### 4.3 Analyse der Zikadengemeinschaften im Gradienten von Feuchte und Vegetation

Bei Betrachtung der Verteilung der Zikadenarten auf die Vegetationstypen, insbesondere auf den unterschiedlich vernässten Entwicklungsflächen in Tabelle A1, wird deutlich, dass sich mit Änderung der Vegetation (Vegetationstypen) auch eine Änderung der Zikadenartenzusammensetzung und der dominanten Arten abzeichnet (s. Tabelle A1, grau hinterlegt). Diese Änderung der Artenzusammensetzung entlang des zugrundeliegenden Feuchte- und Vegetationsgradienten zeigt sich auch in den Ergebnissen einer NMS-Ordinierung (Abb. 3): So lässt sich erkennen, dass sich die Plots innerhalb der Vegetationstypen hinsichtlich ihrer Zikadenartenzusammensetzung zum einen untereinander relativ ähnlich waren (gruppenförmige Anordnung) und sich zum anderen zwischen den Vegetationstypen deutlich unterschieden (große Abstände, kaum Überlappungen). Die gefundenen Artensammensetzungen können somit als typisch für die einzelnen Vegetationstypen angesehen werden. Entlang von NMS-Achse 2 in Abb. 3 lässt sich auch die Veränderung der Zikadengemeinschaften entlang eines Feuchtegradienten ausgehend von mäßig feuchten Standorten (Ca, z. T. JD) über feuchtere Standorte (J, z. T. JD) bis hin zu feuchten und (sehr) nassen Standorten (Er, Cx) erkennen.



**Abb. 3:** Ergebnisse einer NMS-Ordinierung der Zikadengemeinschaften (n = 18) mit Kennzeichnung des Vegetationstyps (ohne *Molinia*-Typ).

Ca = *Calamagrostis*-Typ; JD = *Juncus conglomeratus-Deschampsia flexuosa*-Typ; J = *Juncus*-Typ; Er = *Eriophorum angustifolium*-Typ; Cx = *Carex*-Typ. Äußerste Punkte pro Vegetationstyp sind miteinander verbunden; Flächennummern s. Tabelle A1, Anhang.

**Fig. 3:** Results of a NMS ordination of the species composition per plot and vegetation type (n = 18) (without *Molinia* type). Ca = *Calamagrostis* type; JD = *Juncus conglomeratus-Deschampsia flexuosa* type; J = *Juncus* type; Er = *Eriophorum angustifolium* type; Cx = *Carex* type. Marginal points per vegetation type are connected with lines; site numbering refer to Table A1, Appendix

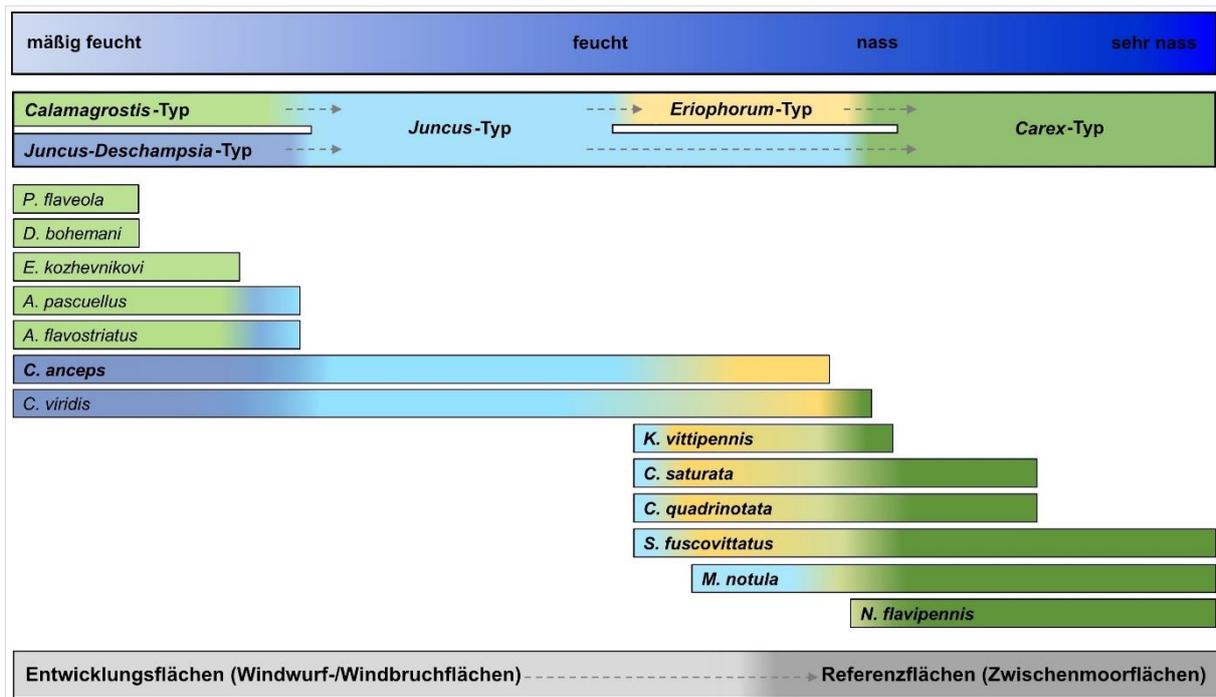
## 5. Diskussion

Innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden auf den 36 Untersuchungsflächen insgesamt 60 Zikadenarten mit 13.066 Individuen aus 3 Familien (11 Unterfamilien) nachgewiesen (vgl. Kapitel 4.1, s. Tabelle A1). Von allen erfassten Zikadenarten stehen 9 auf der Roten Liste Sachsens (vgl. Walter et al. 2003) und 10 auf der Roten Liste Deutschlands (vgl. Nickel et al. 2016) (s. Tabelle 2). Bemerkenswert ist der Neunachweis von insgesamt 46 Zikadenarten für den Freiburger Stadtwald (s. Tabelle A1, neu nachgewiesene Arten fett gedruckt). Die 36 Untersuchungsflächen wurden hinsichtlich des Artvorkommens und hinsichtlich der Artenzusammensetzung der Zikadengemeinschaften im Gradienten der Feuchte und der Vegetation untersucht. Die Untersuchungsflächen bestanden aus 17 Windwurf-/Windbruchflächen (Entwicklungsflächen) und 19 Moorflächen (Referenzflächen) und konnten sechs verschiedenen Vegetationstypen zugeordnet werden (s. Tabelle 1, Kapitel 2.2): Zu den Entwicklungsflächen gehörten die mäßig feuchten bis feuchten *Calamagrostis*-dominierten Flächen (*Calamagrostis*-Typ; Ca) und die mäßig feuchten bis feuchten *Juncus conglomeratus* und *Deschampsia flexuosa*-dominierten Flächen (*Juncus conglomeratus-Deschampsia flexuosa*-Typ, JD), gefolgt von den feuchteren *Juncus*- und *Molinia caerulea*-dominierten Flächen (*Juncus*-Typ, J; *Molinia caerulea*-Typ, Mo) sowie den sehr feuchten bis nassen Flächen mit *Eriophorum angustifolium*- und *Carex*-Dominanzen (*E. angustifolium*-Typ, Er; *Carex*-Typ, Cx) (Kapitel 2.2, s. Tabelle 1). Als Referenz wurden die nassen bis sehr nassen, teils überschwemmten *Juncus*-, *Eriophorum angustifolium*- und *Carex*-dominierten Moorflächen herangezogen.

Die Entwicklungsflächen wiesen im Vergleich zu den Moorflächen eine geringere mittlere Standortfeuchte auf (vgl. Kapitel 2.2). Diese Unterschiede basieren neben den vorherrschenden Böden bzw. Bodentypen und deren Wasserspeicherkapazität im Wesentlichen auf der unterschiedlichen Flächennutzung. Während die Entwicklungsflächen durch anthropogene Eingriffe, wie z. B. Entwässerung und Aufforstung von Monokulturen (überwiegend Koniferen) degradiert wurden, behielten die Moorbereiche z. B. durch die Erhaltung künstlich angelegter Dämme oder durch Pflegemaßnahmen (z. B. Rückschnitt aufkommender Gehölze) ihre moortypischen Eigenschaften bei (vgl. Funke 2018, unpubl.). Somit wurde ein Gradient von den degradierten und gestörten Windwurf- und Windbruchflächen (Entwicklungsflächen) unterschiedlicher Vernässungen (mäßig feucht bis nass) hin zu den naturnahen nassen bis sehr nassen und zum Teil überschwemmten Moorflächen abgedeckt. Hierbei wiesen die Untersuchungsflächen mit *Calamagrostis*-Dominanzen, aber auch die *Juncus conglomeratus*- und *Deschampsia flexuosa*-dominierten Untersuchungsflächen die niedrigsten Entwicklungstendenzen zu moorähnlichen Flächen auf. Im Gegensatz dazu zeigten insbesondere die *Carex*-dominierten Entwicklungsflächen, aber auch die Entwicklungsflächen mit *Eriophorum angustifolium*-Dominanz deutliche Tendenzen hin zu den naturnahen Moorflächen (vgl. Funke 2018, unpubl.).

Auch anhand der Anteile von ökologischen Gruppen unter den Zikaden (z. B. hygrophile, tyrphophile, ökologisch spezialisierte Arten) zeigten sich Unterschiede zwischen den unterschiedlich vernässten Entwicklungs- und Moorflächen: Auf den 17 untersuchten Moorflächen konnten z. B. 9 der 13 erfassten Zikadenarten als hygrophil eingestuft werden (vgl. Abb. 2b), was einem verhältnismäßig hohen Anteil von ~ 69 % entsprach (vgl. Kapitel 4.2). Im Gegensatz dazu war auf den Entwicklungsflächen trotz eines höheren Erfassungsaufwandes und einer daraus resultierenden höheren Artenzahl der Anteil der hygrophilen Zikadenarten mit 37 % deutlich geringer. Auch der Anteil der ökologisch spezialisierteren Zikadenarten war auf den Moorflächen mit 62 % wesentlich höher als auf den Entwicklungsflächen mit 28 % (vgl. Kapitel 4.2). Ökologisch spezialisierte Arten weisen eine enge Bindung an ihren Lebensraum auf – insbesondere hinsichtlich mikroklimatischer Faktoren – und sind meist an bestimmte Nährpflanzen gebunden (Achtziger & Nickel 1997). Da für die Zikadenfauna die Torfmoos-dominierten Sauermoore, insbesondere Wollgräser und Seggen die wichtigsten Nährpflanzen darstellen (Nickel et al. 2002) und diese neben *Juncus*-Arten auch zum typischen Pflanzenarteninventar der untersuchten Moorflächen zählten (s. Kapitel 1), war dieser hohe Anteil spezialisierter Zikadenarten auf den untersuchten Moorflächen nicht überraschend.

In dem Schema in Abb. 4 ist die Verteilung der dominanten und charakteristischen Arten entlang des untersuchten Gradienten von Vegetation und Feuchte zusammenfassend dargestellt: Auf den mäßig feuchten Entwicklungsflächen kamen sowohl euryöke als auch stenöke Zikadenarten (eurytope und oligotope Grünlandbesiedler, Pionierarten, Spezialisten) mit unterschiedlichen Feuchtepräferenzen (mesophil, indifferent, hygrophil) vor. Für die *Calamagrostis*-dominierten Flächen waren die Zikadenarten *Paluda flaveola*, *Diplocolenus bohemani*, *Elymana kozhevnikovi*, *Arthaldeus pascuellus* und *Anoscopus flavostriatus* charakteristisch (Abb. 4; vgl. Tabelle A1). Auf den mäßig feuchten von *Juncus conglomeratus* und *Deschampsia flexuosa* dominierten Flächen kamen in hohen Anteilen die beiden Zikadenarten *Conomelus anceps* und *Cicadella viridis* vor. Mit zunehmender Vernässung und der damit einhergehenden Abnahme der Süßgräser ging auch das Vorkommen der entsprechend spezialisierten Zikadenarten zurück, wogegen hygrophile und an andere Nahrungspflanzen gebundene Arten (Spezialisten) zunahm. Dies waren hauptsächlich die an *Carex* gebundenen Arten *Cicadula quadrinotata*, *Stenocranus fuscovittatus*, *Megamelus notula* und *Notus flavipennis*. Zudem traten mit zunehmender Vernässung tyrphophile Zikadenarten wie *Cicadula saturata* und *Kelisia vittipennis* auf, die an typische Moorpflanzen nasser Standorte wie *Eriophorum* spp. gebunden sind und auf den mäßig feuchten Entwicklungsflächen nicht nachgewiesen wurden (s. Abb. 4).



**Abb. 4:** Darstellung der dominant auftretenden Zikadenarten im Gradienten von Feuchte und Vegetation; ökologisch spezialisierte Zikadenarten = fett gedruckt.

**Fig. 4:** Distribution of dominant hopper species along a gradient of moisture and vegetation; specialized species = bold.

Somit stellen die beiden tyrphophilen Arten *C. saturata* und *K. vittipennis* sowie die hygrophilen Arten *C. quadrinotata*, *S. fuscovittatus*, *M. notula* und *N. flavipennis* charakteristische Zikadenarten (Zeigerarten) für die Standorte mit Entwicklungstendenzen hin zu den naturnahen Moorflächen dar, da diese Zikadenarten auch dem typischen Artenbestand innerhalb der untersuchten Moorflächen angehörten (vgl. Tabelle A1).

Anhand der für die jeweiligen Vegetationstypen charakteristisch vorkommenden Zikadenarten bzw. Arten-gemeinschaften spiegeln sich in gewissem Maße auch die Ergebnisse aus der NMS-Ordinierung (Abb. 3) wider: Mit Änderung der Vegetation der Krautschicht änderte sich z. B. auch die Zikadenartenzusammensetzung zwischen den einzelnen Vegetationstypen. Dabei ist die Überlappung der Flächen, die von *Juncus*-Arten dominiert waren (J) mit denen, die durch Dominanzen von *Juncus conglomeratus* und *Deschampsia flexuosa* charakterisiert waren (JD), hauptsächlich auf die hohen Individuenzahlen der Juncaceen-Besiedler *C. anceps* und *C. viridis* zurückzuführen (vgl. Tabelle A1). Beide Arten traten nicht nur innerhalb der *Juncus*-dominierten Flächen auf, sondern z. B. auch auf den *Eriophorum angustifolium*- oder *Carex*-dominierten Flächen, in denen *Juncus* spp., wenn auch nur in sehr geringen Abundanz- bzw. Deckungswerten, vorzufinden war. Interessant hierbei war, dass die beiden Arten auf den sehr nassen Flächen, trotz des Vorkommens der Nährpflanzen, nicht auftraten (vgl. Funke 2018, unveröff). Ähnliches zeigte sich auch für andere Zikadenarten: So kamen z. B. *P. flaveola*, *D. bohemani* und *E. kozhevnikovi* hauptsächlich auf den mäßig feuchten Standorten vor (CA, JD; s. Tabelle A1) und traten mit Zunahme der Standortfeuchte trotz des Vorkommens der Nährpflanze(n) nur noch vereinzelt oder gar nicht mehr auf (vgl. Funke 2018, unpubl.).

Die hier aufgeführten Ergebnisse verdeutlichen, dass sich anhand bestimmter Zeigerarten, aber auch anhand von ökologischen Gruppen (hygrophile, tyrphophile, spezialisierte Arten) innerhalb der Zikaden eine Entwicklung von gestörten Flächen mit unterschiedlichen Feuchteverhältnissen hin zu naturschutzfachlich bedeutsameren Moorstandorten erkennen lässt. Die Änderung der Artenzusammensetzung der Zikadengemeinschaften wird dabei im Wesentlichen durch die vorherrschenden Feuchteverhältnisse und durch das daraus zum Teil resultierende Vorkommen entsprechender Nährpflanzen bestimmt.

## 6. Summary

During a master thesis in 2016 the planthoppers and leafhoppers (Hemiptera: Auchenorrhyncha) of 36 wetland and peatland sites differing in vegetation and wetness (17 windthrow-/windbreak sites as development sites, 19 intermediate bog sites as reference sites) in the city forest of Freiberg (Saxony) were investigated and analysed along a gradient of wetness and vegetation. In total 60 plant- and leafhopper species of 3 families (11 subfamilies) with 13.066 individuals were recorded; 46 species were new for this area. Along a gradient of moisture and the resulting vegetation and based on ecological groups (e. g., hygrophilous, tyrphophilous; ecologically specialized species) as well as on the species composition, differences could be shown between the

different wetland sites and the peatland sites. Both the proportions of hygrophilous species and the proportions of specialized species was higher on the peatland sites than on the wetland sites. Furthermore, based on the occurrence of tyrphophilous species along this gradient, a developmental trend from wetland sites differing in moisture to more natural peatland sites could be detected. With increasing wetness and the resulting vegetation hopper composition changed with an increase in both occurrence and abundance of hygrophilous and tyrphophilous species. Besides the occurrence of specific feeding plants, the species composition of plant- and leafhopper communities on the different wetland and peatland sites was mainly influenced by moisture conditions.

## 7. Danksagung

Wir danken Norman Schiwora (Untere Naturschutzbehörde, Landratsamt Mittelsachsen) für die Grundidee zu dieser Arbeit, für die Unterstützung durch informative Hinweise und die Bereitstellung von Literatur sowie Datenausgügen aus der „Zentralen Artdatenbank Sachsens“. Danke an ihn und auch an Dr. André Günther (Naturschutzzentrum Freiberg) für die gemeinsamen und informativen Begehungen innerhalb des Freiburger Stadtwaldes. Caroline Schulze (Freiberg) danken wir für die helfende Unterstützung während der Saug- und Kescherfänge sowie für die kritische Durchsicht des Manuskripts. Unser weiterer Dank gilt Frau Dr. Sabine Walter (Kurort Hartha), welche wichtige Informationen zu einzelnen Zikadenarten gab und im Rahmen kleiner Diskussionen zu interessanten Denkanlässen für diese Arbeit verhalf. Herrn Christian Bernstein danken wir für die Bereitstellung der Vegetationsdaten aus seiner Masterarbeit und die Erlaubnis zur weiteren Nutzung im Rahmen dieser Arbeit. Dem Landratsamt Mittelsachsen (Untere Naturschutzbehörde) danken wir für die Erteilung der Betretungs- und Fanggenehmigung.

## 8. Literatur

- Achtziger, R. & Nickel, H. (1997): Zikaden als Bioindikatoren für naturschutzfachliche Erfolgskontrollen im Feuchtgrünland. Beiträge zur Zikadenkunde 1: 3-16.
- Achtziger, R., Holzinger, W. E., Nickel, H. & Niedringhaus, R. (2014): Zikaden (Insecta: Auchenorrhyncha) als Indikatoren für die Biodiversität und zur naturschutzfachlichen Bewertung. Insecta, Zeitschrift für Entomologie und Naturschutz 14: 37-62.
- Biedermann, R. & Niedringhaus, R. (2004): Die Zikaden Deutschlands – Bestimmungstabellen für alle Arten. WABV Fründ, Scheeßel, 409 S.
- BNatSchG (Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege - Bundesnaturschutzgesetz) i. d. F. vom 15. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 1 G. v. 15.09.2017 BGBl. I S. 3434.
- Engelmann, H. D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. Pedobiologia 18: 378-380.
- Freyer, G. (Hrsg.) (1988): Freiburger Land - Ergebnisse der heimatkundlichen Bestandsaufnahme im Gebiet um Langhennersdorf, Freiberg, Oederan, Brand-Erbisdorf und Weißenborn. Werte unserer Heimat. Band 47, Akademie Verlag, Berlin, 238 S.
- Funke, L. (2018, unpubl.): Zikaden- und Wanzengemeinschaften (Hemiptera: Auchenorrhyncha und Heteroptera) auf unterschiedlich vernässten Feucht- und Moorflächen im Stadtwald Freiberg (Sachsen). Masterarbeit Studiengang Geoökologie, TU Bergakademie Freiberg (unveröffentlicht).
- Funke, L. & Achtziger, R. (2018): Hopper communities of small wetland and peatland sites in the city forest of Freiberg (Saxony, Germany) [Poster]. DGaaE-Nachrichten 32(1): 36-37.
- Funke, L. & Achtziger R. (2019): Moisture and plant species composition as drivers of hopper community structure on small wetland and peatland sites in the city forest of Freiberg (Saxony, Germany) (Hemiptera: Auchenorrhyncha) [Poster]. DGaaE-Nachrichten 33(1): 32-33.
- Kunz, G., Nickel, H. & Niedringhaus, R. (2011): Fotoatlas der Zikaden Deutschlands. WABV Fründ, Scheeßel, 293 S.
- Lehmann, M. & Achtziger R. (2016): Zikaden (Auchenorrhyncha) auf unterschiedlichen Regenerationsstadien des Hochmoorkomplexes „Stengelhaide“ bei Reitzenhain im Erzgebirge (Sachsen). Mitteilungen des Naturschutzzentrums Freiberg, Heft 9 / 2016: 25-61
- LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) (2015a): Digitale Geologische Karte von Sachsen (GK50 dig), 1:50 000 (UTM), zuletzt aufgerufen am 20.10.2017.
- LfULG (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) (2015b): Digitale Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK), 1:50 000, zuletzt aufgerufen am 19.10.2017.
- McCune, B. & Mefford, M.J. (2011): PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 6, MjMSoftware, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Mannsfeld, K. & Syrbe R.-U. (Hrsg.) (2008): Naturräume in Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 257, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, Leipzig, 288 S.
- Nickel, H. (2003): The leafhoppers and planthoppers of Germany (Hemiptera, Auchenorrhyncha): Patterns and strategies in a highly diverse group of phytophagous insects. Pensoft Publishers, Sofia, Moskau, 460 S.
- Nickel, H. & Achtziger R. (1999): Wiesen bewohnende Zikaden (Auchenorrhyncha) im Gradienten von Nutzungsintensität und Feuchte. Beiträge zur Zikadenkunde 3: 65-80.
- Nickel, H., Holzinger, W. E. & Wachmann, E. (2002): Mitteleuropäische Lebensräume und ihre Zikadenfauna (Hemiptera: Auchenorrhyncha). Denisia 4, zugleich Kataloge des OÖ. Landesmuseum, Neue Folge 176: 279-328.
- Nickel, H., Achtziger, R., Biedermann, R., Bückle, C., Deutschmann, U., Niedringhaus, R., Remane, R., Walter, S. & Witsack, W. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Zikaden (Hemiptera: Auchenorrhyncha) Deutschlands. In: Gruttke, H., Balzer, S., Binot-Hafke, M., Haupt, H., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. & Ries M. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Bd. 4:

- Wirbellose Tiere (Teil 2). Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (4): 247-298.
- SächsNatSchG (Sächsisches Naturschutzgesetz) i. d. F. vom 6. Juni 2013 (SächsGVBl. S. 451) zuletzt geändert durch Artikel 25 des Gesetzes vom 29. April 2015 (SächsGVBl. S. 349).
- Stöckmann, M., Biedermann, R., Nickel, H. & Niedringhaus, R. (2013): The nymphs of the planthoppers and leafhoppers of Germany. WABV Fründ, Scheeßel, 419 S.
- Universitätsstadt Freiberg (2018): Natur und Umwelt im Rats- und Hospitalwald, verfügbar unter: [http://www.freiberg.de/freiberg/content.nsf/docname/Webseite\\_5AD8755F5E04DA86C12576A2003015E9?OpenDocument](http://www.freiberg.de/freiberg/content.nsf/docname/Webseite_5AD8755F5E04DA86C12576A2003015E9?OpenDocument); zuletzt aufgerufen am 06.03.2018.
- Walter, S., Emmrich, R. & Nickel H. (2003): Rote Liste Zikaden Sachsens. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege, Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.

### **Anschriften der Autor(inn)en:**

**Lysann Funke\***: Schulweg 20, 09599 Freiberg, E-Mail: lysann.funke@outlook.de

**Roland Achtziger**: TU Bergakademie Freiberg, Institut für Biowissenschaften, AG Biologie/Ökologie, Leipziger Straße 29, 09599 Freiberg; E-Mail: roland.achtziger@tu-freiberg.de

\*Korrespondierende Autorin



Art	Entwicklungsflächen (Kescher- und Saugfang)																Referenzflächen (nur Kescherfang)												N	F								
	Mo 18	Ca 16	Ca 13	Ca 14	Ca 24	Ca 25	Ca 22	JD 9	JD 37	JD 11	J 1	J 21	J 20	Er 41	Er 3	Cx 39	Cx 40	Cx 4	Cx 2	J 28	J 26	J 34	Er 31	Er 33	Er 32	Er 43	Er 44	Er 45			Cx 36	Cx 27	Cx 35	Cx 47	Cx 42	Cx 46	Cx 48	
<i>Conosanus obsoletus</i>								16			11			3						2																32	4	
<i>Muellerianella fairmairei</i>								10		10		47																								67	3	
<i>Javesella dubia</i>				6						12	1																									19	3	
<i>Streptanus sordidus</i>								1		15																										16	2	
<i>Muellerianella brevipennis</i>			2		17	35																														54	3	
<i>Macrosteles sexnotatus</i>		1	1				1				5			1					7		1		1						1	5						24	10	
<i>Errastunus ocellaris</i>			3	13			7																													23	3	
<i>Athysanus argentarius</i>				6		6	6																													18	3	
<i>Notus flavipennis</i>																1												3	7		3					14	4	
<i>Neophilaenus lineatus</i>				2	1		1																1	5					1							11	6	
<i>Zyginidia scutellaris</i>				1					1	1							2				1															6	5	
<i>Stiroma affinis</i>	2							1						1																						4	3	
<i>Anoscopus albifrons</i>					1						1																									2	2	
<i>Streptanus aemulans</i>																2																				2	1	
<i>Javesella discolor</i>														1																						1	1	
<i>Javesella forcipata</i>								1																												1	1	
<i>Jassargus flori</i>			1																																	1	1	
<i>Cercopis vulnerata</i>			1																																	1	1	
<i>Allygidius commutatus</i>		1																																		1	1	
<i>Speudotettix subfuscus</i>												1																								1	1	
<i>Florodelphax leptosoma</i>		1																																		1	1	
<b>Stratenwechsler</b>																																						
<i>Allygus mixtus</i>	8		5	5	6	9	2	10	3	2		3	7		1																						61	12
<i>Aphrodes diminuta</i>				3			2					4	1																								10	4
<i>Megophthalmus scanicus</i>									1																												1	1
<i>Allygus communis</i>		6		1	2		1			2							1																				13	6
<i>Hesium domino</i>			3	1	1																																5	3
<i>Aphrophora alni</i>					7				2				1	1																							11	4
<i>Empoasca vitis</i>		2									1	1						2	1																	7	5	
<i>Thamnotettix confinis</i>		1																																		1	1	

