Entomologie heute 28 (2016): 95-115

Das Bestäubungsnetzwerk auf der Görscheider Wiese – ein Naturschutzgebiet in Heiligenhaus (NRW)

The Pollination Network of the Görscheider Wiese – a Nature Reserve in Heiligenhaus (NRW)

Simon Blümel, Olaf Diestelhorst & Klaus Lunau

Zusammenfassung: Viele ökologische Studien leisten einen wichtigen naturschutzfachlichen Beitrag durch die taxonomische Aufnahme der Flora und Fauna in einem Gebiet. Diesen quantitativen Ergebnissen mangelt es jedoch an Informationen zur Struktur und Stabilität der dort ansässigen Tier- und Pflanzenwelt. Natürliche Biozönosen und ihre Interaktionen sind meist in komplexen Netzwerken organisiert, mit Arten, deren Bedeutung für das System variiert. Ein solches Netzwerk wird in dieser Studie für eine Pflanzen-Bestäuber-Gemeinschaft im NSG Görscheider Wiese vorgestellt. Im Zeitraum von Mai bis Juli 2015 wurden bei neun Geländeterminen 280 Interaktionen zwischen 112 bestäubenden Insektenarten (955 Individuen) und 18 entomophilen Pflanzenarten beobachtet und in einem diagrammatischen, quantitativen Bestäubungsnetzwerk dargestellt. Die zeitliche und räumliche Variation der Arten wurde erfasst, wobei einem der vier untersuchten Teiltransekte im Sommer eine zentrale Rolle als Pollen- und Nektarquelle zukommt. Nur wenige Pflanzenarten dominierten das Netzwerk und lösten sich über die Zeit in ihrer Dominanz ab, wobei die Abundanz nicht zwangsläufig ein Indikator für die Dominanz ist. Ebenfalls wurde eine Generalisierung der Interaktionen zwischen den Arten festgestellt, die besonders bei den Pflanzen zu erkennen war. Diese Strukturierung erwies sich als typisch für Netzwerke der gemäßigten Zone. Zusätzlich wurden bedrohte Arten (z. B. die große Pelzschwebfliege *Criorhina ranunculi*), potenzielle Antagonisten (z. B. der Rapsglanzkäfer *Brassicogethes aeneus*) und Arten mit parasitärer Lebensweise (z. B. die Gattung der Wespenbienen *Nomada* oder die Familie der Schmarotzerfliegen Tachinidae) identifiziert.

Schlüsselwörter: Bestäubung, Biozönose, Bestäubungsnetzwerk, Pflanzen-Bestäuber-Gemeinschaft

Summary: By the taxonomic recording of flora and fauna of an area a lot of ecological studies make an important technical contribution for nature conservation. However, these results are quantitative and lack information about structure and stability of the local wildlife. Natural biocenosis and their interactions are usually organised in complex networks, in which the importance of the species for the system varies. This study provides such network for a plant-pollinator-community of plants and pollinators in 'NSG Görscheider Wiese'. In nine field dates from May to July 2015, 280 interactions between 112 pollinating species of insects (955 individuals) and 18 entomophilous species of plants could be observed and depicted in a diagrammatic quantitative pollination network. Time-based and territorial variation of species were recorded, while one of the sections of research represents a central position as source for pollen and nectar in summer. The network is dominated by only a few species of plants which replace each other over time, whereupon abundance is not inevitably an indicator for dominance. Furthermore, a generalization of the interactions between the species was observed, especially within the plant species. This structure proved typical for networks in temperate zones. Moreover threatened species (e.g. *Criorhina ranunculi*), potential antagonists (e.g.

Brassicogethes aeneus) and parasitic species (e.g. *Nomada;* Tachinidae) could be identified within the framework of this study.

Keywords: Pollination, biocenosis, pollination network, plant-pollinator-community

1. Einleitung

Die vor Jahrhunderten durch den Menschen geschaffenen, vielfältigen Strukturen wie z. B. extensiv genutzte Wiesen, Weiden und Äcker boten damals besonders den bestäubenden Insekten neben den natürlichen Rückzugsgebieten eine Vielzahl von Lebensräumen. Diese blüten- und kleinstrukturreichen Lebensräume werden seit den fünfziger Jahren in weiten Teilen Mitteleuropas durch die fortschreitende Industrialisierung und Intensivierung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen zunehmend zerstört (WESTRICH 1989). Die Nutzungsintensivierung und der damit verbundene Einsatz von großen Mengen Kunstdünger haben einen drastischen Rückgang blütenreicher Strukturen wie beispielsweise nährstoffarmer Wiesen und Säume zur Folge (LACHAT et al. 2010; WALKER et al. 2009; WALTER et al. 2010). So haben gedüngte Flächen (Zugabe von 50 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr) im Vergleich zu ungedüngten Flächen einen Artenrückgang von durchschnittlich 6,5 Blütenpflanzen zu verzeichnen, nachdem die Fläche über einen gewissen Zeitraum regelmäßig gedüngt worden war (CRAWLEY et al. 2005). Neben der Intensivierung hat auch die Nutzungsaufgabe von ehemals extensiv genutzten Äckern und Weiden durch Verbuschung und Wiederbewaldung zu einem Rückgang des Blütenreichtums geführt (LACHAT et al. 2010; WALTER et al. 2010). Die Biodiversität und die Ökosystemleistungen (darunter Bestäubungsleistung) sind aufgrund dieser Umweltveränderungen und des damit einhergehenden weltweiten Rückgangs von Bestäuber- und Pflanzenpopulationen zunehmend gefährdet (BIESMEIJER et al. 2006).

Um diesem negativen Trend entgegenzuwirken, ist die Schaffung, Unterschutzstellung und wissenschaftliche Untersuchung von Gebieten, die ein qualitatives Angebot lebensnotwendiger Requisiten für Tiere und Pflanzen anbieten, ein wichtiger Teil des Naturschutzes. Das Bundesland Nordrhein-Westfalen, das sich durch seinen industriellen Charakter und die höchste Bevölkerungsdichte in der Bundesrepublik Deutschland auszeichnet, verfügt über 275.145 ha geschützte Fläche bzw. 3.152 Naturschutzgebiete (www.naturschutzinformationen-nrw.de). Die ökologische Einschätzung und Bewertung des Erfolgs dieser Gebiete, bezogen auf die Ansiedlung und stabile Integration verschiedenster Arten in ein System, ist die Voraussetzung für einen erfolgreichen Naturschutz.

Ein solches Gebiet ist das Naturschutzgebiet Görscheider Wiese bei Heiligenhaus. Die ehemals intensiv genutzte Weide wird seit 1998 vom Kreis Mettmann gepachtet und wurde seitdem zahlreichen aufwertenden Maßnahmen unterzogen. Bislang stehen die Untersuchungen der Görscheider Wiese noch am Anfang. Die vorliegende Studie soll mit der Erstellung eines Bestäubungsnetzwerks Auskunft über die Struktur der dort ansässigen Pflanzen-Bestäuber-Gemeinschaft geben und ihre zeitliche und räumliche Dynamik erfassen. Pflanzen-Bestäuber-Beziehungen eignen sich zur Analyse der Dynamik und Struktur einer Gemeinschaft besonders gut. Pflanzen und ihre Bestäuber stellen mehr als die Hälfte aller Organismenarten (im Gegensatz zu z. B. Wirbeltieren, die nur 4 % aller Arten stellen) in vielen terrestrischen Systemen und können somit als quantitative und qualitative Indikatoren der Biodiversität herangezogen werden (STRONG et al. 1984).

Die mutualistischen Beziehungen zwischen Blütenpflanzen und bestäubenden Tierarten umfassen weltweit ca. 300 000 Pflanzenarten und mehr als 200 000 Vertebraten und Insekten (National Research Council 2007; Ollerton et al. 2012). Damit stellen sie die artenreichsten Interaktionsbeziehungen dar, die in terrestrischen Ökosystemen existieren (Thompson 2006).

Obwohl es in der Natur keine isolierten Pflanzen-Bestäuber-Netzwerke gibt, sondern sie alle Teil eines komplexen Interaktionssystems sind, ist es zunächst sinnvoller, einzelne Teile des Systems (in dieser Studie die mutualistischen Beziehungen zwischen Pflanzen und Bestäubern) zu betrachten, anstatt sich mit der Analyse eines viel zu komplexen Gesamtsystems zu beschäftigen (Townsend et al. 2008). Die Frage, welche Bedeutung die Erstellung von Bestäubungsnetzwerken für den Naturschutz hat und ob es sinnvoll ist, eine solche Methode für zukünftige Untersuchungen zusätzlich heranzuziehen, soll ebenfalls diskutiert werden. Denn die ursprünglichen Methoden zur Erfassung von Arten mittels einer taxonomischen Aufnahme bieten zwar einen quantitativen Überblick über die dort ansässige Flora und Fauna, sie geben aber keinerlei Auskunft über die Struktur und Stabilität der Biozönose. Die Bedeutung einer Art für die Gemeinschaft ist allerdings meist unabhängig von taxonomischen Verhältnissen, denn oft gehören die dominanten Arten zu verwandtschaftlich weit voneinander entfernten taxonomischen Gruppen. Die Bedeutung einer Art für eine Gemeinschaft kann also nur identifiziert werden, indem man über eine taxonomische Aufnahme hinausgeht (Odum 1999).

Der größte Teil aller Pflanzenarten interagiert mit vielen Insektenarten, sodass Bestäubungsnetzwerke meist generalisierte Systeme sind (Waser et al. 1996). Percival (1974) beschreibt diese Interaktionen als biotischen Faktor, gleichgesetzt mit den klassischen Umweltfaktoren. Die Interaktionen in Netzwerken sind heterogen verteilt, d. h. viele Arten haben eine geringe Anzahl und wenige Arten eine sehr hohe Anzahl an Interaktionspartnern (Jordano et al. 2003). Barabasi & Albert (1999) stellen ein Modell (engl. preferential attachment) bereit, das eine solch heterogene Verteilung erklärt. Es besagt, dass, wenn neue Arten einem Netzwerk beitreten, diese bevorzugt mit den Arten interagieren, die die höchste Konnektivität (den höchsten Grad der Verlinkung) haben. Diese Art der Selbstorganisation von Arten in komplexen Netzwerken bezeichnen Bascompte & Jordano (2007) in ihrer Arbeit als „rich-gets-richer process". Diese sehr stark vernetzten Arten sind Zentren bzw. Schlüsselarten und sind von maßgeblicher Bedeutung für die Stabilität im Netzwerk (Bascompte & Jordano 2007). Das Aussterben einer solchen Schlüsselart könnte das Aussterben weiterer Arten direkt oder indirekt beeinflussen (Olesen et al. 2007). In einem Experiment von Dunne et al. (2002) konnte gezeigt werden, dass Sekundäraussterbeereignisse am schnellsten erfolgen, wenn man die Art mit dem höchsten Grad der Verlinkung zuerst aus dem System entfernt und am langsamsten, wenn man die Art mit dem geringsten Grad der Verlinkung zuerst entfernt. Der Kern eines Netzwerks besteht aus nur wenigen Arten (ca. 15 %; Olesen et al. 2007), die an einem hohen Anteil der Interaktionen beteiligt sind. Diese asymmetrische Struktur in Netzwerken beeinflusst die Robustheit (Albert et al. 2000) und stellt Ausweichmöglichkeiten für Arten bereit, falls Interaktionspartner durch Störungen verlorengehen (Bascompte et al. 2003). Die Art der Strukturierung ist unabhängig vom Netzwerktyp und seinen ökologischen Gegebenheiten in allen mutualistischen Gemeinschaften gleich (Bascompte & Jordano 2007). Zusätzlich ist die Abhängigkeit innerhalb eines Pflanzen-Bestäuber-Paares stark asymmetrisch (Jordano 1987), d. h., wenn eine Pflanzenart stark abhängig von einer Tierart ist, dann

tendiert die Tierart dazu, signifikant weniger abhängig von der Pflanzenart zu sein (Bascompte et al. 2006). Diese ungleichen Abhängigkeitsbeziehungen wirken im Falle einer Störung einer beidseitigen Abnahme der Abundanz entgegen (Bascompte & Jordano 2007). Die Anzahl und Häufigkeiten der Interaktionen in einem System sind allerdings keine fixen Eigenschaften, sondern unterliegen einer räumlichen und zeitlichen Dynamik. Die Variation in der Abundanz interagierender Arten führt zu Schwankungen in der Verfügbarkeit von Interaktionspartnern (Thompson 2005).
Die Verfügbarkeit von Interaktionspartnern wird ebenfalls und in erheblichem Maße vom Menschen und seiner Landnutzung beeinflusst (Vitousek et al. 1997; Sala et al. 2000; Tilman et al. 2001; Tylianakis et al. 2008). Aufgrund der kohäsiven Struktur von komplexen Netzwerken ist anzunehmen, dass der Rückgang von einer Population bzw. das Aussterben von einer Art einen direkten bzw. indirekten Effekt auf eine oder mehrere andere Arten hat (Koh et al. 2004; Dunne & Williams 2009; Säterberg et al. 2013). Man nimmt an, dass das Aussterben von bestimmten Arten kaskadierende Auswirkungen auf ganze Ökosysteme haben könnte (Chapin et al. 2000; Hooper et al. 2005; Cardinale et al. 2006; Duffy et al. 2007).

2. Material und Methoden

2.1. Das Untersuchungsgebiet

Das Naturschutzgebiet Görscheider Wiese liegt im Nord-Westen der Stadt Heiligenhaus in direkter Nachbarschaft zu den Städten Essen und Ratingen (51° 20‘ 11“ N, 6° 57‘ 43“ E). Heiligenhaus gehört zum Kreis Mettmann im Regierungsbezirk Düsseldorf. Im Jahr 1998 wurden die Wiesen bei Görscheid von der Unteren Landschaftsbehörde des Kreises Mettmann von der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben gepachtet. Ihr gehören drei geografisch getrennte Flächen an. In dieser Studie wird nur die Kernfläche (14 ha) untersucht. Seit Pachtbeginn wurden zahlreiche aufwertende Maßnahmen durchgeführt, sodass die Fläche 2006 aufgrund ihrer entstandenen Wertigkeit in das NSG Vogelsangbachtal aufgenommen wurde. Ausgenommen davon ist das Flurstück 50 (Untere Landschaftsbehörde Kreis Mettmann).

2.2. Maßnahmen

Die Wiese bei Görscheid war vor dem Pachtvertrag (1998) eine intensiv genutzte, artenarme Weidefläche. Die 1998-1999 durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen umfassten verschiedene Gehölzanpflanzungen. Zwischen den Jahren 2002 und 2004 wurden Feldhecken, die die Fläche mittig durchziehen, angelegt (Abb. 1). Im Jahr 2011 wurde die erste Ortsbesichtigung und Bestandserhebung der dortigen Flora vorgenommen. Im Jahr 2014 wurden erneut heimische Obstbäume gepflanzt und auf 1200 m² wurde eine Saatgutmischung eingebracht. Das Gebiet wird im Auftrag der Unteren Landschaftsbehörde bewirtschaftet. Die Bewirtschaftung sieht eine jährliche Mahd (Ende Juni) der Flächen vor, um eine Verbuschung zu verhindern. Die Flächen mit der Saatgutmischung sind davon ausgenommen. Im späteren Jahr (ca. September) werden teilweise die Hang- und Randbereiche gemäht (Untere Landschaftsbehörde Kreis Mettmann, mündliche Mitteilung von Birk Meiser). Die Maßnahmen sind mindestens bis zum Jahr 2023 vertraglich gesichert.

2.3. Naturräumliche Grunddaten

Das Untersuchungsgebiet liegt auf 70-100 m über NN und ist Teil des Niederbergischen Landes. Das örtliche Klima ist atlantisch geprägt, wobei die Jahresmitteltemperatur zwischen 7-9 °C liegt und sich der Jahresniederschlag auf 800 mm summiert.

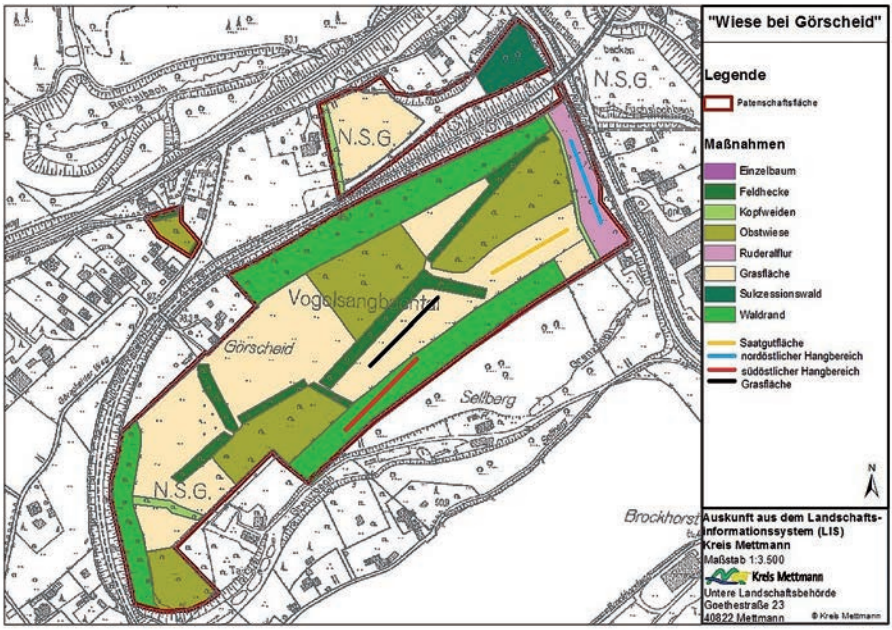

Abb. 1: Lageplan der Görscheider Wiese.
Fig. 1: Map of the area Görscheider Wiese.

Die nährstoffarmen Böden setzen sich hauptsächlich aus typischer Parabraunerde zusammen, deren Oberboden aus schluffigem bis sandigem Lehm besteht. Der geologische Dienst NRW stuft die Böden als „besonders schützenswerte fruchtbare Böden" ein. Aus pflanzensoziologischer Sicht handelt es sich bei der Untersuchungsfläche um eine *Festuca rubra-Agrostis tenuis*-Gesellschaft (mündliche Mitteilung von Dr. Renate Fuchs). Diese Gesellschaft umfasst artenarme Magerwiesen, die aus einer dichten bis lockeren Schicht mittelhoher Gräser und kleinwüchsigen Kräutern besteht. Wiesen dieses Typs sind in Deutschland aufgrund der zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft selten geworden (Dierschke 1997).

2.4. Das Untersuchungstransekt

Aufgrund der Großräumigkeit und der Heterogenität, bezogen auf die Vegetation, den Nährstoffeintrag und die Exposition, ist zu erwarten, dass die Fläche über eine große Spannbreite von Mikroklimaten und Mikrohabitaten verfügt. Deshalb wurden auf dem Untersuchungsgebiet vier gleich lange Teiltransekte festgelegt. Ihre Gesamtheit (das Transekt) spiegelt die für die Wiese typischen Vegetationseinheiten wider. Interaktionen mit den Blüten von Bäumen (hauptsächlich Obstbäume) und Heckenstrukturen (hauptsächlich Weißdorn und Schlehdorn) wurden aufgrund der Unübersichtlichkeit und zur Vereinfachung der Methodik nicht gemessen.

Teiltransekt 1: Saatgutfläche
Das Teiltransekt 1 ist eine unbeschattete, ebene Fläche im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets. Durch das Einbringen einer Saatgutmischung im Jahr 2014 wachsen auf dieser Fläche für die Wiese untypische Pflanzen.

Teiltransekt 2: nordöstlicher Hangbereich
Das Teiltransekt 2 ist ein unbeschatteter Randbereich im Osten der Untersuchungsfläche. Es handelt sich hierbei um einen nordöstlich exponierten Hangbereich mit Silberweiden und Weißdorn.

Teiltransekt 3: südöstlicher Hangbereich
Teiltransekt 3 ist ein teilweise durch einen Waldrand beschatteter, südöstlich exponierter Hangbereich. In der Nähe vom Teiltransekt auf den ebenen Flächen sind Obstbäume und Feldhecken gepflanzt.
Teiltransekt 4: Grasfläche
Teiltransekt 4 ist eine unbeschattete, ebene Grasfläche mit dichtem, mittelhohem Grasbewuchs. Diese Fläche spiegelt den größten Teil der gesamten Untersuchungsfläche wider (Mahd jährlich am 30.06.). Diese Fläche ist von Feldhecken umgeben (siehe Abb. 1).

2.5. Die Untersuchungsmethode

Vier jeweils 100 m lange und 1 m breite Teiltransekte wurden gleichmäßig und langsam abgelaufen und alle Insekten erfasst, die auf einer entomophilen Blüte oder auf einem Blütenstand innerhalb des Transektes gesichtet wurden. Arten, die sofort angesprochen werden konnten, wurden direkt notiert, ohne sie zu fangen. Arten, die nicht sofort bestimmbar waren, wurden mithilfe eines handelsüblichen Insektenkeschers nach der Sicht-Fang-Methode gefangen und später determiniert (siehe 2.6.). Gefangene, im Feld sicher bestimmbare Insekten wurden nach der Determinierung wieder freigelassen. Alle anderen Insekten wurden mit Ethylacetat ($C_4H_8O_2$) getötet und im Institut bestimmt.

Häufige, schwierig zu bestimmende Arten wurden in Komplexe eingeteilt und nicht bis auf die Art bestimmt. Der *Andrena minutula*-Komplex umfasst die Arten *A. minutula*, *A. minutuloides, A. subopaca, A. saundersella* und *A. falsifica*, der *Bombus lucorum*-Komplex die Arten *B. lucorum, B. terrestris, B. cryptarum, B. magnus* und *B. sporadicus*, der *Halictus simplex*-Komplex die Arten *H. simplex, H. eurygnathus* und *H. langobardicus* sowie der *Sphaerophoria menthastri*-Komplex die Arten *S. menthastri, S. abbreviata, S. batava, S. chongjini, S. philantus, S. taeniata, S. virgata, S. potentillae* und *S. infuscata*. Auf den Einsatz von Farbschalen und Malaise-Fallen wurde verzichtet, da diese Fangmethoden keine Informationen über die Interaktionen liefern.
Berücksichtigt wurden alle Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera und Heteroptera, die länger als 3 mm waren (Schätzwert). Diese Grenze wurde gesetzt, um Beständigkeit zu erhalten, da kleinere Insekten bei der Sicht-Fang-Methode zu oft übersehen werden.
Jedes Teiltransekt wurde jeweils dreimal in den Monaten Mai bis Juli 45 min lang begangen und zwar an Tagen, an denen die Wetterbedingungen für Hymenoptera gut bis optimal waren (>20 °C Lufttemperatur, wolkenarmer bis wolkenloser Himmel, schwacher Wind; CUNGS et al. 2007). An jedem Geländetermin wurden die Teiltransekte in wechselnder Reihenfolge in den

Tab. 1: Geländetermine (alle Beobachtungen und Fänge wurden von einer Person vorgenommen)
Tab. 1: Field dates (all observations and fangs were carried out by one person)

Datum	Uhrzeit	Reihenfolge der Teiltransekte	Wetter
06.05.2015	10:00 - 14:45	2, 4, 3, 1	18 °C, wolkenarm, schwachwindig
11.05.2015	10:00 - 14:45	4, 3, 1, 2	20 °C, wolkenlos, schwachwindig
21.05.2015	10:00 - 14:45	3, 1, 2, 4	19 °C, wolkenlos, schwachwindig
04.06.2015	10:00 - 14:45	1, 2, 4, 3	23 °C, wolkenlos, windstill
17.06.2015	10:00 - 14:45	2, 4, 3, 1	23 °C, wolkenlos, schwachwindig
25.06.2015	10:00 - 14:45	4, 3, 1, 2	24 °C, wolkenlos, windstill
01.07.2015	10:00 - 14:00	3, 1, 2	35 °C, wolkenlos, windstill
10.07.2015	10:00 - 14:00	1, 2, 3	22 °C, wolkenlos, windstill
20.07.2015	10:00 - 14:00	2, 3, 1	30 °C, wolkenlos, windstill

folgenden Zeiten untersucht: 10:00-10:45, 11:00-11:45, 13:00-13:45, 14:00-14:45 (Tab. 1).

Die Abundanzen der Blütenpflanzen und deren geöffneten Blüten wurden wöchentlich notiert sowie die Blütezeit von allen Pflanzenarten (Bäume und Hecken miteinbezogen). Die Blüten von Pflanzenarten mit einer geringen bis mittleren Deckung wurden gezählt. Die Blüten von Pflanzenarten mit einem hohen bis sehr hohen Deckungsgrad wurden geschätzt, indem in einem 1 m x 1 m großem Areal alle Blüten der Art gezählt wurden. Die Anzahl der Blüten in diesem Areal wurde dann, je nach Deckung, auf den Rest des jeweiligen Teiltransekts übertragen. Blüten sind hier als Einheiten einer Blume definiert, zwischen denen eine mittelgroße Biene (ca. 10 mm) fliegen statt laufen muss. Das Bestäubungsnetzwerk (Abb. 2) wurde mit dem R-Package „bipartite“ erstellt.

2.6. Determinierung und Nomenklatur

Die Insekten und Pflanzenarten wurden mitHilfe folgender Literatur determiniert:

Hymenoptera:

Bombus, Apis: Amiet (1996); *Hylaeus*: Amiet et al. (1999); *Halictus, Lasioglossum:* Amiet et al. (2001); *Anthidium, Heriades, Megachile, Stelis*: Amiet et al. (2004); *Nomada, Biastes:* Amiet et al. (2007); *Andrena*: Amiet et al. (2010)

Diptera:

Syrphidae: Bothe (1984); Haupt (1998); sonstige Dipteren: Haupt (1998)

Lepidoptera:

Alle Lepidoptera-Arten wurden von Dietmar Borbe (Heiligenhaus) bestimmt.

Coleoptera:

kerbtier.de

Pflanzenarten:

Schmeil & Fitschen (2011); einige Pflanzenarten wurden von Dr. Renate Fuchs bestimmt.

Tab. 2: Artenliste und Anzahl der von Mai bis Juli 2015 erfassten Käfer (Coleoptera).
Tab. 2: Species list and number of beetles (Coleoptera) recorded from May to July 2015.

Käfer (Coleoptera)		
Art	**Familie**	**Individuenzahl**
Anthaxia nitidula	Buprestidae	4
Dasytes niger	Dasytidae	31
Brassicogethes aeneus	Nitidulidae	35
Oedemera virescens	Oedemeridae	61
Oedemera nobilis	Oedemeridae	43
Mordella acuelata	Mordellidae	43
Elateridae spec.	Elateridae	3
Leptura modicenotata	Cerambycidae	19
Leptura maculata	Cerambycidae	1
Stenopterus rufus	Cerambycidae	9
Galeruca tanaceti	Chrysomelidae	3
Cryptocephalus vittatus	Chrysomelidae	14
Coccinella septempunctata	Coccinellidae	9
Larinus beckeri	Curculionidae	1
Rhagonycha fulva	Cantharidae	23

Tab. 3: Artenliste und Anzahl der von Mai bis Juli 2015 erfassten Wanzen (Heteroptera).
Tab. 3: Species list and number of bugs (Heteroptera) recorded from May to July 2015.

Wanzen (Heteroptera)		
Art	**Familie**	**Individuenzahl**
Himacerus mirmicoides	Nabidae	2

Tab. 4: Artenliste und Anzahl der von Mai bis Juli 2015 erfassten Hautflügler (Hymenoptera). Hellgrau: Die drei häufigsten Arten; dunkelgrau: Arten mit parasitärer Lebensweise.
Tab. 4: Species list and number of Hymenoptera recorded from May to July 2015. Light grey: The three most frequent species; dark grey: Parasitic species.

Hautflügler (Hymenoptera)		
Art	**Familie**	**Individuenzahl**
Nomada ruficornis	Apidae	1
Nomada lathburiana	Apidae	1
Nomada panzeri	Apidae	2
Nomada goodeniana	Apidae	2
Nomada flavoguttata	Apidae	4
Nomada fucata	Apidae	1
Bombus pascuorum	Apidae	21
Bombus terrestris/lucorum	Apidae	24
Bombus lapidarius	Apidae	37
Bombus pratorum	Apidae	3
Apis mellifera	Apidae	9
Biastes brevicornis	Apidae	1
Andrena cineraria	Andrenidae	1
Andrena haemorrhoa	Andrenidae	3
Andrena spec.	Andrenidae	1
Andrena nigroaenea	Andrenidae	1
Andrena minutula-Komplex	Andrenidae	9
Andrena nitida	Andrenidae	1
Andrena flavipes	Andrenidae	3
Halictus tumulorum	Halictidae	6
Halictus scabiosae	Halictidae	3
Halictus simplex-Komplex	Halictidae	11
Halictus spec.	Halictidae	6
Lasioglossum lativentre	Halictidae	1
Lasioglossum spec. (1)	Halictidae	6
Lasioglossum spec. (2)	Halictidae	1
Lasioglossum pauxillum	Halictidae	3
Lasioglossum calceatum	Halictidae	4
Lasioglossum morio	Halictidae	1
Heriades truncorum	Megachilidae	6
Megachile alpicola	Megachilidae	2
Anthidium strigatum	Megachilidae	1
Megachile willughbiella	Megachilidae	1
Stelis breviuscula	Megachilidae	2
Hylaeus difformis	Colletidae	1
Sapygina decemguttata	Sapygidae	2
Lasius niger	Formicidae	7
Tryphoninae spec.	Ichneumonidae	1
Hartigia spec.	Cephidae	5
Cephus spec.	Cephidae	2
Lindenius albilabris	Crabronidae	8
Cerceris spec.	Crabronidae	1
Gasteruption spec.	Gasteruptiidae	1

Tab. 5: Artenliste und Anzahl der im Mai bis Juli 2015 erfassten Zweiflügler (Diptera) und Schnabelfliegen (Mecoptera).
Tab. 5: Species list and number of Diptera and Mecoptera recorded from May to July 2015.

Zweiflügler (Diptera)

Art	**Familie**	**Individuenzahl**
Melanostoma mellium	Syrphidae	2
Melanostoma scalare	Syrphidae	2
Sphaerophoria scripta	Syrphidae	50
Sphaerophoria rueppellii	Syrphidae	15
Sp. menthastri-Kompl.	Syrphidae	11
Helophilus trivittatus	Syrphidae	1
Volucella bombylans	Syrphidae	1
Criorhina ranunculi	Syrphidae	1
Eristalis tenax	Syrphidae	18
Eristalis abustorum	Syrphidae	6
Eristalis pertinax	Syrphidae	4
Eristalinus sepulcralis	Syrphidae	1
Platycheirus sticticus	Syrphidae	2
Platycheirus albimanus	Syrphidae	9
Syritta pipiens	Syrphidae	2
Myathropa florea	Syrphidae	1
Eupeodes luniger	Syrphidae	4
Cheilosia pagana	Syrphidae	8
Cheilosia albipila	Syrphidae	1
Chrysogaster hirtella	Syrphidae	25
Chrysogaster viduata	Syrphidae	25
Metasyrphus lundbecki	Syrphidae	3
Syrphus ribesii	Syrphidae	27
Syrphus torvus	Syrphidae	1
Episyrphus balteatus	Syrphidae	42
Scaeva pyrastri	Syrphidae	7
Xanthogramma pedissequum	Syrphidae	1
Syrphidae spec.	Syrphidae	1
Calliphora vomitoria	Calliphoridae	1
Tachina grossa	Tachinidae	2
Phania funesta	Tachinidae	13
Ectophasia crassipennis	Tachinidae	2
Eriothrix rufomaculatus	Tachinidae	6
Gymnosoma spec.	Tachinidae	7
Cylindromyia bicolor	Tachinidae	1
Chloromyia formosa	Stratiomyidae	1
Mesembrina meridiana	Muscidae	1
Sarcophaga carnaria	Sarcophagidae	1
Sicus ferrugineus	Conopidae	1
Oxyna parietina	Tephritidae	1
Panorpa communis	Panorpidae	1

Tab. 6: Artenliste und Anzahl der im Mai bis Juli 2015 erfassten Schmetterlinge (Lepidoptera).
Tab. 6: Species list and number of butterflies (Lepidoptera) recorded from May to July 2015.

Schmetterlinge (Lepidoptera)		
Art	**Familie**	**Individuenzahl**
Lycaena phlaeas	Lycaenidae	4
Polyommatus icarus	Lycaenidae	1
Panemeria tenebrata	Noctuidae	3
Callistege mi	Noctuidae	1
Tyria jacobaeae	Noctuidae	1
Nymphalis urticae	Nymphalidae	4
Vanessa atalanta	Nymphalidae	3
Coenonympha pamphilus	Nymphalidae	2
Vanessa cardui	Nymphalidae	1
Maniola jurtina	Nymphalidae	58
Aphantopus hyperantus	Nymphalidae	9
Ochlodes venatus	Hesperiidae	51

Tab. 7: Artenliste der Pflanzen, die an mindestens einer Interaktion beteiligt waren. Beobachtungszeitraum Mai bis Juni 2015.
Tab. 7: Species list of plants. All listed species were engaged in at least one interaction. Observation period May to July 2015.

Pflanzen	
Art	**Familie**
Stellaria holostea	Caryophyllaceae
Stellaria graminea	Caryophyllaceae
Cardamine hirsuta	Brassicaceae
Veronica chamaedrys	Plantaginaceae
Ranunculus acris	Ranunculaceae
Ranunculus repens	Ranunculaceae
Taraxacum sect. *Ruderalia*	Asteraceae
Hieracium pilosella	Asteraceae
Leucanthemum vulgare	Asteraceae
Hypochaeris radicata	Asteraceae
Cirsium acaule	Asteraceae
Cirsium arvense	Asteraceae
Achillea millefolium	Asteraceae
Jacobaea vulgaris	Asteraceae
Centaurea jacea	Asteraceae
Genista germanica	Fabaceae
Lotus corniculatus	Fabaceae
Glechoma hederacea	Lamiaceae

3. Ergebnisse

Insgesamt wurden in den Monaten Mai bis Juli 112 Insektenarten aus 35 Familien und fünf Ordnungen auf den vier Teiltransekten erfasst. Hymenopteren dominierten das Bestäubungsnetzwerk in Bezug auf die Artendiversität mit 43 Arten (38 %) aus elf Familien. Von Dipteren wurden 41 Arten (37 %) aus neun Familien erfasst, von Coleopteren 15 Arten (13 %) aus zehn Familien, Lepidopteren zwölf Arten (11 %) aus vier Familien und von Heteropteren eine Art (1 %) aus einer Familie. Insgesamt wurden 955 Individuen auf Blüten beobachtet, davon 309 Dipteren, 299 Coleopteren, 209 Hymenopteren, 138 Lepidopteren und

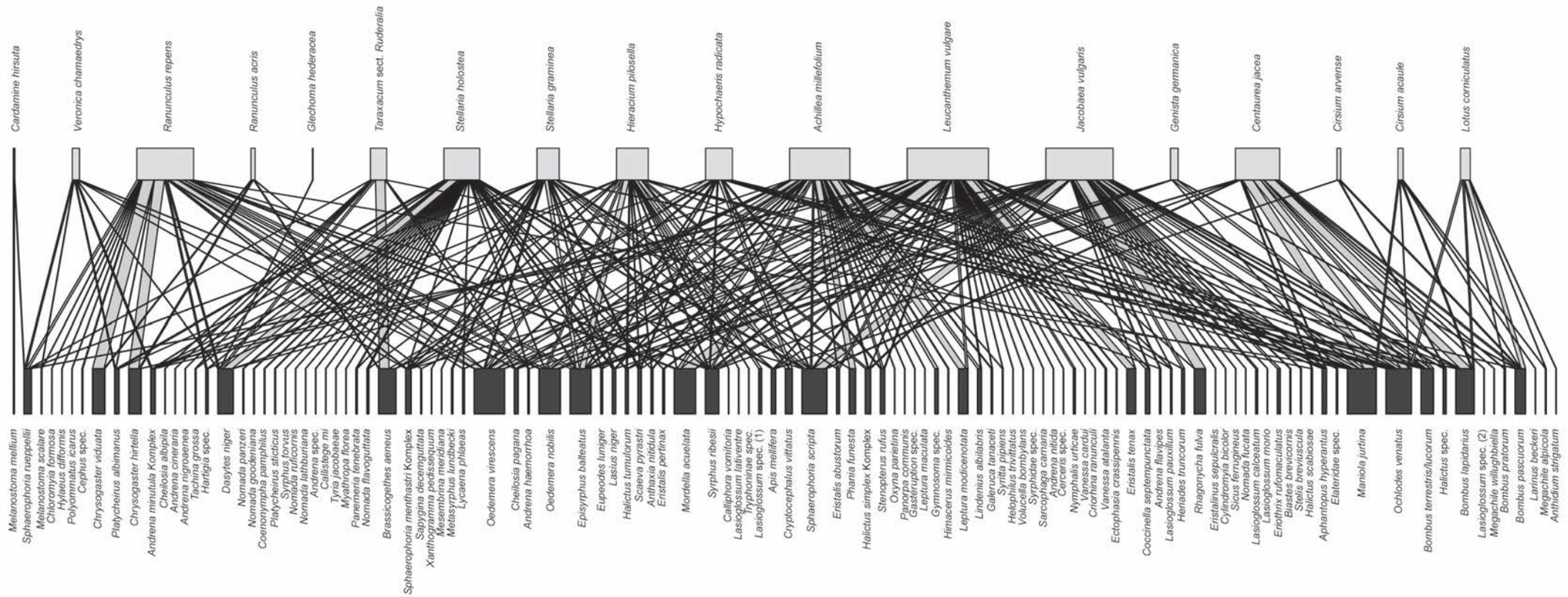

Abb. 2: Quantitative Darstellung des Pflanzen-Bestäuber Netzwerks der Görscheider Wiese durch einen binären Graphen. Jede Art ist als Rechteck dargestellt (Pflanzen = grau; Insekten = schwarz). Die Breite der schwarzen Rechtecke ist proportional zur Abundanz der Insektenarten, die der grauen Rechtecke zur Anzahl der Interaktionen mit Insektenindividuen. Die Interaktionen sind als verbindende Balken dargestellt; ihre Breite reflektiert die Anzahl an Interaktionen. Striche kennzeichnen Interaktionen, die nur einmal beobachtet werden konnten. Die Grafik wurde mit dem R-Package „bipartite" erstellt.

Fig. 2: Quantitative presentation of the plant-pollination network of the Görscheider Wiese by a binary graph. Species are shown as rectangles (plants = grey ; insects = black). The width of the black rectangles is proportional to the abundance of the insect species, the width of the grey rectangles to the number of interactions with individual insects. Interactions are shown as beams. The width of beams reflects the number of interactions Lines indicate interactions recorded only once. The graphic was provided by the R-package "bipartite".

zwei Heteropteren. Insgesamt wurden die Blüten von 18 Pflanzenarten aus den Familien Asteraceae (50 %), Ranunculaceae (≈11 %), Fabaceae (≈11 %), Caryophyllaceae (≈11 %), Plantaginaceae (≈6 %), Lamiaceae (≈6 %) und Brassicaceae (≈6 %) von Insekten besucht (Tab. 2-7).

3.1. Interaktionsnetzwerk

Insgesamt wurden zwischen den 112 Insektenarten und den 18 Pflanzenarten 280 Interaktionen ermittelt. Im Durchschnitt interagierte jede Pflanzenart im Untersuchungszeitraum mit 15,55 Insektenarten und jede Insektenart mit 2,48 Pflanzenarten. Der Verlinkungsgrad („connectance"), also das Verhältnis zwischen real existierenden Links (280 Links) und theoretisch maximal möglichen Links (112 x 18 = 2016 Links), liegt bei 13,89 %. Die Individuendichte der Insektenarten wurden bei den Begehungen berücksichtigt und in die quantitative Darstellung des Bestäubungsnetzwerks miteinbezogen (Abb. 2).

3.2. Raumzeitliche Dynamik

Zu Beginn der Untersuchungsperiode (Anfang und Mitte Mai 2015) hatten die Hangbereiche (Teiltransekte 2 und 3) im Gegensatz zu den Flächen (Teiltransekte 1 und 4) eine deutlich höhere Blütendichte. Am nordöstlichen Hang (Teiltransekt 2) war die Anzahl an geöffneten Blüten Ende Mai und Anfang Juni am geringsten und Ende Juli am höchsten. Am südöstlichen Hang (Teiltransekt 3) war die Anzahl geöffneter Blüten Ende Mai am höchsten. Danach sank die Blütenhäufigkeit bis Ende der Untersuchungsperiode stetig ab, bis Ende Juli fast keine Pflanzen mehr geblüht haben.
Im Gegensatz zu den Hangbereichen waren die Teiltransekte 1 und 4 von der Mahd Ende Juni betroffen; dies führte zu einem erheblichen Einbruch der Blütenhäufigkeit, die sich in der ersten Blütenzählung nach der Mahd bemerkbar machte. Die Grasfläche (Teiltransekt 4) wurde komplett gemäht, so dass die Blütenhäufigkeit und die Anzahl der Insektenarten auf Null sank. Auf der Grasfläche wurde die höchste Blütenhäufigkeit Ende Juni, kurz vor der Mahd, erreicht. Die Blüten der Saatgutfläche (Teiltransekt 1) sind nur zum Teil von der Mahd betroffen (ca. 50 %). Dabei handelt es sich nicht um die Blüten der Saat, sondern um Blüten westlich der Fläche, die auch Teil des Transekts waren (hauptsächlich *Stellaria graminea*). Auf der Saatgutfläche ist die höchste Anzahl an Blüten ebenfalls kurz vor der Mahd (Ende Juni) erreicht und die geringste Anfang Mai. Der Zeitpunkt der höchsten Anzahl an Insektenarten ist auf allen Flächen, ausgenommen des südöstlichen Hangbereichs, identisch mit dem der Blütenhäufigkeit. Der südöstliche Hangbereich hat die höchste Anzahl an Insektenarten Anfang Juni. Die Individuenzahlen der Grasfläche und des südöstlichen Hangbereichs sind von Anfang bis Ende des Untersuchungszeitraums vergleichsweise stetig niedrig und die Individuenzahl der Saatgutfläche vergleichsweise stetig hoch (ausgenommen im Monat Mai und Anfang Juli). Der nordöstliche Hangbereich hat bis Anfang Juli ähnlich niedrige Individuenzahlen wie die Grasfläche und der südöstliche Hangbereich. Diese steigt dann zum Ende des Untersuchungszeitraums deutlich an (Abb. 3).

3.3. Dominanzverschiebung

Die Pflanzenarten lösen sich in ihrer Dominanz gegenseitig über die Zeit ab. Die Dominanz einer Art ist hier anhand ihrer Interaktionsfrequenz zu verstehen (durchschnittliche Interaktionsfrequenz pro Pflanzenart: 11,84 %). Die Interaktionsfrequenz beschreibt den prozentualen Anteil, den eine Pflanzenart an allen In-

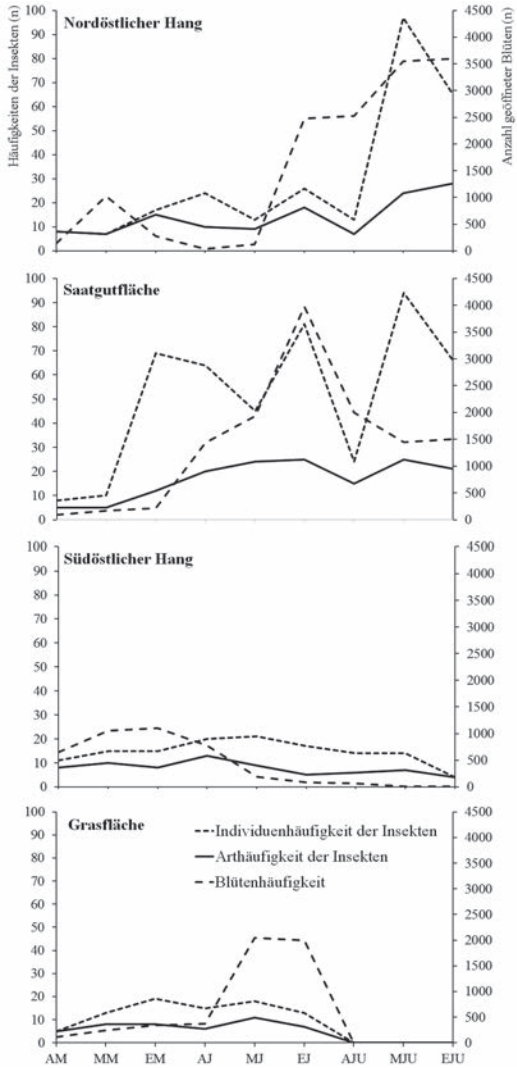

Abb. 3: Raumzeitliche Dynamik. Variation der Häufigkeiten von geöffneten Blüten und Anzahl der Insektenarten und der Individuenhäufigkeit von Insekten innerhalb der jeweiligen Teiltransekte von Mai bis Juli 2015. Die Blütenhäufigkeit bezieht sich unabhängig von der Art auf alle geöffneten Blüten innerhalb der Teiltransekte. Auch die Anzahl der Individuen bezieht sich unabhängig von der Art auf alle Individuen, die innerhalb eines Teiltransekts auf einer Blüte beobachtet wurden. Abszisse: Der erste Buchstabe der Abszissenbeschriftung steht für A (Anfang), M (Mitte) bzw. E (Ende). Die folgenden Buchstaben für Ma (Mai), J (Juni) und Ju (Juli).

Fig. 3: Spatiotemporal dynamic. Variation of frequency of open blossoms, the number of insect species and individuals of insects within the four transects from May to July 2015. The frequency of blossoms refers to all open blossoms within a transect, irrespective of species. Also the number of individuals of insects refers to all individuals, which were observed on a flower within a transect, irrespective of species. Abscissa: The first letters of the axis of abscissae have the following meaning A (Anfang/beginning of), M (Mitte/middle of), E (Ende/end of). The following letters have the meaning: Ma (May), J (June) and Ju (July).

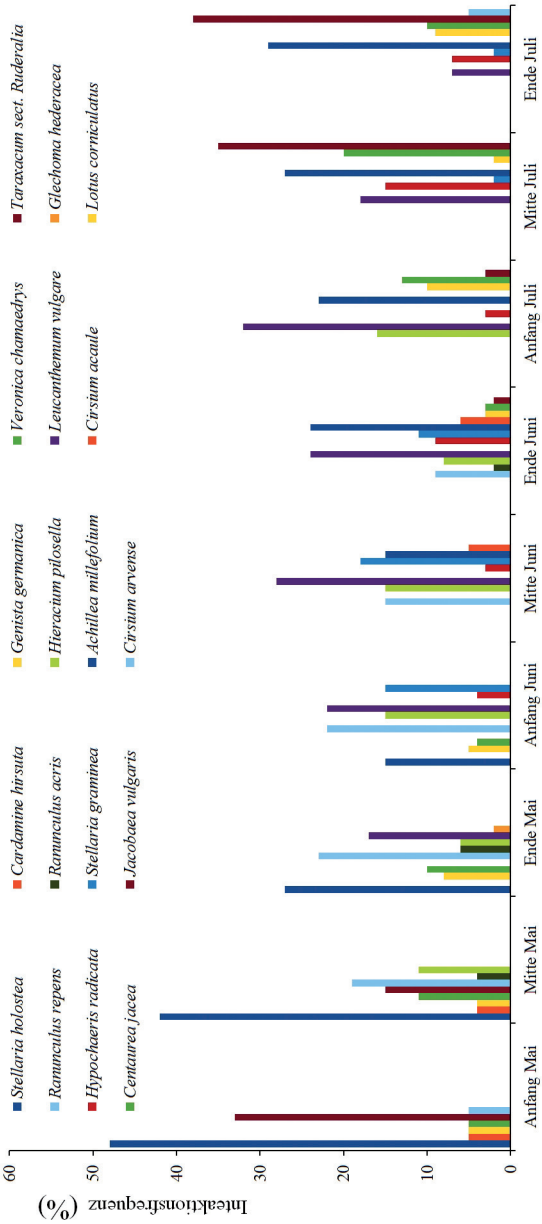

Abb. 4: Dominanzverschiebung. Verteilung der Interaktionen mit Insektenarten (in Prozent) aller 18 Pflanzenarten der vier Teiltransekte von Mai bis Juli 2015.
Fig. 4: Shift of dominance. Distribution of interactions with insect species (in per cent) of all 18 plant species of the four transects from May to July 2015.

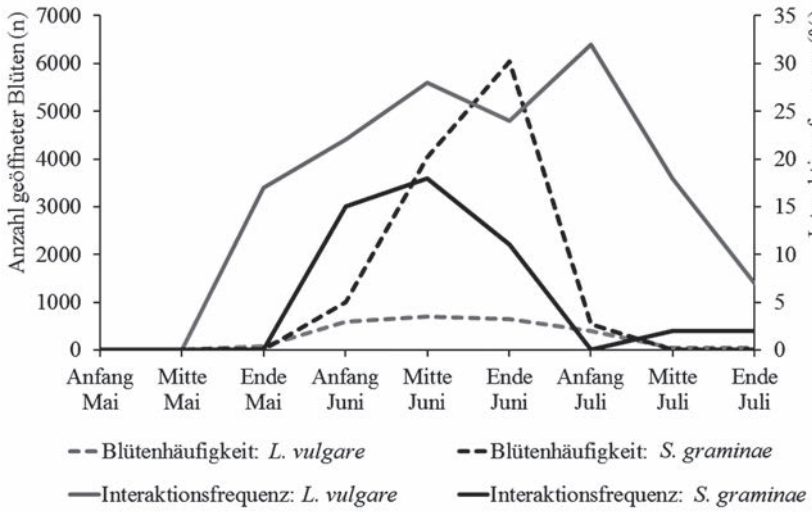

Abb. 5: Interaktionsfrequenz und Blütenhäufigkeit. Verteilung der Interaktionen mit Insektenarten (in Prozent) und Blütenhäufigkeit der beiden Pflanzenarten *Stellaria graminae* und *Leucanthemum vulgare* in den Monaten Mai bis Juli 2015.
Fig. 5: Frequency of interactions and blossoms. Distribution of interactions with insect species (in per cent) and the frequency of blossoms of the two plant species *Stellaria graminae* and *Leucanthemum vulgare* from May to July 2015.

teraktionen mit Insekten zum gegebenen Zeitpunkt hat. Anfang (Mai) und Ende (Juli) des Untersuchungszeitraums sind die Dominanzen deutlicher zu erkennen. Von Anfang Juni bis Anfang Juli verteilen sich die Interaktionen weniger deutlich auf eine dominante Art. Die dominanten Arten in den Monaten Mai bis Juli sind *Stellaria holostea* und *Taraxacum* sect. *ruderalia* (zusammen mit 81 % aller Interaktionen Anfang Mai), *S. holostea* und *Ranunculus repens* (zusammen mit 61 % aller Interaktionen Mitte Mai und 50 % Ende Mai), *R. repens* und *Leucanthemum vulgare* (zusammen mit 44 % aller Interaktionen Anfang Juni), *L. vulgare* und *Stellaria graminae* (zusammen mit 46 % aller Interaktionen Mitte Juni), *L. vulgare* und *Achillea millefolium* (zusammen mit 48 % aller Interaktionen Ende Juni und 55 % Anfang Juli), *Jacobaea vulgaris* und *A. millefolium* (zusammen mit 62 % aller Interaktionen Mitte Juli und 67 % Ende Juli; Abb. 4).

3.4. Abundanz und Dominanz

Die Pflanzenart *Leucanthemum vulgare* interagierte mit den meisten Insektenarten (45 Arten); sie hatte eine von Ende Mai bis Mitte Juli überdurchschnittliche Interaktionsfrequenz (durchschnittliche Interaktionsfrequenz einer Pflanzenart auf dem Transekt: 11,84 %) und eine maximale Blütenhäufigkeit von ≈ 700 geöffneten Blüten. *Stellaria graminae* hatte die höchste Blütenhäufigkeit (Maximum: ≈ 6000 Blüten) im Transekt, eine durchschnittliche Interaktionsrate von 18 Arten (Durchschnitt: 15,55 Insektenarten pro Pflanze) und von Anfang Juni bis Ende Juli eine durchschnittliche bis unterdurchschnittliche Interaktionsfrequenz (Abb. 5). Die Interaktionsraten (Gesamtzahl aller Interaktion mit Insektenarten jeder Pflanzenart) beider Arten (45 Arten; 18 Arten) wiesen einen signifikanten Unterschied auf (zweiseitiger Chi-Quadrat-Test; p-Wert: 0,0270 bei einem Konfidenzintervall von 95 %).

4. Diskussion

Das Bestäubungsnetzwerk der Görscheider Wiese weist eine heterogene Verteilung der Interaktionen auf, wobei einige wenige entomophile Pflanzenarten (z. B. *Stellaria holostea* im Mai) das Netzwerk dominieren und eine Generalisierung der Interaktionen besonders bei den Pflanzen zu beobachten ist (Waser et al. 1996). Jede Pflanzenart interagierte im Durchschnitt mit 15,55 Insektenarten (=13,88 %) und jede Insektenart mit 2,48 Pflanzenarten (=13,78 %). Die Beobachtung, dass die Interaktionen der Blütenpflanzen generalisierter sind als die der Insekten und dass Pflanzen mehr Interaktionspartner pro Art haben, ist anhand der Strukturierung des Bestäubungsnetzwerks zu erklären. In diesem System sind deutlich mehr Insektenarten vertreten als Pflanzenarten (18 Pflanzenarten; 112 Insektenarten). Die meisten bestäubenden Insekten zeigen beim Pollensammeln ein unspezialisiertes Verhalten (Polylektie; Waser et al. 1996). Das führt dazu, dass Pflanzen im Netzwerk deutlich mehr generalisierte Interaktionen aufweisen als Insekten (Elberling & Olesen 1999). Neben polylektischen Arten gibt es auch Pollenspezialisten (Oligolektie), die sich beim Sammeln von Pollen auf eine Pflanzenart oder nah verwandte Arten festgelegt haben (Westrich 1989; in dieser Studie wurde bei der Schwebfliegengattung *Chrysogaster* eine mögliche Spezialisierung auf die Pflanzengattung *Ranunculus* festgestellt, s. u.). In terrestrischen Gemeinschaften sind Samenpflanzen also meistens die dominierenden Interaktionspartner, nicht nur in Pflanzen-Bestäuber-Systemen, sondern auch unter Berücksichtigung aller Organismen im System (Odum 1999). Das Netzwerk der Görscheider Wiese weist eine Strukturierung auf, die typisch für Pflanzen-Bestäuber-Systeme in Mitteleuropa ist. Aufgrund der hohen Interaktionsfrequenz einiger weniger Pflanzenarten – die drei wichtigsten Arten des Netzwerk waren *Stellaria holostea*, *Leucanthemum vulgare* und *Jacobaea vulgaris* – kann angenommen werden, dass diesen Arten in dem für sie günstigen Zeitraum eine besondere Bedeutung als Pollenlieferant auf der Görscheider Wiese zukommt. Sie können als Schlüsselarten bezeichnet werden, da ihre Abwesenheit in dem jeweiligen Zeitraum einen negativen Effekt auf eine oder mehrere Insektenarten haben könnte, wenn sie nicht durch andere, gleichwertige Arten ersetzt werden würden. Schlüsselarten leiten den hauptsächlichen Energiefluss, wobei sie mit den vielen anderen Arten die Artendiversität bestimmen (Odum 1999).

Die dominanten Arten der Görscheider Wiese lösen sich über den Untersuchungszeitraum ab. Die Dominanz ist zu Anfang der Untersuchung am deutlichsten verteilt (*S. holostea* interagiert mit 48 % bzw. 42 % aller Individuen Anfang Mai bzw. Mitte Mai). Der Grund dafür könnte die geringe Blütenkonkurrenz durch andere Pflanzenarten sein. Die Blütenhäufigkeit und die Zahl der Pflanzenarten ist Anfang und Mitte Mai am geringsten und im Juni am höchsten. Folglich ist die Dominanz im Juni am undeutlichsten verteilt (*Leucanthemum vulgare* hat im Monat Juni eine Interaktionsfrequenz zwischen 22-32 %), da das Blütenangebot diverser ist. Zum Ende der Untersuchung (Juli) liegen die Zahl der Pflanzenarten und die Zahl geöffneter Blüten zwischen denen von Mai und Juni. Somit verteilt sich die Dominanz wieder etwas deutlicher als im Juni, aber weniger deutlich als im Mai (*Jacobaea vulgaris* mit 35 % bzw. 38 % aller Interaktionen Mitte Juli und Ende Juli).

Stellaria graminae ist im Zeitraum ihrer Blüte die abundante Pflanzenart auf dem Transekt (besonders auf der Grasfläche) und die einzige der 18 Arten, die in jedem Teiltransekt vorkommt. Obwohl die Abundanz oft ein Indikator für die Dominanz ist (Odum 1999), hat die Art nur eine durchschnittliche Interaktionsrate und eine unterdurchschnittliche bis durchschnittli-

che Interaktionsfrequenz. Ein möglicher Grund liegt in der Blütenmorphologie und Größe der Pflanze. *Stellaria graminae* hat eine geringe Wuchshöhe und kleine weiße Blüten. Nach Engel & Irwin (2003) hat die Wuchshöhe sowie die Länge und Breite der Blütenkrone (Corolla) einen positiven Effekt auf die Besucherrate von potenziellen Bestäubern. Der mittelhohe Grasbewuchs auf der Grasfläche, der die Pflanze weit überragt, könnte einen negativen Effekt auf die optische Wahrnehmung der Blüten durch Blütenbesucher haben. Die deutlich auffälligere, höhere und größere Blüte der Margerite (*Leucanthemum vulgare*) hat im Vergleich, trotz einer deutlich geringeren Blütenhäufigkeit (ca. um den Faktor 10), signifikant mehr Interaktionen. Dafür spricht auch, dass Mitte Juli signifikant mehr Individuen beobachtet wurden als zu allen anderen Geländeterminen. Der Grund dafür könnte sein, dass zu diesem Zeitpunkt drei Schlüsselarten (*L. vulgare, Jacobaea vulgaris* und *Achillea millefolium*) mit einer relativ hohen Anzahl an Blüten gleichzeitig blühen. Somit ist ein Maximum der Interaktionen von Individuen festzustellen. Durch die Mahd wird die Blütenhäufigkeit zwar fast halbiert, dies hatte aber keinen Einfluss auf die Artenzahlen bzw. Häufigkeiten der Insekten, da keine Schlüsselarten betroffen und ein Restbestand der betroffen Arten in nicht gemähten Teilen der Wiese zu finden waren, d. h. dass es genug Ausweichmöglichkeiten für die Versorgung mit Nektar und Pollen gab.

Die anthropogen geschaffene Saatgutfläche hat aufgrund der eingebrachten Saatgutmischung die höchste Artenzahl an Samenpflanzen und die höchste Gesamtblütenhäufigkeit (Abb. 3). Das erklärt möglicherweise, dass die Saatgutfläche die meisten Insektenarten und die höchste Individuendichte aufwies. Das Beispiel von *Stellaria graminae* zeigt, dass nicht ausschließlich die Blütenhäufigkeit über die Artendiversität und Häufigkeiten von den Blütenbesuchen entscheidet, sondern auch die morphologischen Eigenschaften einer jeden Pflanzenart. Unter den elf Pflanzenarten, die auf der Saatgutfläche wachsen, kommt wenigstens zwei Arten (*Leucanthemum vulgare* und *Jacobaea vulgaris*) eine besondere Bedeutung als Schlüsselart zu. Hinzu kommt, dass ab Anfang Juni bis Ende Juli ein hohes, kontinuierliches Blütenangebot auf dem Teiltransekt Saatgutfläche vorhanden ist. Für die Monate Juni und Juli kommt der Saatgutfläche somit eine besondere Bedeutung als Ressourcenquelle für blütenbesuchende Insekten zu. Unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte kann man zu dem Schluss kommen, dass für die Insektenhäufigkeit und Artendiversität nicht nur die Abundanz einer Pflanzenart von Bedeutung ist, sondern mindestens drei Faktoren: die Gesamtblütenhäufigkeit, die morphologischen Eigenschaften und ein diverses Blütenangebot durch andere Pflanzenarten. Da Schlüsselarten einen erheblichen Einfluss auf die Artenzahl und Individuenzahl von interagierenden Organismen haben, sollte man sich vergegenwärtigen, dass jedes Nahrungsnetz seine individuellen Eigenschaften mit sich bringt und allgemeine Regeln nur bis zu einem bestimmten Maß anwendbar sind. Doch kann die Aufnahme der Interaktionen zwischen Pflanzen und Bestäubern und die damit einhergehende Identifikation von Schlüsselarten als ein wichtiger Mehrwert für die Bewertung von Ökosystemen betrachtet werden. Zusätzlich werden wichtige Informationen wie die Spezialisierung von Arten deutlich. Schwebfliegen der Gattung *Chrysogaster* scheint ist nach den vorliegenden Ergebnissen auf Arten der die Pflanzengattung *Ranunculus* spezialisiert (von 50 Individuen sind 49 auf *Ranunculus* beobachtet worden) bzw. bevorzugt diese Pflanze als Nahrungsquelle.

Der Ausschluss von sehr kleinen Insektenarten (< 3 mm), die Sicht-Fang-Methode (z. B. werden optisch auffälligere Insek-

tenarten häufiger beobachtet/gefangen als kleine unauffällige Insektenarten) und die Tatsache, dass Interaktionsbestimmungen an Hecken und Bäumen bisher fehlen, lassen vermuten, dass die Artendiversität der bestäubenden Insekten im NSG Görscheider Wiese noch nicht vollständig erfasst wurde. Zudem sind nur Insekten- und Pflanzenarten erfasst worden, die innerhalb des Untersuchungszeitraums ihre Flugzeit bzw. Blütezeit hatten und tagaktiv waren. Somit geben die Ergebnisse mit Sicherheit keinen vollständigen Überblick über die dort ansässige Flora und Fauna und ersetzten keine Bestandserfassung. Sie ermöglichen aber einen Einblick in die Strukturierung des Netzwerks und eine Antwort auf die Frage, welche Bedeutung den verschiedenen Arten im Netzwerk zukommt und welche Arten besonders wichtig für eine stabile Biozönose im NSG Görscheider Wiese sind.

Für die Zukunft sollte das Naturschutzgebiet Görscheider Wiese weiterhin unter wissenschaftlicher Beobachtung bleiben, um weitere Maßnahmen (z. B. das erfolgreiche Einbringen weiterer unterschiedlicher Saatgutmischungen), die zum Erhalt und zur Aufwertung der Fläche in Bezug auf die Biodiversität beitragen, durchführen zu können und die Entwicklung der Fläche (über Jahre) zu überwachen.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Wolfgang Gerss (Heiligenhaus) und dem Heiligenhauser Verein für Wissenschaftliche Naturschutzpatenschaften e.V. danken wir für das Stipendium für Simon Blümel und die Möglichkeit einer Freilanduntersuchung im Naturschutzgebiet Görscheider Wiese. Frau Dr. Renate Fuchs (Mülheim an der Ruhr) und Herrn Dietmar Borbe (Heiligenhaus) danken wir für viele hilfreiche Informationen und die Hilfe bei der Bestimmung einiger Pflanzen- und Schmetterlingsarten.

Literatur

Albert, R., Jeong, H., & Barabasi, A.L. (2000): Error and attack tolerance of complex networks. Nature 406: 378-382.

Amiet, F. (1996): Fauna Helvetica Apidae 1. *Bombus, Psithyrus*. CSCF und SEG, Neuchâtel.

Amiet, F., Müller, A., & Neumeyer, R. (1999): Fauna Helvetica Apidae 2. *Colletes, Dufourea, Hylaeus, Nomia, Nomioides, Rhophitoides, Rophites, Sphecodes, Systropha*. CSCF und SEG; Neuchâtel.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2001): Fauna Helvetica Apidae 3. *Halictus, Lasioglossum*. CSCF und SEG; Neuchâtel.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2004): Fauna Helvetica Apidae 3. *Anthidium, Chelostoma, Coelioxys, Dioxys, Heriades, Lithurgus, Megachile, Osmia, Stelis*. CSCF und SEG; Neuchâtel.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2007): Fauna Helvetica Apidae 5. *Ammobates, Ammobatoides, Anthophora, Biastes, Ceratina, Dasypoda, Epeoloides, Epeolus, Eucera, Macropis, Melecta, Melitta, Nomada, Pasites, Tetralonia, Thyreus, Xylocopa*. CSCF und SEG; Neuchâtel.

Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A., & Neumeyer, R. (2010): Fauna Helvetica Apidae 6. *Andrena, Melitturga, Panurginus, Panurgus*. CSCF und SEG; Neuchâtel.

Barabasi, A.L., & Albert, R. (1999): Emergence of scaling in random networks. Science 286: 509-512.

Bascompte, J., & Jordano, P. (2007): Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 38: 567-593.

Bascompte, J., Jordano, P., & Olesen, J.M. (2006): Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. Science 312: 431-433.

Bascompte, J., Jordano, P., Melian, C.J., & Olesen, J.M. (2003): The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100: 9383-9387.

Biesmeijer, J. C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., & Schaffers, A.P. (2006): Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science 313: 351-354.

Bothe, G. (1996): Schwebfliegen. DJN Verlag; Hamburg.

Cardinale, B.J., Srivastava, D.S., Duffy, J.E., Wright, J.P., Downing, A.L., Sankaran, M., & Jouseau, C. (2006): Effects of biodiversity in the functioning of trophic groups and ecosystems. Nature 443: 989-992.

Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C., & Diaz, S. (2000): Consequences of changing biodiversity. Nature 405: 234-242.

Crawley, M.J., Johnston, A.E., Silvertown, J., Dodd, M., Mazancourt, C., Heard, M.S., Henman, D.F., & Edwards, G.R. (2005): Determinants of species richness in the park grass experiment. American Naturalist 165: 179-192.

Cungs, J., Jakubzik, A., & Cölln, K. (2007): Bembecia 1 – Bienen und Wespen (Hymenoptera Aculeata) im Naturschutzgebiet Haardt bei Düdelingen. Bestandserfassung und Pflegekonzept. Administration des Eaux et Forets; Waldhaff.

Dierschke, H. (1997): Molinio-Arrhenatheretea (E1): Kulturgrasland und verwandte Vegetationstypen Teil 1: Arrhenatheretalia Wiesen und Weiden frischer Standorte. Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands Heft 3: 39-40.

Duffy, J.E., Cardinale, B.J., France, K.E., McIntyre, P.B., Thebault, E., & Loreau, M. (2007): The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. Ecology Letters 10: 522-538.

Dunne, J.A., Richard J.W., & Martinez, N.D. (2002): Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. Proceedings of the National Academy Science USA 99: 12917-12922.

Dunne, J.A., & Williams, R.J. (2009): Cascading extinctions and community collapse in model food webs. Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences 364: 1711-1723.

Elberling, H., & Olesen, J.M. (1999): The structure of a high latitude plant-flower visitor system: the dominance of flies. Ecography 22: 314-323.

Engel, E.C., & Irwin, R.E. (2003): Linking pollinator visitation rate and pollen receipt. American Journal of Botany 11: 1612-1618.

Haupt, J., & Haupt, H. (1998): Fliegen und Mücken. Naturbuch Verlag; München.

Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J., & Wardle, D.A. (2005): Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs 75: 3-35.

Jordano, P. (1987): Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. American Naturalist 129: 657-677.

Jordano, P., Bascompte, J., & Olesen, J.M. (2003): Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. Ecology Letters 6: 69-81.

Koh, L.P., Dunn, R.R., Sodhi, N.S., Colwell, R.K., Proctor, H.C., & Smith, V.S. (2004): Species coextinctions and the biodiversity crisis. Science 305: 1632-1634.

Lachat, T., Blaser, F., Bösch, R., Bonnard, L., Gimmi, U., Grüng A., Roulier, C., Sirena, G., Stöcklin, J., & Volkart, G. (2010): Verlust wertvoller Lebensräume. Pp. 22-61 in: Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., & Walter, T. (Hrsg.): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Paul Haupt-Verlag; Bern.

National Research Council (2007): Status of pollinators in North America. National Academies Press; Washington D.C.

Odum, E.P. (1999): Grundlagen der Ökologie, Standorte und Anwendung. Georg Thieme Verlag; Stuttgart, New York.

Olesen, J.M., Bascompte, J., Dupont, Y.L., & Jordano, P. (2007): The modularity of pollination networks. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 19891-19896.

Ollerton, J., Price, V., Armbruster, W.S., Memmott, J., Watts, S., Waser, N.M., Totland, Ø., Goulson, D., Alarcon, R., Stout, J.C., & Tarrant, S. (2012): Overplaying the role of honey bees as pollinators: a comment on Aebi and Neumann (2011). Trends in Ecology & Evolution 27: 141-142.

Percival, M. (1974): Floral ecology of coastal scrub in southeast Jamaica. Biotropica 6: 104-129.

Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-

Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., & Wall, D.H. (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287: 1770-1774.

Säterberg, T., Sellmann, S., & Ebenman, B. (2013): High frequency of functional extinctions in ecological networks. Nature 499: 468-470.

Schmeil, O., & Fitschen, J. (2011): Flora von Deutschland und angrenzender Länder: Ein Buch zum Bestimmen aller wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen. Quelle & Meyer Verlag; Wiebelsheim.

Strong, D.R., Lawton, J.H., & Southwood, R. (1984): Insects on plants. Community patterns and mechanisms. Blackwell Scientific Publications; Oxford.

Thompson, J.N. (2005): The geographic mosaic of coevolution. University Chicago Press; Chicago.

Thompson, J.N. (2006): Mutualistic webs of species. Science 312: 372-373.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D., & Swackhamer, D. (2001): Forecasting agriculturally driven global environmental change. Science 292: 281-284.

Townsend, C.K., Begon, M., & Harper, J.L. (2008): Ökologie, 2. Auflage. Springer Verlag; Berlin Heidelberg.

Tylianakis, J.M., Didham, R.K., Bascompte, J., & Wardle, D.A. (2008): Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. Ecology Letters 11: 1351-1363.

Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., & Melillo, J.M. (1997): Human domination of earth's ecosystems. Science 277: 494-499.

Walker, K.J., Preston, C.D., & Boon, C.R. (2009): Fifty years of change in an area of intensive agriculture: plant trait responses to habitat modification and conversation, Bedfordshire, England. Biodiversity and Conserversation 18: 3597-3613.

Walter, T., Klaus, G., Altermatt, F., Ammann, P., Birrer, S., Boller, B., Capt, S., Eggenschwiler, L., Fischer, J., Gonseth, Y., Grünig, A., Homburger, H., Jacot, K., Kleijer, G., Köhler, C., Kohler, F., Kreis, H., Loser, E., Lüscher, A., Meyer, A., Murbacher, F., Rechsteiner, C., Scheidegger, C., Schierscher, B., Schilperoord, P., Schmid, H., Schnyder, N., Senn-Irlet, B., Suter, D., Zbinden, N., & Zumbach, S. (2010): Landwirtschaft. Pp. 64-122 in: Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., & Walter, T. (Hrsg.): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Paul Haupt-Verlag; Bern.

Waser, N.M., Chittka, L., Price, M.V., Williams, N.M., & Ollerton, J. (1996): Generalization in pollination systems, and why it matters. Ecology 77: 1043-1060.

Westrich, P. (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs. Bd. I und II. Ulmer Verlag, Stuttgart.

www.kerbtier.de, zuletzt besucht: 27.06.2015

www.naturschutzinformationen-nrw.de, zuletzt besucht: 01.05.2015

BSc. Simon Blümel
Dipl. Biol.Olaf Diestelhorst
Prof. Dr. Klaus Lunau
Institut für Sinnesökologie
Department Biologie
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Universitätsstr. 1
D-40225 Düsseldorf
E-Mail: Lunau@uni-duesseldorf.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Entomologie heute

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: 28

Autor(en)/Author(s): Blümel Simon, Diestelhorst Olaf, Lunau Klaus

Artikel/Article: Das Bestäubungsnetzwerk auf der Görscheider Wiese – ein Naturschutzgebiet in Heiligenhaus (NRW). The Pollination Network of the Görscheider Wiese – a Nature Reserve in Heiligenhaus (NRW) 95-115