



Da bin ich mir sicher.



STUDIE  
zum Pilot-Großprojekt „Mehr Blühflächen an Kürbisfeldern  
in Niederösterreich und der Steiermark“:

Wie wirken sich Blühstreifen an Kürbisfeldern auf die  
Bestäubungsleistungen von (Wild)Bienen sowie  
den Kürbiskernertrag aus?

Abschlussbericht 2018-2019

von

MMag. Dr. Johann Neumayer und Kathrin Grobbauer  
(Studienautoren)

**Zitiervorschlag:**

*Neumayer, J. & Grobbauer, K. (2020): Wie wirken sich Blühstreifen an Kürbisfeldern auf die Bestäubungsleistungen von (Wild)Bienen sowie den Kürbiskernertrag aus? – Studie im Rahmen des Bienenschutzfonds von HOFER KG und Naturschutzbund Österreich in Kooperation mit Estyria Naturprodukte KG, 37pp.*

**Impressum:** Naturschutzbund Österreich, 2020 | Museumspl. 2 | 5020 Salzburg  
bundesverband@naturschutzbund.at

**Autorenkontakte:** jneumayer@aon.at | k.grobbauer@gmx.at



Die Studie entstand im Rahmen des Bienenschutzfonds, einer Initiative von  
HOFER KG und | **naturschutzbund** | Österreich  
in Kooperation mit Estyria Naturprodukte GmbH, 2020

[www.naturschutzbund.at](http://www.naturschutzbund.at)

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>5</b>
2.1	Untersuchungsgebiet	5
2.2	Untersuchung der Blütenbesuchsraten	7
2.2.1	Datenerhebung Blütenbesucher	7
2.3	Erhebung der Erntemenge an Kürbissen	7
2.4	Bestäubungserfolg	8
2.5	Erhebung des Nektarangebots	8
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>10</b>
3.1	Blütenbesuchsraten	10
3.2	Kürbisertrag	14
3.2.1	Kürbisanzahl pro Fläche	14
3.2.2	Kürbiskerngewicht	15
3.2.2.1	Kürbiskerngewicht nass pro Kürbis	15
3.2.2.2	Kürbiskerngewicht nass pro Fläche	16
3.2.2.3	Kürbiskerngewicht trocken	17
3.2.3	Kürbiskernanzahl	18
3.2.4	Tausendkorngewicht	19
3.3	Blütenbesuch und Kerngewicht	21
3.4	Bestäubungseffizienz von Hummeln und Honigbienen	22
3.5	Nektarangebot von Blüten des Steirischen Ölkürbisses	23
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>25</b>
4.1	Blütenbesuchsraten	26
4.2	Kürbisertrag	28
4.3	Bestäubungseffizienz von Hummeln und Honigbienen	29
4.4	Nektarangebot von Blüten des Steirischen Ölkürbisses	30
4.5	Erhöhung des Blütenangebots	30
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Danksagung</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>34</b>

# 1. Einleitung

Die Wichtigkeit von bestäubenden Insekten für Wild- und Kulturpflanzen ist allgemein bekannt. Bestäubungsprobleme in landwirtschaftlichen Kulturen sind auch in Mitteleuropa nicht mehr fremd und werden besonders augenscheinlich bei Kulturen, bei denen der Ernteerfolg von einer erfolgreichen Bestäubung abhängt und die nicht zur Selbstbestäubung fähig sind, wie es bei den meisten Obst- und Gemüsearten der Fall ist (KLEIN et al. 2007). Sowohl der Rückgang der schieren Biomasse an Insekten (HALLMANN et al. 2017, NABU), aber auch der generelle Rückgang der Arthropodendiversität (SEIBOLD et al. 2019) machen auch vor Bienen nicht halt. Im Obst- und Beerenanbau ist der Einsatz zugekaufter „Bestäubungsdienstleister“ wie Honigbienen (*Apis mellifera*), Mauerbienen (*Osmia* spp.) oder Hummeln (*Bombus* spp.) gängige aber nicht unproblematische Praxis: zugekaufte Bestäuber stehen zum einen in Nahrungs- und Habitatkonkurrenz zur heimischen Fauna, zum anderen sind sie eine potentielle Quelle und globale Verbreitungsmöglichkeit von Bienenparasiten und -krankheiten (AIZEN et al. 2018, LECOCQ et al. 2015).

Besonderes Augenmerk liegt bei unzureichender Bestäubungsleistung in der Landwirtschaft meist auf der Westlichen Honigbiene (*Apis mellifera*), Allerdings ist die Honigbiene nicht für jede Blütenart als Bestäuber geeignet, beispielsweise für Kürbispflanzen. Kürbispflanzen haben schwere, klebrige Pollen, wodurch ein Pollentransport nur durch relativ große Insekten ausgeführt werden kann. In Amerika, der ursprünglichen Heimat des Gartenkürbisses sind Bienen der Gattungen *Peponapis* und *Xeromelissa* auf das Sammeln von Kürbispollen spezialisiert (HURD et al. 1971, WOOD & FLORES 2008, WILLIAMS et al. 2009). Doch auch amerikanische Hummelarten besuchen Kürbisblüten um Nektar zu sammeln (PETERSEN et al. 2013). Die in Europa heimischen Bienenarten sammeln keinen Kürbispollen, aber durchaus große Mengen an Nektar der Kürbisblüte. Das außergewöhnlich hohe Nektarangebot bei Kürbisblüten macht sie sowohl attraktiv für Hummeln als auch für Honigbienen. Nichtsdestotrotz kommt es auch beim Kürbis es immer wieder zu mangelnder Bestäubung (FUCHS & MÜLLER 2004) und es gibt verschiedene Versuche, dem entgegenzuwirken. In der Regel versucht man, die Bestäubungsrate durch Einbringen zusätzlicher gemanagter Honigbienen oder Hummelvölker zu verbessern (SHULER et al. 2005).

Kürbisse sind bestäubungsbiologisch speziell: Sie sind diklin monözisch, das heißt, es gibt getrennte weibliche und männliche Blüten auf derselben Pflanze. Dadurch ist garantiert, dass der Pollen der in die weibliche Blüte gelangt, aus einer anderen Blüte stammt. Da jede Blüte nur wenige Stunden geöffnet ist, muss ein intensiver Blütenbesuch erfolgen. Dabei muss eine große Menge Pollen übertragen werden, da pro übertragenem Pollenkorn ein Kürbiskern entsteht (HEß, 2019). Die hohe Attraktivität der Kürbisblüten durch ihren hohen Nektargehalt stellt dies sicher, sofern im Umfeld ausreichend potenzielle Bestäuber vorhanden sind. Potentielle Bestäuber in unseren Breiten sind fast ausschließlich die Honigbiene und Hummelarten.

Im Fall des Steirischen Ölkürbisses hängt der Ernteertrag direkt mit einer erfolgreichen Bestäubung der Kürbisblüten zusammen. Werden Kürbisblüten unzureichend bestäubt, fallen sie ab und es werden keine Kürbisse und dementsprechend auch keine Kerne gebildet. Im vorliegenden Projekt wurde

untersucht, ob eine Stärkung der natürlichen Bestäuberpopulationen durch Anlage von Blühstreifen zu einem signifikant besseren Bestäubungserfolg beitragen kann. Der durchgeführte Versuch setzt dabei an, bestäubende Insekten durch Blühstreifen mit adäquatem Blütenangebot anzulocken. Dadurch steht den Insekten sowohl vor als auch nach der Kürbisblüte Nahrung zur Verfügung. So haben natürlich vorkommende Bestäuber die Möglichkeit sich in der Nähe von Kürbisfeldern anzusiedeln. Infolgedessen befinden sie sich zum Blütezeitpunkt bereits in relativer Nähe zum Kürbisfeld und haben die Möglichkeit, stabilere Populationen auszubilden.

Alle Versuche wurden mit dem Steirischen Ölkürbis (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*) der Sorte „Rustikal“ durchgeführt. Die Auswahl der Pflanzenarten für die Blühstreifen erfolgte nach den Kriterien der Attraktivität für Hummeln, der Verfügbarkeit und des Preises. Folgende Fragen sollten beantwortet werden:

- Wie verändert das Vorhandensein eines Blühstreifens die Blütenbesuchsrate auf den angrenzenden Kürbisfeldern?
- Verändert sich der Kürbiskernertrag durch benachbarte Blühstreifen?
- Wie ist der Befruchtungserfolg durch Hummeln im Vergleich zu Honigbienen und Handbestäubung?
- Wie hoch ist das Nektarangebot von männlichen und weiblichen Blüten des Steirischen Ölkürbisses im Vergleich zu anderen Trachtpflanzen? Besteht die Gefahr, dass die Blüten des Blühstreifens Bestäuber von den Kürbisblüten weglocken?

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Untersuchungsgebiet und -zeit

In vier Regionen (Steiermark, Niederösterreich W [Umgebung Melk], Niederösterreich NE [Weinviertel] und Südburgenland) wurden in den Jahren 2016 bis 2019 jeweils drei Kürbisbaufelder miteinander verglichen (Tab.1.): Ein Feld „00“ ohne Blühstreifen, ein Feld „10“ mit einem Blühstreifen, der zur Zeit des Blühbeginns des Kürbisses gemäht wurde und ein Feld „11“ mit einem persistierenden Blühstreifen. Der Blühstreifen bestand aus einem durchschnittlich zwei Meter breiten Randbereich, auf den im Frühjahr 75 kg/ha einer Mischung aus Wildblumensamen ausgesät wurde. Die Wildsamensmischung bestand aus 27 unterschiedlichen Arten (**Tab.2**),

Die Daten aus den Jahren 2016 und 2017 flossen nur in die Analyse der Blütenbesuche ein. Alle übrigen Auswertungen wurden mit den Daten der Jahre 2018 und 2019 durchgeführt (Tab. 1).

**Tab. 1** Lage der Untersuchungsfelder 2018 und 2019  
B = Burgenland, NÖ = Niederösterreich, St = Steiermark

Jahr	Regionen	00	10	11
2016	St	47°07'56"N 15°41'80"E	47°08'88"N 15°39'90"E	47°08'38"N 15°40'50"E
	B	46°55'44"N 16°05'32"E	46°52'14"N 16°03'00"E	46°52'17"N 16°02'49"E
2017	St	47°07'14"N 15°42'11"E	47°07'10"N 15°42'43"E	47°07'18"N 15°42'06"E
2018	St	47°06'03"N 15°48'15"E	47°06'03"N 15°48'10"E	47°06'03"N 15°48'01"E
	NÖ W	48°10'11"N 15°24'36"E	48°10'08"N 15°24'30"E	48°10'18"N 15°24'38"E
	NÖ NE	48° 38'41"N 16°48'45"E	48°38'38"N 16°46'48"E	48°38'11"N 16°46'25"E
2019	St	47°08'43"N 15°39'50"E	47°08'52"N 15°39,52"E	47°09'07"N 15°50'36"E
	NÖ W	48°10'19"N 15°23'57"E	48°08'24"N 15°23'52"E	48°08'26"N 15°24'03"E
	NÖ NE	48°36'43"N 16°42'02"E	48°34'39"N 16°33'32"E	48°35'48"N 16°43'12"E

**Tab. 2: Mischungszusammensetzung des Blühstreifensaatguts**

Art (Deutsch)	Art (lat.)	Gewichtsprozent
Glatthafer	<i>Arrhenatherum elatius</i> **)	3
Wehrlose Trespe	<i>Bromus inermis</i> **)	2
Englisches Raygras	<i>Lolium perenne</i>	2
Rotschwingel hb.	<i>Festuca rubra comm.</i>	3
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i> **)	2
Wundklee	<i>Anthyllis vulneraria</i> **)	3
Wiesenflockenblume	<i>Centaurea jacea</i> *)	2
Schmalblättr. Wiesenflockenblume	<i>Centaurea jacea ssp. angustifolia</i> *)	2
Wegwarte	<i>Cichorium intybus</i>	5
Wilde Möhre	<i>Daucus carota</i> **)	4
Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>	4
Margerite	<i>Leucanthemum vulgare</i> **)	4
Weißer Steinklee	<i>Melilotus albus</i>	3
Gelber Steinklee	<i>Melilotus officinalis</i>	2
Esparsette	<i>Onobrychis viciifolia</i>	10
Wiesensalbei	<i>Salvia pratense</i> **)	3
Gemeines Leimkraut	<i>Silene vulgaris</i> **)	1
Inkarnatklee	<i>Trifolium incarnatum</i>	4
Rotklee	<i>Trifolium pratense</i>	1
Weißklee	<i>Trifolium repens</i>	4
Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i>	18
Kornrade	<i>Agrostemma githago</i> **)	1
Färber-Hundskamille	<i>Anthemis tinctoria</i> **)	2
Ringelblume	<i>Calendula officinalis</i>	4
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i> **)	5
Klatsch-Mohn	<i>Papaver rhoeas</i> **)	1
Phacelie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	5

\*) herkunftszertifiziert nach Rewisa

\*\*\*) herkunftszertifiziert nach Gzert

## **2.2 Untersuchung der Blütenbesuchsraten**

### **2.2.1. Datenerhebung Blütenbesucher**

Nur aus den ersten zwei bis drei weiblichen Blüten einer Pflanze, entstehen Kürbisse. Diese entstehen in der Regel in den ersten beiden Blühwochen, was als „first fruit dominance“ bezeichnet wird (WHITAKER 1931; STAPLETON et al. 2000). Deshalb wurden die Blütenbesucher am Beginn der Kürbisblüte (ca. Mitte Juni 2018 bzw. Anfang - Mitte Juli 2019) erhoben.

In jedem Versuchsfeld wurden drei 2m x 2m große Untersuchungsflächen ausgewählt, auf denen der Blütenbesuch erhoben wurde. Für den Kernertrag ist die Anzahl weiblicher Blüten ausschlaggebend, die beim Ölkürbis allerdings deutlich in der Minderzahl sind. Um dennoch genügend hohe Fallzahlen weiblicher Blüten zu erreichen, wurde bei der Wahl der Untersuchungsflächen darauf geachtet, dass möglichst viele, aber zumindest je eine weibliche Blüte pro Fläche enthalten war. Die Blütenbesuche wurden jeweils zwischen 6:00h und 7:30h und zwischen 9:00h und 10:30h untersucht. Dazu wurden in jeder Untersuchungsfläche alle offenen Kürbisblüten nummeriert, ihr Geschlecht notiert und alle Blütenbesuche innerhalb von 15 Minuten registriert. Getrennt erfasst wurden:

- Honigbienen
- Hummeln
- Wildbienen
- Schwebfliegen und
- Käfer

Da zwischen den einzelnen Untersuchungsgebieten massive Unterschiede der Hummelabundanz bestanden (Abb. 1), wurden die Blütenbesuchsraten in Relativwerte umgerechnet. Dabei wurde die Summe aller Blütenbesuche einer Untersuchungsregion pro Jahr als 100% angenommen.

Im einer Untersuchungsregion wurden 2018 auf allen Feldern sehr hohe Hummelabundanzen gemessen (>30 Hummeln/Untersuchungsdurchgang). Diese Messdaten wurden als statistische Ausreißer aufgrund einer lokal sehr hohen Hummeldichte interpretiert. Diese überlagerte vermutlich den Effekt des Blühstreifens, weshalb die Daten für diesen Standort (Hürm, 2018) aus Teilen der Analyse entfernt wurden.

### **2.3. Erhebung der Erntemenge an Kürbissen**

Ein bis zwei Tage vor der Kürbisernte wurden auf jedem Versuchsfeld drei zufällig verteilte Untersuchungsflächen von jeweils 4m x 4m Größe festgelegt. Alle Kürbisse innerhalb dieser Untersuchungsflächen wurden händisch geerntet. Die Kerne wurden für jedes Feld separat getrocknet.

Ausgewertet wurden:

- die Kürbisanzahl pro Untersuchungsfläche,
- das Gewicht nass geernteter Kerne pro Kürbis,
- das Gesamtgewicht der getrockneten Kerne pro Untersuchungsfläche,

- das Tausendkorngewicht pro Untersuchungsfläche, daraus errechnet die Anzahl der trockenen Kerne pro Untersuchungsfläche sowie
- Anzahl, Nass- und Trockengewicht der Kürbiskerne von hand-, honigbienen- und hummelbestäubten Kürbissen

Aus diesen Daten konnte der Kernertrag (Anzahl der Kerne/ha sowie g Kerne/ha) für jede Fläche ermittelt werden. Es wurde davon ausgegangen, dass die Anzahl der Kerne proportional dem Bestäubungserfolg steigt. Das Kerngewicht dürfte aber zusätzlich von weiteren Faktoren wie Erntezeitpunkt, Witterung, Düngung oder Unkrautdruck beeinflusst werden, weshalb neben dem Kerngewicht auch die Anzahl der Kürbiskerne ausgewertet wurde.

#### **2.4. Bestäubungserfolg**

Weibliche Kürbisblüten wurden vor der Blütenöffnung mit einem feinmaschigen Netz abgedeckt, um Blütenbesucher abzuhalten. Zwischen 6:00 und 10:00 wurde jeweils ein Netz geöffnet um Blütenbesuche zuzulassen. Folgende Bestäubungsversuche wurden durchgeführt:

1 Hummelbesuch	1 Honigbienenbesuch
2 Hummelbesuche	2 Honigbienenbesuche
3 Hummelbesuche	3 Honigbienenbesuche

Zusätzlich wurden weibliche Blüten mit den Staubgefäßen von jeweils drei männlichen Blüten von Hand bestäubt, um den Erfolg optimaler Bestäubung zu erheben. Nach erfolgtem Blütenbesuch wurden die Blüten wieder abgedeckt. Nach dem Schließen der Blüten wurden die Blütenstängel durch ein buntes Klebeband farblich markiert. Zusätzlich diente ein farbig markierter Holzstab, der mit einem Band um die Ansatzstelle der Blüte gebunden wurde, dazu, die Früchte im Acker leichter wiederzufinden und vor allem abgefallene Früchte lokalisieren zu können.

#### **2.5. Erhebung des Nektarangebots**

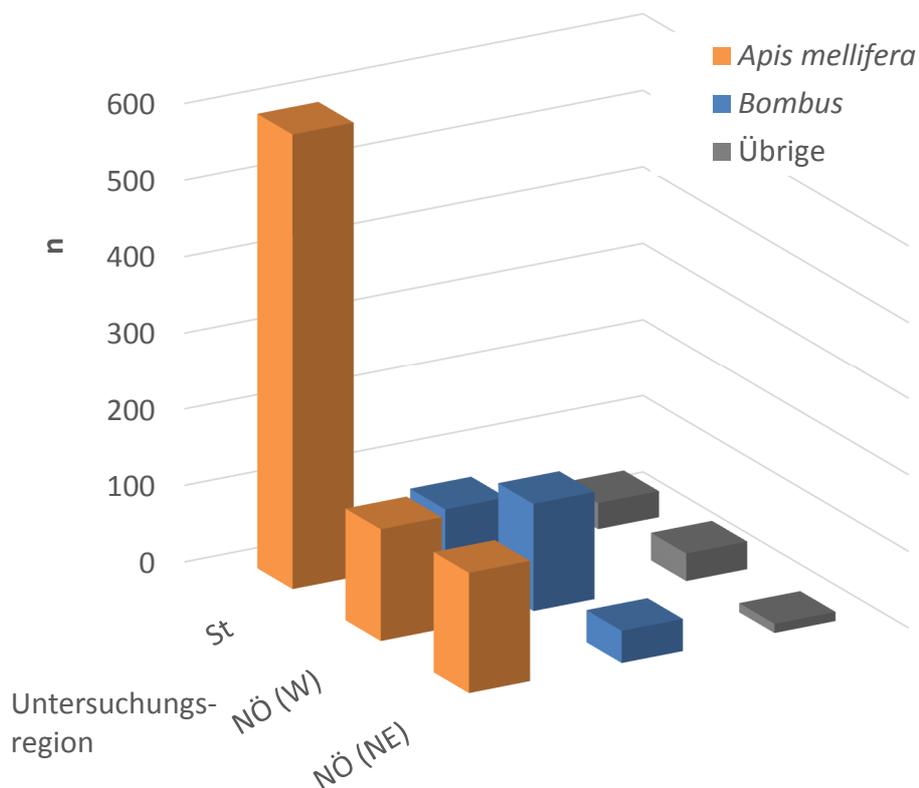
Der Nektargehalt (s. Anhang 5.1) in Mikroliter wurde mittels Mikrokapillaren (5 bzw. 30µl) gemessen. Die Messung der Zuckerkonzentration erfolgte anschließend refraktometrisch. Dabei wurde ein speziell auf kleine Flüssigkeitsmengen abgestimmtes Handrefraktometer der Firma Bellingham & Stanley, GB verwendet. Die Skala des Refraktometers war auf 0-50% Saccharoseäquivalent geeicht. Bei Verdacht auf höhere Zuckerkonzentrationen oder bei zu geringen Nektarmengen wurde zusätzlich Aqua dest. in dieselbe Kapillare aufgesaugt, die Menge des dazugegebenen Wassers notiert, anschließend die Zuckerkonzentration refraktometrisch bestimmt und auf die Ausgangskonzentration rückgerechnet. Details zur Verarbeitung der Daten erfolgten nach der in NEUMAYER & PAULUS (1999) geschilderten Vorgangsweise

Die Nektarmessungen erfolgten in zweistündigen Intervallen von 5-7h, 7-9h, 9-11h und 11-13h MEZ (6-14h MESZ). Um einen Vergleich von aktuellem Nektarangebot der Blüten im Tagesverlauf und dem potentiellen Angebot ohne Insektenbesuch zu erhalten, wurden parallel zum Nektar offener Blüten auch Messungen an abgeschirmten Blüten durchgeführt. Dafür wurden die Blüten mit einem weißen Kunststoffgewebe (Maschenweite ca. 1,5 mm) abgedeckt. Durch die weiße Farbe sollte die unvermeidliche Beeinflussung des Mikroklimas um die Blüte durch absorbierte Sonneneinstrahlung reduziert werden. Vergleichsdaten zum Nektarangebot heimischer Pflanzen wurden der Datenbank des Erstautors entnommen.

## 3. Ergebnisse

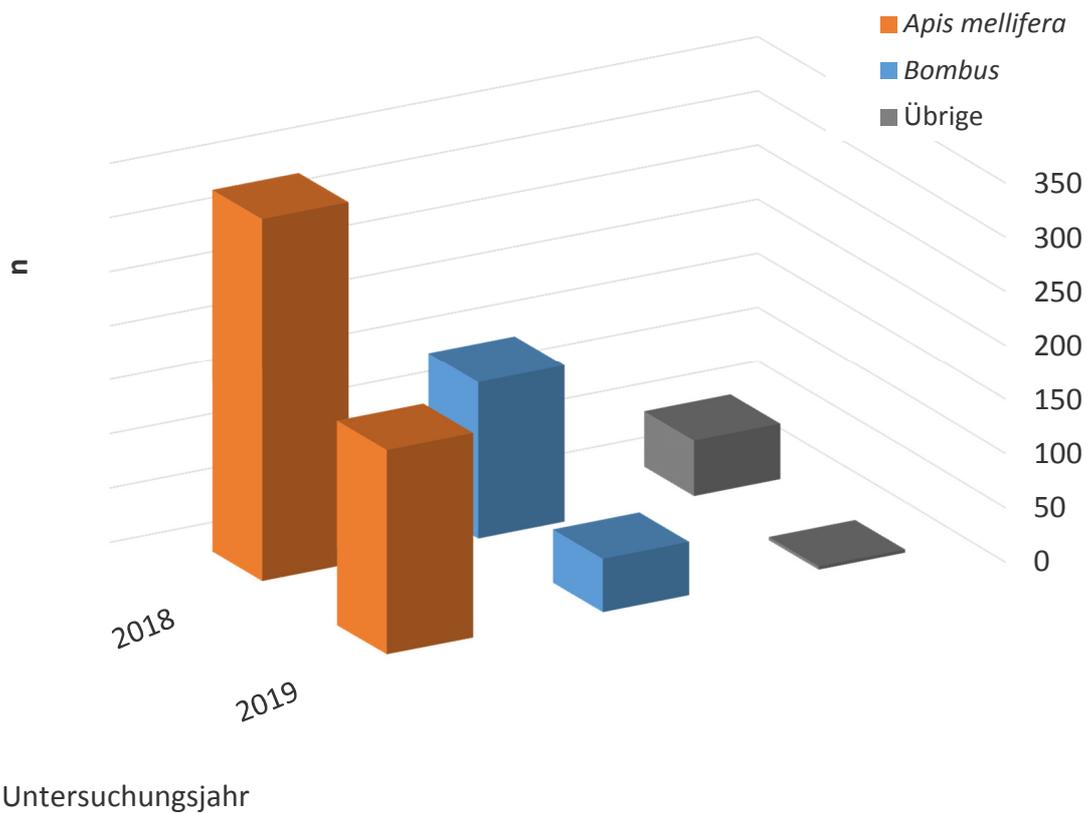
### 3.1. Blütenbesuchsraten

Die Anzahl der Blütenbesuche durch Hummeln und Honigbienen differierte zwischen den Untersuchungsgebieten sehr stark (Abb. 1). In NÖ (W) besuchten fast gleich viele Hummeln wie Honigbienen die Kürbisblüten. In der Steiermark standen sehr vielen Honigbienenbesuchen nur relativ wenige Hummelbesuche gegenüber, während in NÖ (NE) generell wenige Blütenbesuche erfasst wurden (Abb. 1).

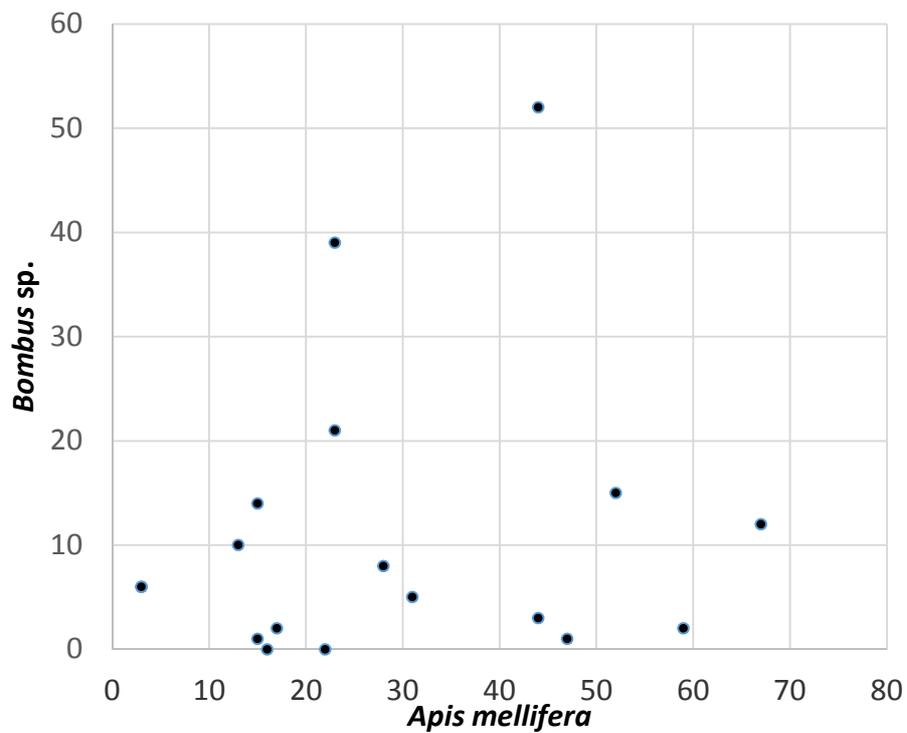


**Abb. 1** Summe der 2018 und 2019 in Kürbisblüten beobachteten Blütenbesucher in den einzelnen Untersuchungsregionen. N: absolute Anzahl der erfassten Blütenbesuche; St: Steiermark; NÖ (W): westliches Niederösterreich, Mostviertel; NÖ (NE): nordöstliches Niederösterreich, Weinviertel.

Auch zwischen den Untersuchungsjahren gab es starke Differenzen im Bienenbeflug der Kürbisblüten (Abb. 2): Die Honigbiendichte war 2019 um fast die Hälfte, die Hummeldichte um fast 2/3 niedriger als 2018. Die Häufigkeiten von Honigbienen und Hummeln als Blütenbesucher waren voneinander unabhängig (Abb. 3) (Spearman rank correlation:  $r = 0,142$ ).



**Abb. 2** Summe der in Kürbisblüten beobachteten Blütenbesucher in den einzelnen Untersuchungsjahren.

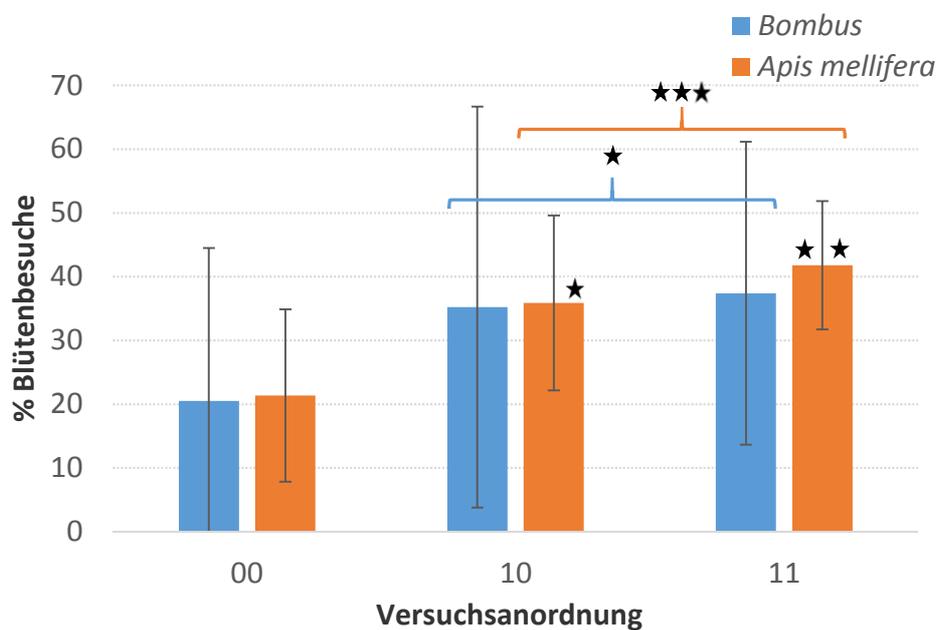


**Abb. 3.** Häufigkeiten von Honigbienen und Hummeln als Blütenbesucher

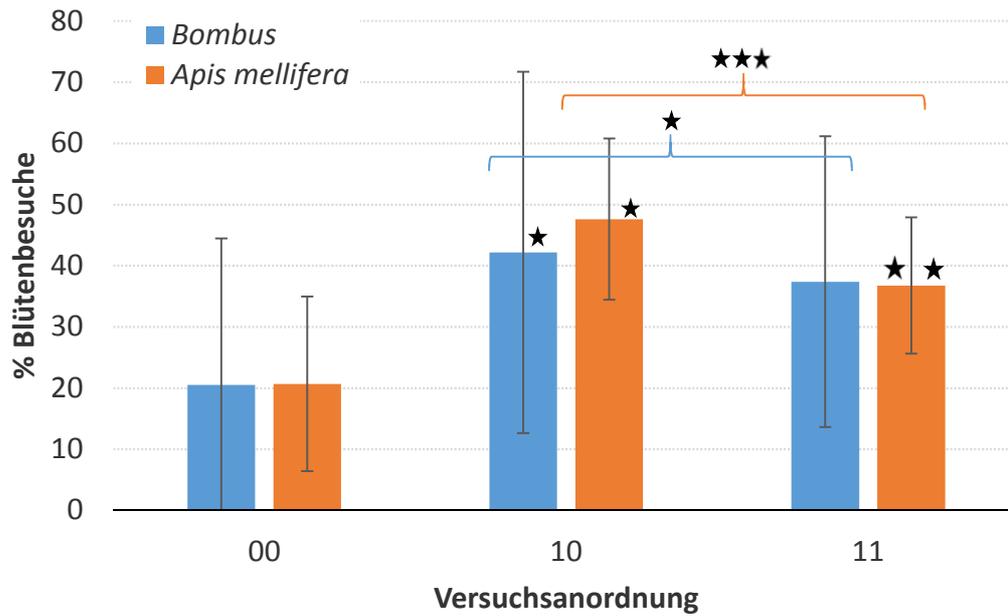
Wegen der starken Häufigkeitsschwankungen von Hummeln und Honigbienen zwischen den Untersuchungsgebieten und Untersuchungsjahren wurden für jedes Untersuchungsgebiet und Jahr jeweils der prozentuelle Anteil der Insektenbesuche auf den Feldern mit den Versuchsanordnungen 00, 10 und 11 errechnet (Abb. 4).

Von allen Blütenbesuchen pro Untersuchungsregion und Jahr war der Anteil der Honigbienenbesuche auf den Untersuchungsfeldern mit Blühstreifen (10 und 11) signifikant höher als auf den Kontrollfeldern (t-test, 00:10,  $p = 0,024^*$ , 00:11,  $p = 0,002^{**}$ , 00:(10+11),  $p = 0,001^{***}$ ).

Der Anteil der Hummelbesuche war auf den Feldern mit Blühstreifen bei summierten Daten höher als auf den Kontrollfeldern (t-test, 00:(10+11):  $p = 0,037^*$ , nicht jedoch zwischen den einzelnen Versuchsanordnungen gegenüber den Kontrollfeldern. Wurden Untersuchungsgebiete mit mehr als 20 Hummelbeobachtungen pro Stunde in den standardisierten Blütenbesucherbeobachtungen für das jeweilige Jahr (NÖ W 2018) aus der Analyse ausgeschlossen (Abb. 5), war auch der Unterschied zwischen den 10-Feldern und den Kontrollfeldern signifikant (Mann-Whitney-U-test: 00:(10+11),  $p = 0,033$ ).



**Abb. 4** Anteil der Blütenbesuche pro 1,5 Stunden durch Hummeln und Honigbienen auf Untersuchungsfeldern mit (10, 11) und ohne (00) Blühstreifen (n = 1410).



**Abb. 5** Blütenbesuche pro 1,5 Stunden durch Hummeln und Honigbienen auf Untersuchungsfeldern mit (10, 11) und ohne (00) Blühstreifen. Ausgeschlossen von der Analyse wurden Untersuchungsfelder mit sehr hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n =1212).

Auf eine weibliche Blüte kamen pro Untersuchungsfläche 2,62 männliche. Hummeln zeigten keine Präferenz für ein bestimmtes Geschlecht der Blüten ( $\chi^2$ -Test,  $p = 0,188$ ), während Honigbienen überproportional weibliche Blüten besuchten ( $\chi^2$ -Test,  $p \ll 0,001$ ) (Tab 3).

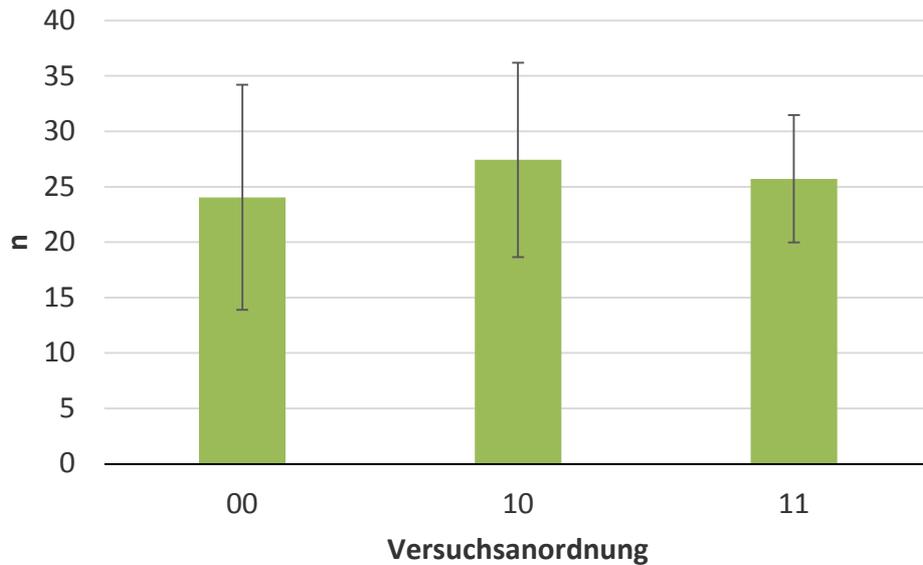
**Tab 3** Besuch von Hummeln und Honigbienen auf weiblichen und männlichen Kürbisblüten

	weiblich	männlich	Summe	w:m
Blütenangebot	569	1488	2057	2,62
<i>Bombus</i> sp.	60	189	249	3,15
<i>Apis mellifera</i>	439	722	1161	1,65

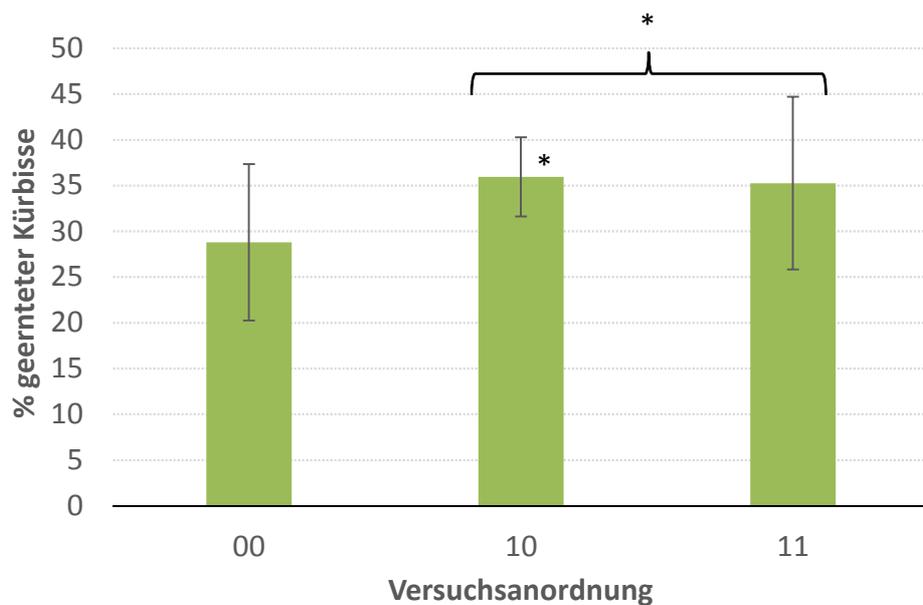
### 3.2. Kürbisertrag

#### 3.2.1. Kürbisanzahl pro Fläche

Über alle Jahre und Untersuchungsgebiete war die Kürbisanzahl auf den Untersuchungsfeldern mit Blühstreifen (10 und 11) leicht, aber nicht signifikant erhöht. (Abb. 6). Der Anteil der 10-Felder und der Anteil aller Untersuchungsfelder mit Blühstreifen (10 und 11) an der Kürbisanzahl pro Untersuchungsregion und -jahr war signifikant höher als auf den Kontrollfeldern (Abb. 7) (t-test, 00:10:  $p = 0,028^*$ ; 00:(10+11):  $p = 0,026^*$ ).



**Abb. 6** Kürbisanzahl pro 16m<sup>2</sup> bei verschiedenen Versuchsanordnungen auf allen untersuchten Untersuchungs- und Kontrollfeldern (n = 54).



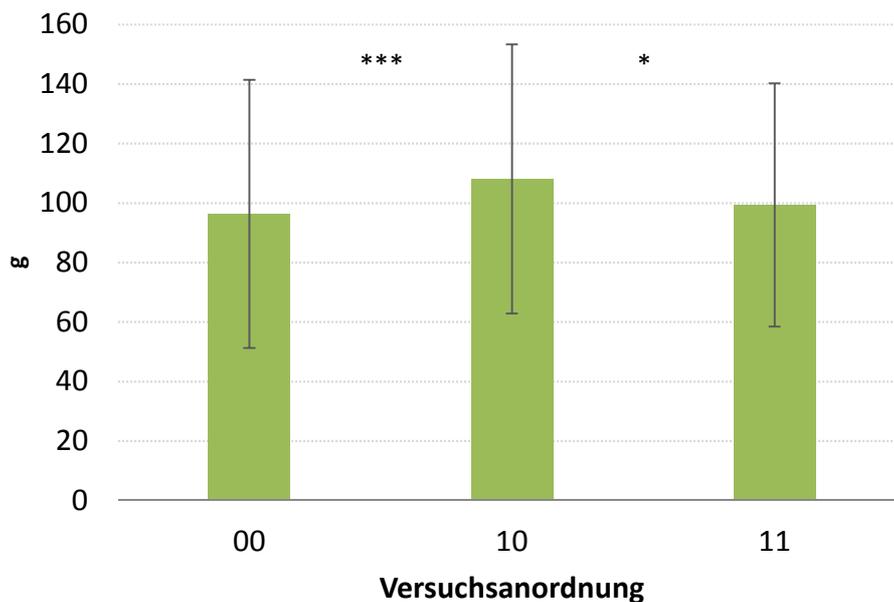
**Abb. 7** Kürbisanzahl pro 16m<sup>2</sup> bei den verschiedenen Versuchsanordnungen. Mittelwert aller Untersuchungs- und Kontrollfelder mit Ausschluss der Untersuchungsflächen mit hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n = 51).

### 3.2.2. Kürbiskerngewicht

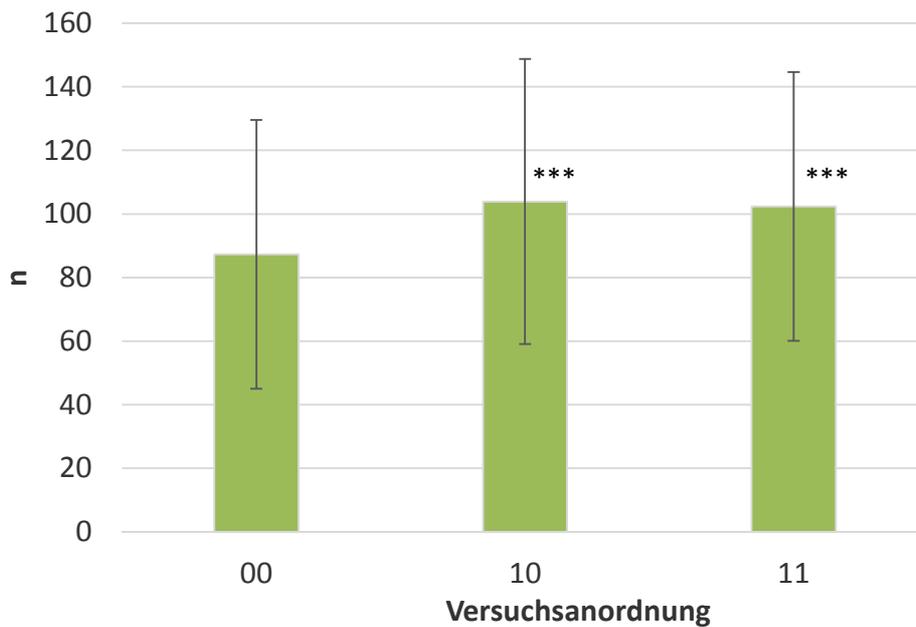
#### 3.2.2.1. Kürbiskerngewicht nass pro Kürbis

Eine getrennte Trocknung aller 1295 Kürbiskernfraktionen war technisch nicht durchführbar. Daher wurde das Trockengewicht der Kürbiskerne auf der Ebene der Untersuchungsflächen verglichen, das Nassgewicht jedoch pro Kürbis. Das mittlere Kürbiskerngewicht nass pro Kürbis unterschied sich zwischen einzelnen Versuchsanordnungen signifikant (Kruskal-Wallis-test,  $p = 0,001$ ; paarweiser Vergleich (Dunn-Bonferroni): 00:10,  $p = 0,001$ ,  $r = 0,121$ ; 00:11 n.s, 10:11,  $p = 0,011$ ,  $r = 0,097$ ). Es konnte also nur ein signifikanter Unterschied zwischen den 10-Feldern und den Kontrollfeldern gefunden werden. Die 11-Felder unterschieden sich nicht signifikant von den Kontrollfeldern, dafür aber von den 10-Feldern.

Nach Ausschluss sehr hummelreicher Untersuchungsorte (Abb. 9) war das Kürbiskerngewicht sowohl auf 10-Feldern als auch auf 11-Feldern hoch signifikant verschieden von den Kontrollfeldern (Abb. 9), während sich 10- und 11-Felder nicht signifikant unterschieden (Kruskal-Wallis-test,  $p < 0,001$ , paarweiser Vergleich (Dunn-Bonferroni): 00:10,  $p < 0,001^{***}$ ,  $r = 0,169$ , 00:11,  $p < 0,001^{***}$ ,  $r = 0,165$ , 10:11 n.s.).



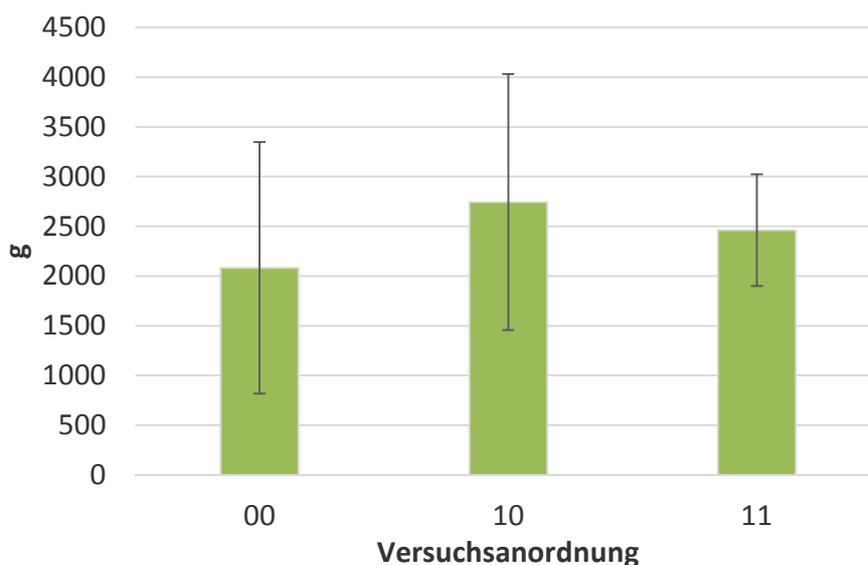
**Abb. 8** Mittleres Kürbiskerngewicht nass pro Kürbis aller Untersuchungsjahre bei Kontrollfeldern (00), Standorten mit Früh- (10) und Spätmahd (11) ( $n = 1295$ ).



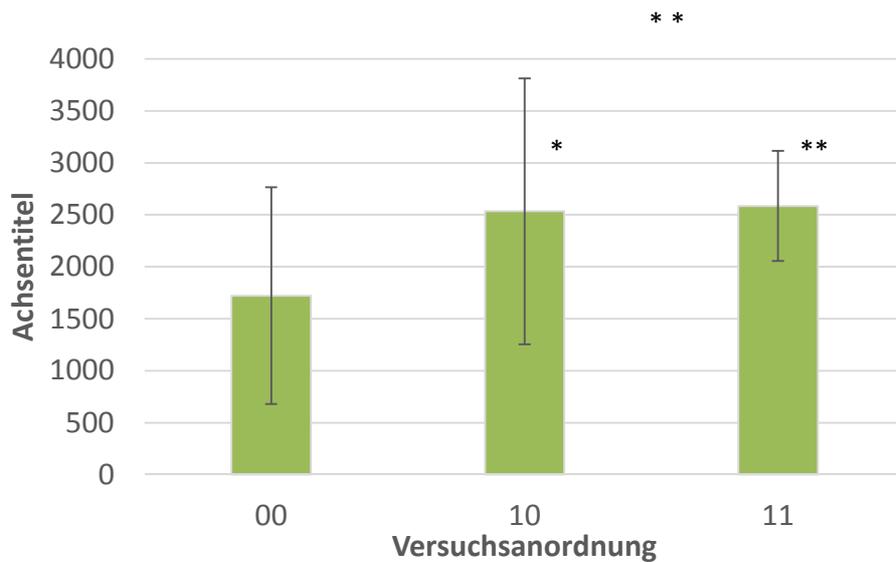
**Abb. 9** Mittleres Kürbiskerngewicht nass pro Kürbis aller Untersuchungsjahre bei Kontrollfeldern (00), Standorten mit Früh- (10) und Spätmahd (11). Mittelwert aller untersuchten Felder mit Ausnahme der Untersuchungsfelder mit sehr hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n = 1044).

### 3.2.2.2. Kürbiskerngewicht nass pro Fläche

Das Kürbiskerngewicht pro Fläche wurde durch die Anlage von Blühstreifen nicht signifikant erhöht. (Abb. 10). Da die Kontrollfelder eine hohe Varianz aufwiesen, wurde die Analyse wiederum ohne die Felder mit hoher Hummelabundanz wiederholt (Abb. 11). Dadurch ergab sich ein signifikant erhöhter Kürbiskernertrag pro Fläche in Felder mit Blühstreifen (t-test: 00:10,  $p = 0,034^*$ , 00:11,  $p < 0,01^{**}$ , 00:(10+11),  $p < 0,01^{**}$ ).



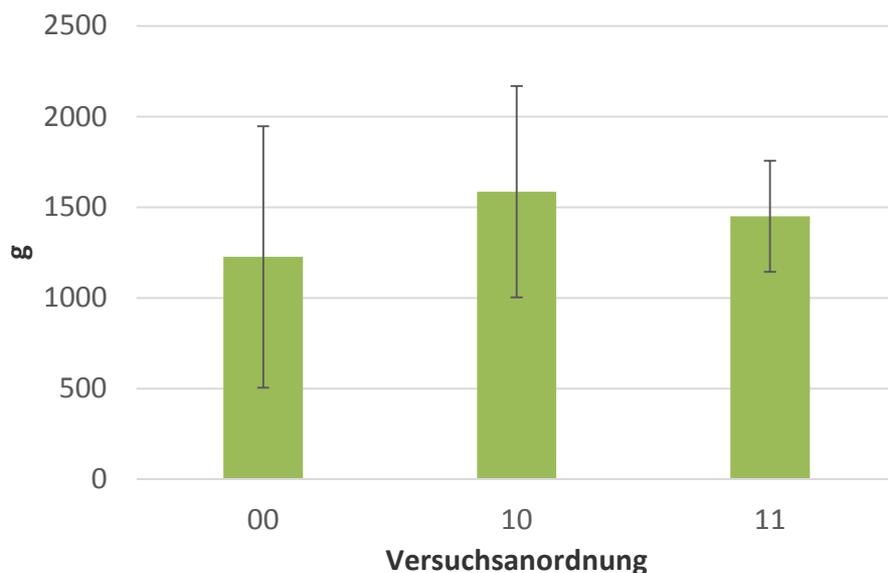
**Abb. 10** Kürbiskerngewicht nass pro 16m<sup>2</sup> bei Kontrollfeldern (00) und Standorten mit Früh- (10) und Spätmahd (11) (n = 54).



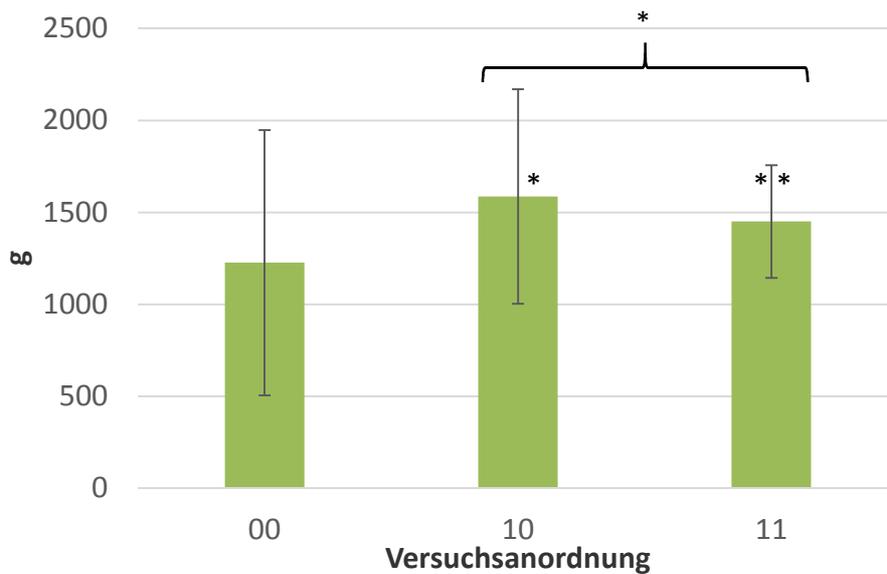
**Abb. 11** Kürbiskerngewicht nass pro 16m<sup>2</sup> bei Kontrollfeldern (00), Standorten mit Früh- (10) und Spätmahd (11). Mittel aller Untersuchungs- und Kontrollfelder mit Ausnahme der Felder mit sehr hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n = 51).

### 3.2.2.3. Kürbiskerngewicht trocken

Daten für das Trockengewicht der Kürbiskerne wurden für jedes der 27 Untersuchungsfelder zusammengefasst (Abb. 12). Die Unterschiede zwischen den Versuchsanordnungen waren nicht signifikant. Wurden Untersuchungsfelder mit sehr hoher Hummeldominanz aus dem Datensatz entfernt, ergaben sich signifikante Unterschiede sowohl für die 10- als auch die 11-Felder im Vergleich zu den Kontrollfeldern. (Abb. 13) (t-test: 00:10,  $p = 0,029^*$ ; 00:11,  $p = 0,009^{**}$ ; 00:(10+11),  $p = 0,012^*$ )



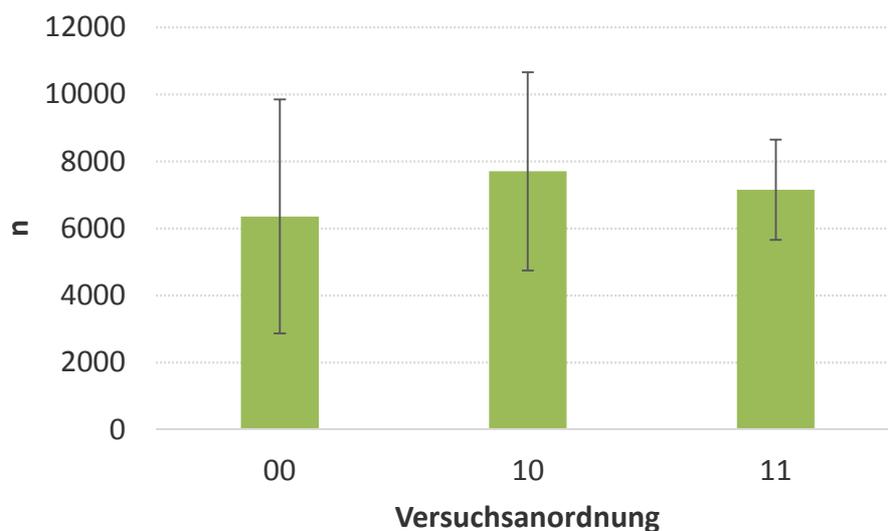
**Abb. 12** Trockengewicht der Kürbiskerne pro 16m<sup>2</sup> aller Untersuchungs- und Kontrollfelder (n = 54).



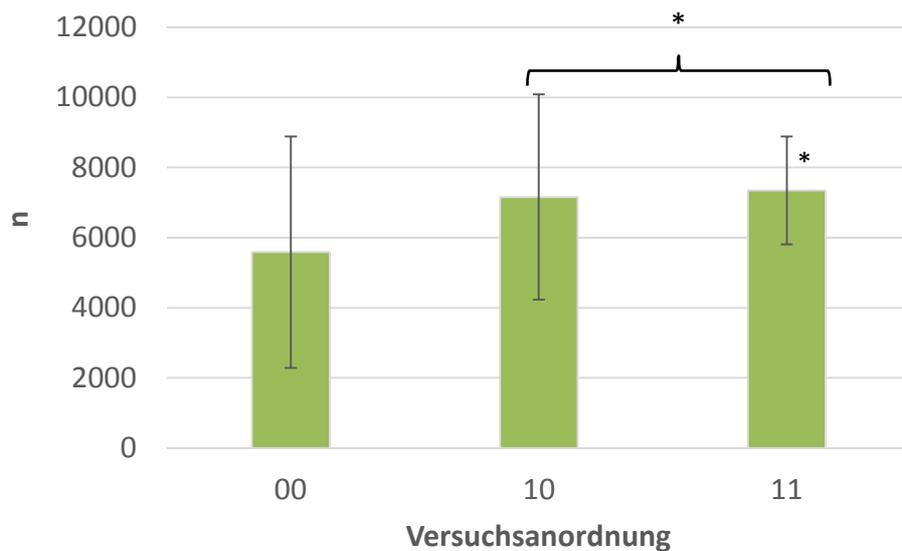
**Abb. 13** Trockengewicht der Kürbiskerne pro 16m<sup>2</sup>. Mittel aller Untersuchungs- und Kontrollfelder mit Ausnahme der Felder mit sehr hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n = 51).

### 3.2.3 Kürbiskernanzahl

Aus dem Trockengewicht pro Fläche und dem 1000-Korngewicht (s. 3.2.5) wurde die Kürbiskernanzahl pro 16m<sup>2</sup> errechnet. Wieder zeigte sich ein Trend zu höheren Werten auf den Feldern mit Blühstreifen unterhalb des Signifikanzniveaus (Abb. 14). Nach Ausschluss der Untersuchungsfelder mit sehr hohen Hummelabundanz (Abb. 15) waren jedoch die Differenz von 00:11 (t-test,  $p = 0,038$ ) und die Differenz der Felder ohne Blühstreifen (00) zu den zusammengefassten Feldern mit Blühstreifen (10+11) signifikant (Mann-Whitney-U-test,  $p = 0,046$ ).



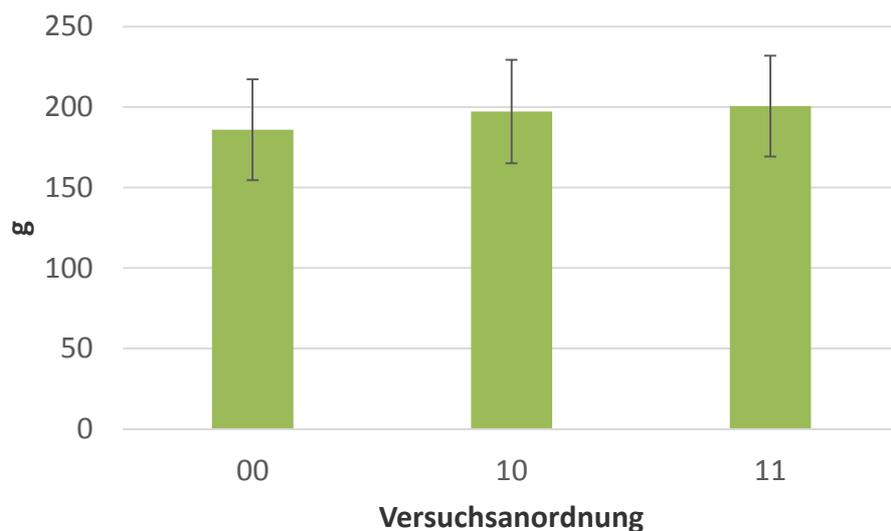
**Abb. 14** Kürbiskernanzahl pro 16m<sup>2</sup>. Mittel aller Untersuchungs- und Kontrollfelder (n = 54)



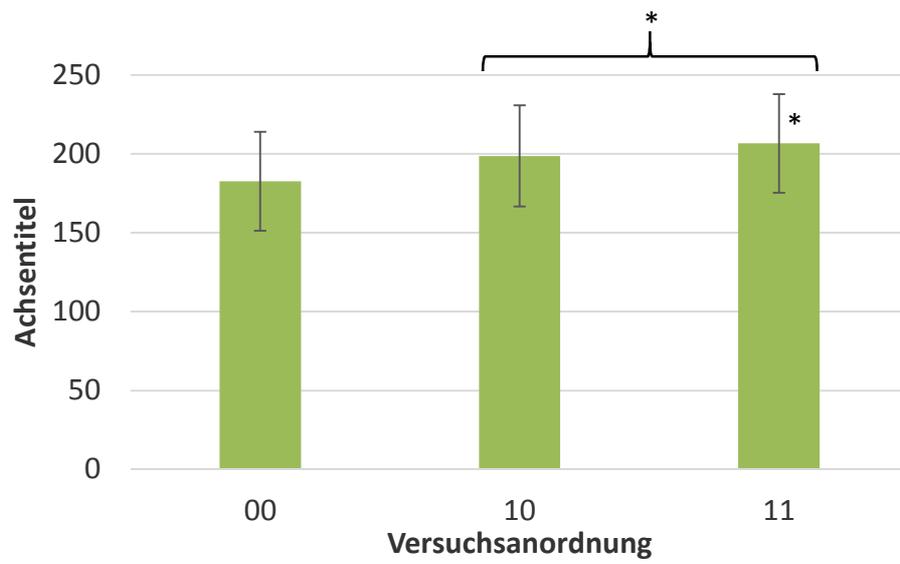
**Abb. 15** Kürbiskernanzahl pro 16m<sup>2</sup>. Mittel aller Untersuchungs- und Kontrollfelder mit Ausnahme der Felder mit sehr hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n = 51)

### 3.2.4 Tausendkorngewicht

Das Tausendkorngewicht zeigte eine Tendenz zu höheren Werten auf den Feldern mit Blühstreifen (10 und 11) gegenüber den Kontrollfeldern (00) (Abb. 16). Bei Ausschluss der Untersuchungsgebiete mit sehr hohen Hummeldichten waren Tausendkorngewichte der Spätmahdfelder sowie aller Felder mit Blühflächen zusammen (10+11) signifikant höher als auf den Kontrollfeldern (t-test: 00:11,  $p = 0,014$ ; 00:(10+11),  $p = 0,028$ ) (Abb. 17).



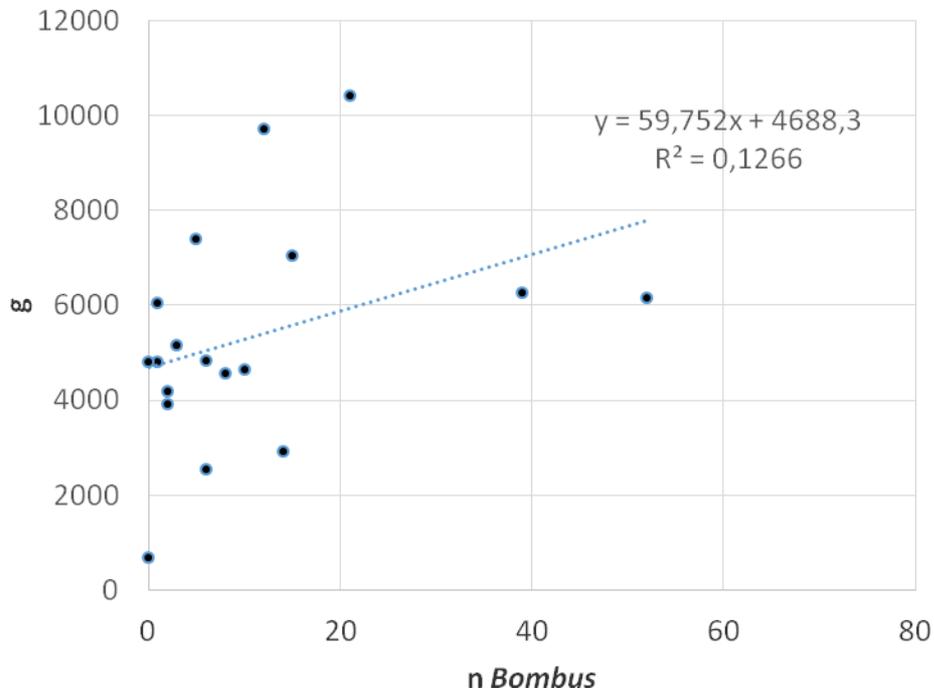
**Abb. 16** Tausendkorngewicht bei den verschiedenen Versuchsanordnungen. Mittelwerte aller Untersuchungs- und Kontrollfelder (n = 54).



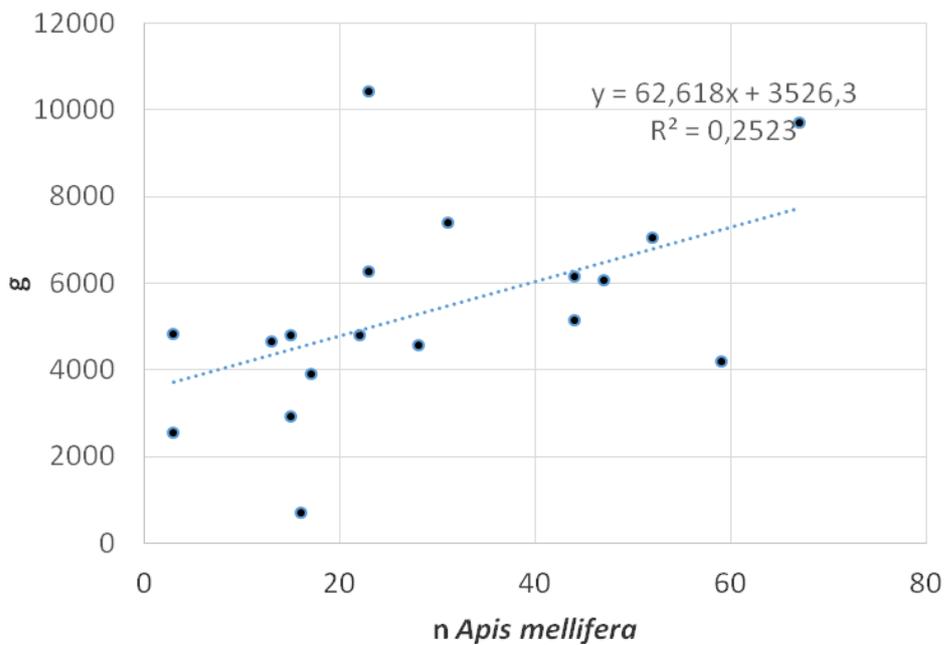
**Abb. 17** Tausendkorngewicht bei den verschiedenen Versuchsanordnungen mit Ausnahme der Untersuchungsfelder mit sehr hoher Hummeldichte (s. 2.2.3) (n = 51).

### 3.3 Blütenbesuch und Kerngewicht

Bei Hummeln und Honigbienen ist ein positiver Zusammenhang von Blütenbesuchen und Kürbiskerngewicht pro Fläche feststellbar. Dieser ist bei den Hummeln weniger stringent als bei Honigbienen (Abb. 18 und 19)



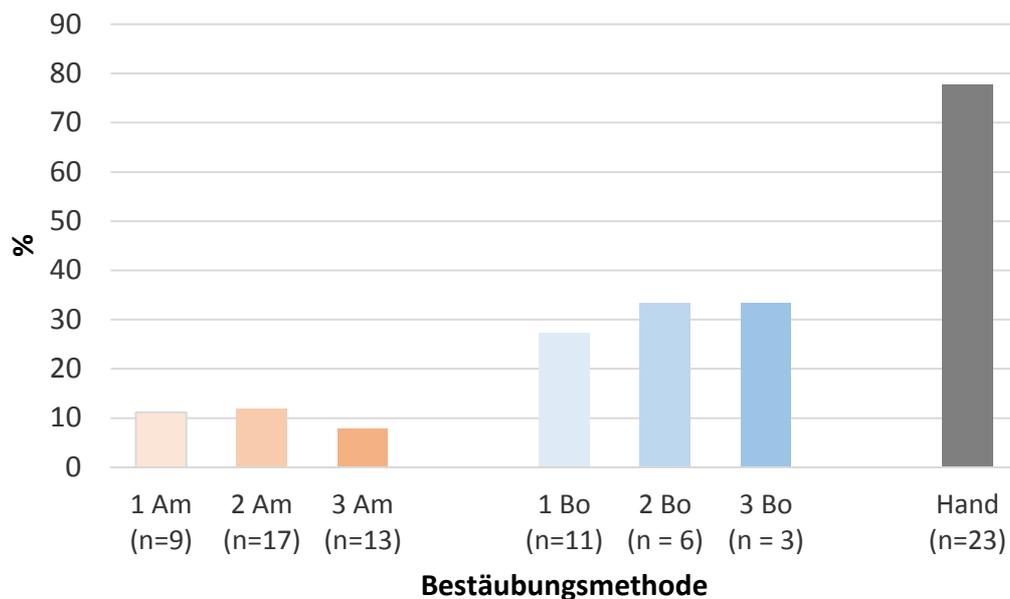
**Abb. 18** Hummelbeflug und Kürbiskerngewicht pro 16m<sup>2</sup>auf den einzelnen Versuchsfeldern.



**Abb. 19** Honigbienenbeflug und Kürbiskerngewicht pro 16m<sup>2</sup>auf den einzelnen Versuchsfeldern.

### 3.4 Bestäubungseffizienz von Hummeln und Honigbienen

Nur 10% aller Kürbisblüten, die von ein bis drei Honigbienen besucht wurden, entwickelten sich zu Kürbissen, bei von Hummeln bestäubten Blüten lag dieser Wert bei ca. 33%. Fast 80% der handbestäubten Kürbisblüten entwickelten sich zu einer Frucht (Abb. 20).



**Abb. 20** Anteil ausgereifter Kürbisse bei Anwendung verschiedener Bestäubungsmethoden

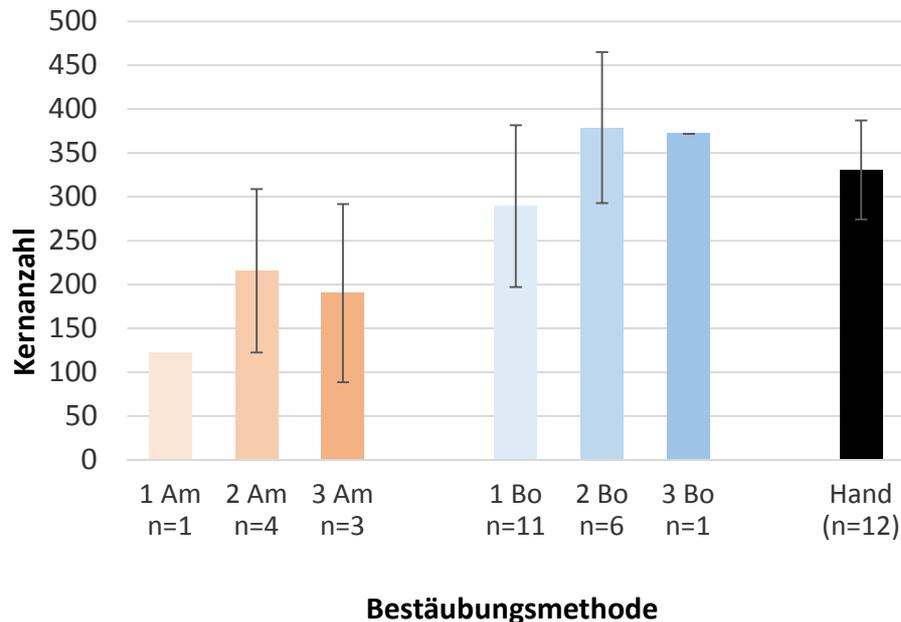
Am = *Apis mellifera*, Honigbiene;

1 Am = 1 Honigbienenbesuch, 2 Am = 2 Honigbienenbesuche...

Bo = *Bombus*, Hummel, 1 Bo = 1 Hummelbesuche, 2 Bo = 2 Hummelbesuche...

Hand = Handbestäubung, n = Stichprobenanzahl

Die ausgereiften, von Honigbienen bestäubten Kürbisse enthielten maximal ca. 200 Kerne. Die von Hummeln bestäubten Kürbisse enthielten mindestens 250 bis über 350 Kerne. Handbestäubte Kürbisse hatten im Durchschnitt 330 Kerne und unterschieden sich damit statistisch nicht von den hummelbestäubten Kürbissen (Abb. 21).



**Abb. 21** Kernanzahl ausgereifter Kürbisse bei Anwendung verschiedener Bestäubungsmethoden  
 Am: *Apis mellifera*, Honigbiene; Bo: *Bombus*, Hummel  
 Hand: Handbestäubung; n: Stichprobenanzahl

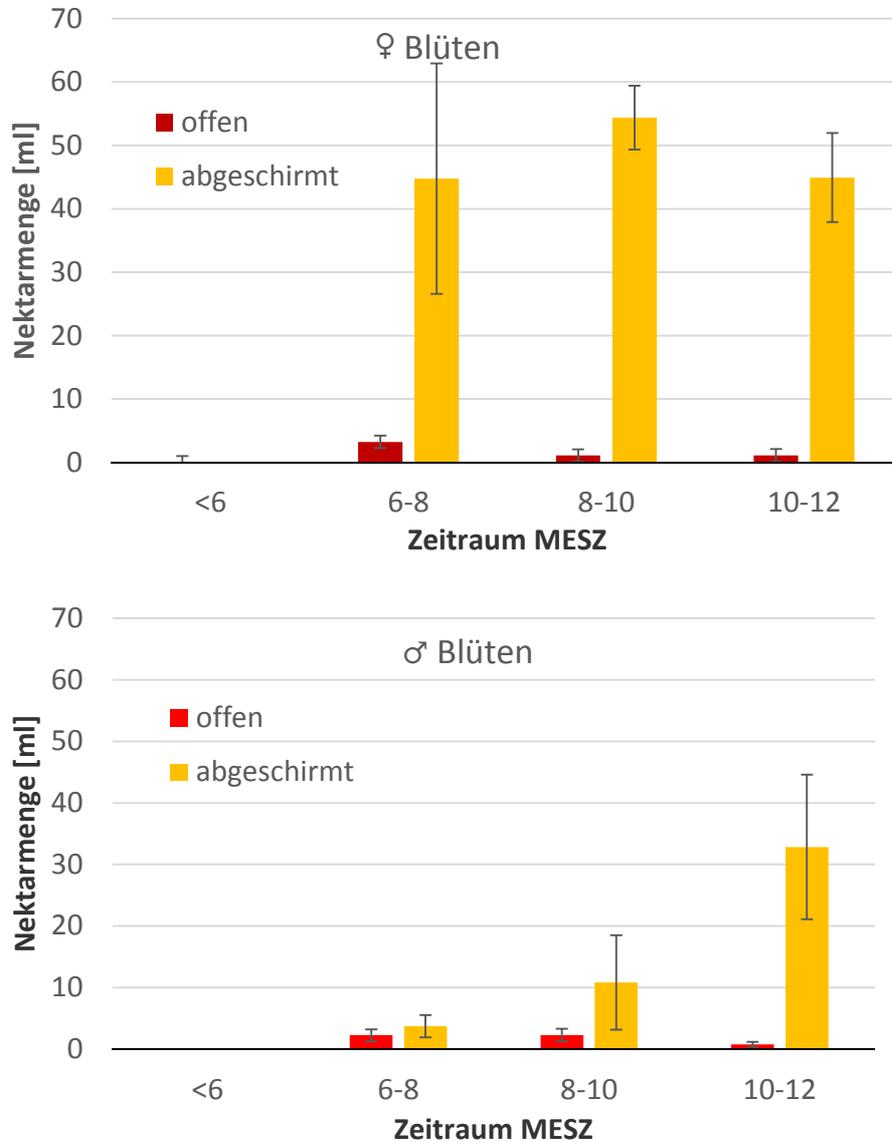
Der durchschnittliche Kernertrag pro weiblicher Blüte ergibt sich, indem man den Anteil der sich entwickelnden Blüten mit der Anzahl der in diesen befindlichen Kernen multipliziert (Abb. 20 und 21). Bei ein bis drei Honigbienenbesuchen entwickelten sich im Schnitt nicht mehr als 50 Kürbiskerne, bedingt vor allem durch den hohen Prozentsatz abgefallener Kürbisse. Bei einem Hummelbesuch entwickelten sich 70 und bei zwei oder drei ca. 120. Handbestäubung übertraf die Effektivität der Hummeln um das Zweifache aufgrund der Anzahl nicht ausreifender Kürbisse.

### 3.5. Nektarangebot von Blüten des Steirischen Ölkürbisses

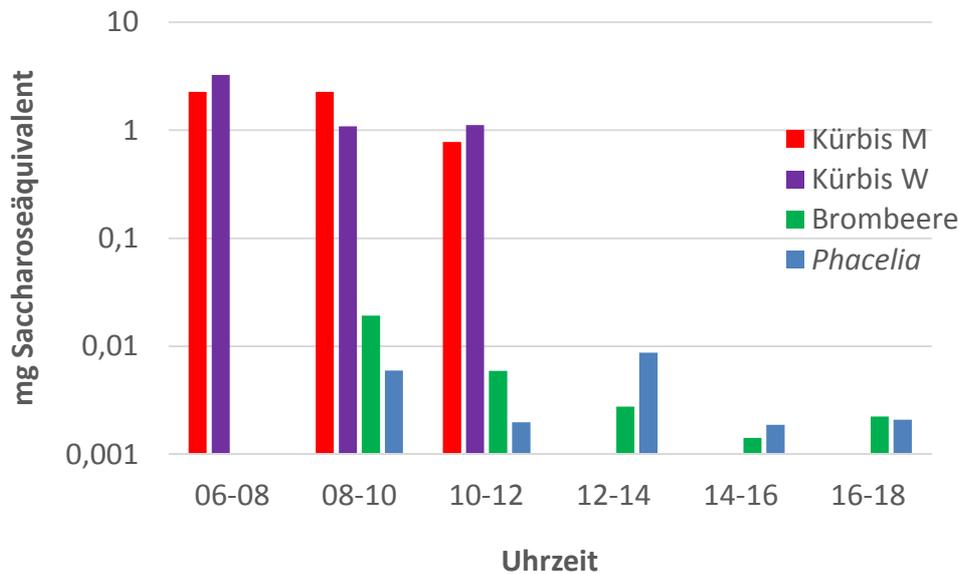
Die Blüten des Steirischen Ölkürbisses weisen im Vergleich zu allen anderen in unseren Breiten vorkommenden Blüten ein immens hohes Nektarangebot auf (Abb. 22). Das Nektarangebot ist bei weiblichen Blüten deutlich höher als bei männlichen Blüten. Bereits bei der Blütenöffnung vor 6h ist eine große Menge Nektar vorhanden. Die Nektarmenge steigert sich bis ca. 9h, um anschließend mehr oder weniger gleich zu bleiben. Das Nektarangebot männlicher Blüten hat ein späteres Maximum und ist vor allem am früheren Vormittag deutlich niedriger als das der weiblichen Blüten. Die Zuckerkonzentration des Nektars männlicher und weiblicher Blüten unterschied sich nicht ( $\sigma$ :  $42,25 \pm 9,25\%$ ;  $\text{♀}$ :  $41,43 \pm 11,61\%$ ) und variierte auch im Tagesverlauf kaum

Die große Differenz des Nektarangebots offener und abgeschirmter Kürbisblüten resultiert aus dem intensiven Blütenbesuch. Abb. 23 zeigt das Nektarangebot offener Kürbisblüten, das weit über dem

Angebot häufiger und intensiv beflogener Pflanzen wie Brombeeren (*Rubus aggr.*) und *Phacelia tanacetifolia* liegt.



**Abb. 22** Nektarangebot weiblicher und männlicher mit offenen und abgeschirmten Kürbisblüten.  
 ♀ abgeschirmt: n = 13, ♀ offen: n = 35, ♂ abgeschirmt: n = 16, ♂ offen: n = 37.



**Abb. 23** Nektarzuckerangebot offener weiblicher und männlicher Kürbisblüten im Vergleich zu anderen, für heimische Bestäuber attraktiven Nektarpflanzen

## 4. Diskussion

In ihrer amerikanischen Heimat werden Kürbisse vorwiegend von spezialisierten Kürbisbienen (*Peponapis* spp.) und Hummeln (*Bombus* spp.) bestäubt (TEPEDINO 1981, SHULER et al. 2005). In der Alten Welt kommen Kürbisbienen nicht vor und angebaute Kürbisse werden in Mitteleuropa von Hummeln, Honigbienen und anderen Bienengruppen bestäubt (GROBBAUER et al. 2017, FUCHS et al. 2004, SAEED et al. 2014). Nur von Kürbisbienen ist bekannt, dass sie den sehr großen und klebrigen Pollen für die Verproviantierung der eigenen Brut sammeln. Für andere Bienen ist dieser Pollen in hohem Maß abstoßend und gesundheitsschädlich (BROCHU et al. 2020). Das Sammeln von Kürbispollen durch Honigbienen wurde bis dato erst einmal erwähnt (NICODEMO et al. 2009). Auch in der vorliegenden Untersuchung konnte keine einzige Biene beim Pollensammeln an Kürbisblüten beobachtet werden.

Hummeln und Honigbienen besuchen die Kürbisblüten lediglich wegen des Nektarangebots und nehmen die Bepuderung mit reichlich Kürbispollen in Kauf, ohne ihn zu nutzen.

#### 4.1 Blütenbesuchsraten

Landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete zeigen oft ein artenarmes Blütenangebot und zu wenige Niststrukturen, um eine ausreichende Zahl an Wildbienen zu erhalten. Bestäubermangel ist die Folge, insbesondere bei Ackerkulturen mit hohem kurzzeitigem Bestäubungsbedarf aber wenig diversem Blütenangebot. Viele Kulturpflanzen können zwar von verschiedenen Bienenarten bestäubt werden. In der Realität ist es aber oft die Honigbiene. Honigbienen werden oft gezielt in die Nähe von Kulturen ausgebracht, aber nicht immer ist die Bestäubung durch Honigbienen allein für einen hohen Ernteertrag ausreichend. Einige Studien belegen die hohe Bestäubungseffizienz von Wildbienen (VICENS 2009, MALLINGER et al. 2015) oder, dass die gemeinsame Bestäubung durch Honig- und Wildbienen den Ertrag optimiert (BRITTAİN et al. 2013). Außerdem ist auch die Imkerei der letzten Jahrzehnte von Krisen geprägt (BERENBAUM 2014, BRODSCHNEIDER & CRAILSHEIM 2011, BM FÜR NACHHALTIGKEIT 2019, MORAWETZ et al. 2019). Dies steht einerseits im Zusammenhang mit der eingeschleppten Varroamilbe und anderen Bienenpathogenen, andererseits mit Pestiziden, vor allem den Neonicotinoiden (FISCHER et al. 2014).

Ein Spezialfall sind Kulturen, die zu einem hohen Prozentsatz von Hummeln abhängig sind, wie Kürbis, Käfer- oder Ackerbohne. Zwar können viele dieser Kulturen auch von Honigbienen bestäubt werden, diese müssen aber in sehr hoher Dichte vorkommen und decken oft nur einen Bruchteil der möglichen Bestäubung ab (BLITZER et al. 2016). Häufig werden von Landwirten zur Verbesserung der Bestäubung gezüchtete Hummelvölker zugekauft. Zu diesem Zweck wird fast ausschließlich *Bombus terrestris dalmatinus*, eine mediterrane Unterart der Dunklen Erdhummel gezüchtet und verkauft. Seit einigen Jahren wurde die Problematik der Faunenverfälschung (AIZEN et al. 2018, LECOCQ et al. 2015, TSUCHIDA et al. 2019) und der Verschleppung von Krankheitserregern (PEREIRA et al. 2019) erkannt.

Eine weitaus naturnähere Form der Bestäubungssicherung ist die Bereitstellung von Blütenangebot über Blühstreifen oder -flächen (SIDHU et al. 2016). Ziel dieser Blühflächen ist, Lebensgrundlagen für eine artenreichen Bestäuberfauna zu schaffen, die natürliche Schädlingsregulation zu fördern (TSCHUMI et al. 2016) und im Allgemeinen die Biodiversität des Standorts zu erhöhen(...). Um eine hohe Hummelpopulation zu erhalten, braucht es ein permanentes und über die Fläche verteiltes Blütenangebot während der ganzen Lebenszeit der Kolonien. Je nach Art dauert diese von April weg 3 bis 6 Monate. In der Tat ist von artenreichen Blüten-Bestäuber-Systemen eine hohe Redundanz und damit eine hohe Stabilität auch bei Ausfall wichtiger Partner bekannt (MEMMOTT et al. 2004, MINARRO et al. 2018). Je artenärmer Bestäubungssysteme sind, desto weniger redundant und damit krisenanfälliger werden sie (BURKLE et al. 2017). Direkte Auswirkungen von Blühflächen auf den Ernteertrag wurden bisher bei Tomaten nachgewiesen (BALZAN et al. 2016), bei Erdbeeren erhöhte sich die Anzahl der Bestäuberbesuche (FELTHAM et al. 2015). Bei Gurken konnte keine Auswirkung der Wildblumenstreifen auf die Ernte festgestellt werden (QUINN et al. 2017), bei Wassermelonen in Spanien war zwar die Besuchsrate erhöht, nicht aber die Erntemenge (AZPIAZU et al. 2020).

Im Fall von Kürbisblüten unterscheiden sich Hummeln und Honigbienen in ihrem Blütenbesuchsverhalten deutlich. Die Abundanz von Hummeln und Honigbienen an Kürbisblüten

variierte sowohl zwischen den Untersuchungsregionen (Abb. 1) als auch zwischen den Jahren (Abb. 2) sehr stark. Die übrigen Blütenbesucher fielen weder quantitativ ins Gewicht noch stellen sie relevante Kürbisbestäuber dar (SHULER et al. 2005, JULIER et al. 2009). Die Varianz der erfassten Honigbienen hängt von der Zahl der im Umkreis befindlichen Bienenstöcke und dem gleichzeitig zur Verfügung stehenden Blütenangebot ab. Bei Hummeln ist vor allem das Wetter zur Zeit der Nestgründung im März/April ein wesentlicher Faktor (HAGEN & AICHORN 2014). Andererseits spielen sicher weitere, in ihrer Größenordnung noch kaum verstandene, Faktoren eine große Rolle (Sozialparasitische Kuckuckshummeln, Parasiten, Ernährungslage...). Auch die Wetterverhältnisse während der Kürbisblüte sind ausschlaggebend für den Bestäubungserfolg. Hummeln fliegen früher in der Morgendämmerung (KAPUSTJANSKIJ et al. 2007) und bei kühlerem Wetter als Honigbienen, was erklärt, wieso die Abundanzen von Hummeln und Honigbienen voneinander unabhängig waren (Abb. 3). Da die Beobachtungen aus Gründen besserer Vergleichbarkeit nur bei Schönwetter stattfanden, fallen beide Faktoren hier nicht ins Gewicht.

Die Blühstreifen hatten eine signifikante Auswirkung auf den Blütenbesuch von Honigbienen an Kürbisblüten (Abb. 4). Bei Hummeln war diese Auswirkung ebenfalls signifikant, wenn sehr hummelreiche Regionen von der Analyse ausgeschlossen wurden. In strukturreichen Landschaften mit hoher Hummelabundanz werden Hummeln wegen des hohen Nektargehalts der Kürbisblüten (Abb. 23) angelockt und finden ihre Pollennahrung im Umfeld. Bei niedrigen bis mittleren Hummeldichten sind die Blühstreifen als Anlockung und als Pollenquelle hoch attraktiv.

Hummeln nutzten sowohl männliche als auch weibliche Blüten, während Honigbienen männliche Blüten mieden und überproportional weibliche Blüten besuchten (Tab 1). Weder Hummeln noch Bienen sammelten Kürbispollen. Kürbispollen ist für die meisten nicht spezialisierten Bienen kaum nutzbar und kann teilweise massive Gesundheitsprobleme bei einigen Bienenarten erzeugen (BROCHU et al. 2020). Die gezielte Vermeidung männlicher Blüten könnte ein möglicher Grund sein, warum Honigbienen im Vergleich zu Hummeln wenig Pollen übertragen. Außerdem wird aufgrund der geringeren Körpergröße bei der Honigbiene der Pollen nur an einem Sektor des Fruchtknotens übertragen (NEPI & PACINI 1993). VIDAL et al. (2010) geben an, dass für eine ausreichende Kürbisbestäubung zumindest 12 Honigbienenbesuche nötig sind. Hummeln dagegen bewegen sich meist um den ganzen Fruchtknoten herum, wenn sie durch alle Saftspalten der Blüte den Nektar saugen, was die Bestäubungseffizienz erhöhen dürfte.

Das Verhältnis von männlichen und weiblichen Blüten von 2,62 : 1 ergibt sich durch die Auswahl der Untersuchungsflächen: nur Flächen die zumindest eine weibliche Blüte enthielten wurden untersucht. Bei einer anderen Sorte Kürbis lag das Verhältnis männlicher zu weiblicher Blüten bei 8:1. (NEPI & PANCINI 1993). VIDAL et al. (2006) fanden dagegen ein Verhältnis von 16:1 während der Hauptblütezeit und 23:1 über die gesamte Blütezeit. Eine Kürbispflanze produziert im Schnitt 3,5 bis 5,4 weibliche Blüten pro Pflanze (STAPLETON et al., 2000) Im Fall der Ölkürbispflanze erreichen im Schnitt aber nur zwei Früchte einen Reifegrad mit ausgereiften Samen (Johanna Hütter, mündliche Information). Dies

bedeutet, dass in der kurzen Blütenöffnungszeit von 4-5 Stunden ausreichend Pollenübertragung stattfinden muss um zumindest 50% aller vorhandenen Blüten zu bestäuben

#### 4.2 Kürbiskernertrag

Das Anlegen von Blühstreifen in direkter Nähe zu Kürbisfeldern hat positive Auswirkungen auf alle von uns erfassten Parameter. Unabhängig davon, ob der Blühstreifen mit Beginn der Kürbisblüte (10er-Felder) oder im nachfolgenden Herbst gemäht wurde erhöhten sich das Nassgewicht der Kerne (ca. +20%), das Trockengewicht der Kerne (ca. +20%), das 1000-Korngewicht (ca. +10%) und die Kernanzahl (+27%). Die Kernanzahl pro Kürbis ist das direkte Pendant des Bestäubungserfolgs, wohingegen das Kerngewicht von weiteren Faktoren abhängig ist (Ernährungszustand der Pflanze, Unkrautdruck, Feuchtigkeitsverhältnissen...). Mehr übertragene Pollenkörner erzeugen mehr Kürbiskerne, die dann auch schwerer sind. Das erhöhte Tausendkorngewicht kann aber nur in einer selektiv besseren Ernährung der besser bestäubten Kürbisse durch die Mutterpflanze liegen. Es ist bekannt, dass Mutterpflanzen Blüten mit hoher Pollenkonkurrenz bevorzugt ausreifen lassen. Die Nachkommen der in diesen Früchten erzeugten Samen sind vitaler (WINSOR et al. 1987). Die Daten lassen vermuten, dass sie diese Kürbisse dann auch besser ernähren.

Der für den bäuerlichen Betrieb relevante Faktor, der Mehrertrag an trockenen Kürbiskernen betrug im Schnitt 20%.

Die Auswirkung von Blühstreifen auf den Kürbisertrag wurde bisher nicht untersucht. AZPIAZU et al. (2020) fanden keine Steigerung des Wassermelonenertrags durch randliche einjährige Blühstreifen, doch sind Wassermelonen bestäubungsbiologisch stark von Kürbissen der Gattung *Cucurbita* verschieden. Zusätzlich ist zu bedenken, dass im Gegensatz zum Ölkürbisses es im Falle der Wassermelone die Frucht an sich, und nicht die Anzahl oder das Gewicht der Kerne, ausschlaggebend für den Ernteerfolg ist. Die Folgen des aktiven Einbringens von Hummeln oder Honigbienen in Kürbisfelder wurde aber bereits untersucht und zeigte verschiedene Ergebnisse: WALTERS & TAYLOR (2006) fanden heraus, dass das Aufstellen von Honigbienenenvölkern die Erntemengen an Kürbissen und Kürbiskernen bei verschiedenen Kürbisarten erhöhte. Das Ausmaß der Erhöhung war sortenabhängig, betrug im Schnitt aber 26%. Auch deutlich erhöhte Tausendkorngewichte wurden nachgewiesen, allerdings wurden in dieser Studie natürlich vorkommenden Kürbisblütenbesucher nicht erhoben. Dadurch ist keine seriöse Aussage über den Mehrertrag durch ausgebrachte Bienenvölker möglich. PETERSEN et al. (2013) fanden keine Auswirkungen zusätzlich ausgebrachter Hummel- oder Honigbienenenvölker auf den Kürbisertrag.

Die relativ hohe Varianz der Daten ist bei Freilandversuchen systemimmanent: Standortbedingungen können nicht stabil gehalten werden. Darüber hinaus war das Untersuchungsjahr 2018 aber gekennzeichnet von extremen Wetterereignissen: Nördlich des Alpenhauptkammes herrschte große Trockenheit, während südlich davon ungewöhnlich große Niederschlagsmengen verzeichnet wurden. Außerdem waren in der Untersuchungsregion Steiermark nur äußerst wenige Hummeln zu finden,

während in NÖ-West eine exorbitant hohe Hummeldichte im ganzen Gebiet festgestellt werden konnte. Die positiven Zusammenhänge von Ernteparametern und dem Vorhandensein von Blühstreifen waren 2019 durchgehend über alle Felder gegeben, 2018 aber nur, wenn die Region mit den hohen Hummeldichten aus der Analyse ausgeschlossen wurde.

Der Kürbiskernertrag pro Fläche zeigte sowohl mit der Anzahl der Blütenbesuche durch Honigbienen als auch durch Hummeln einen positiven Zusammenhang (Abb. 18 und 19). Beide tragen also offenbar zum Bestäubungserfolg bei.

#### **4.3 Bestäubungseffizienz von Hummeln und Honigbienen**

Direkte Handbestäubung mit dem Pollen von drei männlichen Kürbisblüten verschiedener Pflanzen wurde als Maß für den maximalen Kernertrag definiert. Zwei Hummelbesuche lieferten einen ähnlich hohen Effekt, bei einem einzelnen Hummelbesuch war der Ertrag nur unwesentlich niedriger (Abb. 20). Dagegen lag der Ertrag der ausgereiften Kürbisse nach ein bis drei Honigbienenbesuchen nur bei etwas mehr als 50% verglichen mit den Handbestäubungen, wobei sich kein Unterschied zwischen den Ergebnissen bei ein, zwei oder drei Honigbienenbesuchen zeigte. Weitaus gravierender ist jedoch, dass bei einem bis drei Honigbienenbesuchen der Großteil der Früchte abfielen (Abb. 21). Fraglich bleibt, warum bei ein bis drei Hummelbesuchen trotz hoher Kernanzahl nur etwa ein Drittel zu erntereifen Kürbissen entwickelte. Jedenfalls ist der Stichprobenumfang noch sehr niedrig und sollte vor weiteren Schlüssen deutlich erhöht werden. Ein Erklärungsansatz könnte darin liegen, dass mit wenigen Hummelbesuchen nur bei einem Teil der Besuche genug Pollen deponiert wurde, um alle Samenanlagen zu bestäuben, während Handbestäubung auf jeden Fall für einen Pollenüberschuss sorgt. Das bevorzugte Ausreifenlassen von Früchten mit starker Pollenkonkurrenz (WINSOR et al. 1987) könnte erklären, weshalb die ausgereiften Kürbisse nach einem bis drei Hummelbesuchen zwar die maximale Anzahl an entwickelten Pollenkörnern aufwiesen, aber trotzdem ein deutlich kleinerer Prozentsatz ausreifte als bei Handbestäubung.

Wenngleich der Kernertrag handbestäubter Blüten durch Hummelbestäubung nicht erreicht wurde, lag der Ertrag bei Bestäubung durch eine oder zwei Hummeln doch weit über dem der Honigbienen. VIDAL et al. (2010) erhielten den maximalen Kürbisertrag erst bei 12 Honigbienenbesuchen pro Blüte. Demgegenüber gehen SERRA & CAMPOS (2010) davon aus, dass bei der nah verwandten Kürbisart *Cucurbita maxima* bereits ein einmaliger Hummelbesuch für eine Fruchtbildung ausreicht, doch ein einmaliger Honigbienenbesuch nicht. Die Größenordnung von 12 Honigbienen zu einem oder zwei Hummelbesuchen erscheint in einer ersten Abschätzung durchaus nicht unrealistisch. Für eine bessere Datenbasis wären vor allem die Erträge von Blüten mit fünf bis zehn Honigbienenbesuchen und drei oder mehr Hummelbesuchen interessant.

#### **4.4. Nektarangebot von Blüten des Steirischen Ölkürbisses**

Kürbisse sind als extrem nektarreich bekannt. Die Größenordnung der Nektarmenge war für weibliche Blüten sehr ähnlich den Mengen, die NEPI et al. (2001) fanden. Allerdings wiesen die männlichen Blüten in der vorliegenden Untersuchung einen deutlich anderen Kurvenverlauf des Nektarangebots auf: Der Nectar standing crop männlicher Blüten lag bei NEPI et al. (2001) außer am Morgen immer um ca. 20% unter dem der weiblichen Blüten. Dagegen lag der Nektarzuckergehalt männlichen Blüten in der vorliegenden Untersuchung nur bei ca. 20% der weiblichen. Allerdings holten die männlichen Blüten gegenüber den weiblichen in der letzten Blühphase vor Mittag deutlich auf (Abb. 22). Da die Konzentrationen des Nektars bei männlichen und weiblichen Blüten vergleichbar waren, können sie nicht die Ursache für die Differenzen sein. Ein möglicher Grund für eventuelle Abweichungen vom Normalwert des Nektarangebots könnte sein, dass 2018, als die meisten Messungen durchgeführt wurden, bei den Messungen sehr große Hitze herrschte. Eine Verbreiterung der Datenbasis, die einen Ausschluss von Messungen bei extremen Wetterbedingungen ermöglicht, sollte ermöglichen abzuschätzen, ob die Differenzen zu den Messungen von NEPI et al. (2001) sortenspezifisch sind oder ein Artefakt bilden.

Ein Großteil des produzierten Nektars wurde von den Blütenbesuchern entnommen, so dass sich in den offenen männlichen und weiblichen Blüten vergleichbare Mengen an Nektarzucker fanden. Dieses Nektarzuckerangebot in offenen Blüten sank von der Blütenöffnung an kontinuierlich während des Tages leicht ab (Abb. 22 und 23), was sich auf den im Tagesverlauf zunehmenden Blütenbesuch zurückführen lässt. Da bei höherem Blütenbesuch mehr Nektar produziert wird, kann das System Schwankungen abpuffern (VIDAL et al. 2006). In jedem Fall aber ist das Nektarangebot des Kürbis so hoch, dass keine einzige einheimische Wildpflanze damit mithalten kann (Abb. 23). Ein Weglocken der Hummeln von den Kürbispflanzen ist absolut keine Gefahr. So wurde auch bei keinem Ertragsparameter des Kürbisses ein signifikanter Unterschied zwischen 10 und 11-Feldern gefunden. Im Gegenteil brauchen die Hummeln neben den Kürbisblüten, deren Pollen für sie nicht nutzbar ist, ergiebige Pollenquellen. Hummeln, die in den Blühstreifen Pollen sammeln, fehlen also nicht für die Kürbisbestäubung, sondern sind das notwendige Pendant, damit viele andere Arbeiterinnen eines Hummelvolkes den Kürbisnektar sammeln können. Pollen dient als Larvennahrung, während der (Kürbis)nektar lediglich die Energie zum Pollensammeln liefert.

#### **4.5. Erhöhung des Blütenangebots**

Die Notwendigkeit, durch naturnahe Blühstreifen ein Nahrungsangebot für Bestäuber zu schaffen, ist in Naturschutzkreisen unbestritten, seitdem immer klarer wird, wie stark der Rückgang an Fluginsektenbiomasse (HALLMANN et al. 2017) und -arten (SEIBOLD et al. 2019) bereits fortgeschritten ist. Der Fokus beim Anlegen eines Blütenangebots liegt zumeist auf der Schaffung einer Lebensgrundlage für wilde Blütenbesucher und Bestäuber (SIDHU et al. 2016, BALZAN et al. 2016, BURKLE et al. 2017, CAMPBELL et al. 2019) und der Verbesserung der natürlichen Schädlingsregulierung

(TSCHUMI et al. 2016). In ausgeräumten Landschaften nimmt die Populationsdichte heimischer Wildbestäuber stark ab, was auch in Zusammenhang mit reduzierter Pollenvielfalt steht (WOOD et al. 2019). Während also der ökologische Nutzen von Blühstreifen außer Frage steht und es in der fachlichen Diskussion eher um das „Wie“ als um das „Warum“ geht, gibt es nur wenige Hinweise, ob sich aus dem Verzicht auf einen Teil der Anbaufläche auch ein ökonomischer Mehrwert erzielen lässt. KREMEN et al. (2002) fanden heraus, dass auf naturnah oder biologisch wirtschaftenden Farmen die Bestäubung von Wassermelonen großteils oder zur Gänze von natürlich vorkommenden Bestäubern gesichert war. Das kann einerseits am geringeren Einsatz an Pestiziden liegen oder aber auch am höheren Blüten- und Nistplatzangebot. Auf intensiv wirtschaftenden Farmen war dies bei Weitem nicht der Fall. FELTHAM et al. (2015) wiesen eine höhere Blütenbesuchsrate in Erdbeerkulturen nach, die Wildblumenstreifen aufwiesen. Direkte Nachweise gesteigerter Erträge durch Blühstreifen werden in dieser Studie zum ersten Mal dokumentiert.

#### **Blühflächen sind für Hummeln als Kürbisbestäuber mehrfach wichtig:**

1. Sie locken Hummeln in die Nähe der Kürbisfelder, so dass diese auch sofort nach Blühbeginn anfangen Nektar zu sammeln
2. Sie stellen den unverzichtbaren Pollen zur Verfügung, den die Hummelvölker zur Larvenaufzucht brauchen.
3. Sie dienen als Trittsteinhabitat und Diversifizierungselement in der Landschaft. Ein Netz aus möglichst verschiedenen Flächen mit hohem Blütenangebot kann dafür sorgen, dass ganzjährig eine hohe Hummelpopulation in einer Region überleben kann. Die Untersuchungsregion NÖ-West ist relativ strukturreich und wies in beiden Untersuchungsjahren die größten Hummeldichten auf. Im Jahr 2018 war die Hummelabundanz sogar so hoch, dass zusätzliche Blühstreifen auf die Kürbisbestäubung in keine sichtbare Effekte zeigten.

Standardisierte, einjährig angesäte Blühstreifen sind weder aus Sicht des Naturschutzes noch der Landwirtschaft sinnvoll: durch Vereinheitlichung würde wiederum die Erhöhung der landschaftlichen und biologischen Diversität verhindert. Wünschenswert wären netzartig über die Landschaft verteilte Blühangebote in Form von Rainen, Wegrändern, weniger dicht besäten Ackerrändern, Wiesenstreifen, Hecken und Waldrändern. Diese müssten in einer solchen Breite von den Äckern abgepuffert sein, dass Dünger und Pestizide sie nicht erreichen. Letztlich wäre der Pflegeaufwand wohl niedriger und der Gewinn für die Natur aber auch für die Bestäubung von Feldfrüchten und Obst höher, wenn eine Anreicherung der Landschaft mit solchen Elementen von Landwirten, Jägern, Imkern, Tourismus und Kommunen gemeinsam mitgetragen würde. Damit würde man ein Problem grundsätzlicher lösen, das man durch den Zukauf von Bestäubung über Imker oder gekaufte Hummelvölker nur symptomatisch bekämpft.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

- Das Anlegen von Blühstreifen an Kürbisfeldern erhöht die Bestäuberabundanz
- Hummeln und Honigbienen sind in Mitteleuropa die einzigen Bestäuber von Kürbissen; Honigbienen sind allerdings nur bei sehr hoher Dichte relevant.
- Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen Bestäubungseffizienz und Anzahl der Kerne im reifen Kürbis.
- Die Kernanzahlen hummelbestäubter Kürbisse sind deutlich höher als die honigbienenbestäubter Kürbisse
- Durch die Anlage von Blühstreifen erhöht sich das Kernertrag (nass, trocken, Tausendkorngewicht) zum Erntezeitpunkt
- Die Effekte des Blühstreifens sind am stärksten in Gebieten in denen die Anzahl von Hummelpopulationen generell niedriger ist, in Gebieten mit hohen Populationsdichten sind die Effekte geringer.
- Honigbienen bevorzugen weibliche Kürbisblüten aufgrund des hohen Nektarangebots.
- Wenn eine Kürbisblüte von einer einzelnen Hummel bestäubt wird, ist der Kernertrag pro ausgereiftem Kürbis vergleichbar mit einer optimalen Handbestäubung
- Die Kernanzahlen hummelbestäubter Kürbisse sind deutlich höher als die bienenbestäubter Kürbisse

### Ausblick

Um die Aussagekraft der bisherigen Ergebnisse weiter abzusichern, konnte das Projekt um zwei weitere Jahre verlängert werden. Wurde 2018-19 vorrangig untersucht, welche Auswirkungen Blühstreifen entlang der untersuchten Kürbisfelder auf die Kürbisblütenbestäubung haben, so wird 2020-21 verstärktes Augenmerk auf die Effizienz der unterschiedlichen Bestäuberinsekten gelegt und untersucht, welche Wildbienenarten besonders gute Bestäuberinnen sind.

## 6. Danksagung

Die Studie wurde aus Mitteln des Bienenschutzfonds von HOFER KG und | **naturschutzbund** | Österreich in Kooperation mit Estyria Naturprodukte GmbH finanziert. Wir bedanken uns herzlich!

Insbesondere danken wir Herrn Prokurist Franz Wagnes, Herrn Erich Meißel und dem Estyria-Geschäftsführer Mag. Wolfgang Wachmann für das Interesse an der Thematik, die Möglichkeit der Projektvorstellung bei den Bauernfortbildungen und unkomplizierte Hilfestellungen während der Projektdurchführung, ebenso wie der Projektleiterin des Bienenschutzfonds, Frau Ingrid Hagenstein (Naturschutzbund), für die Koordination und Abwicklung der formalen Erfordernisse, für die Öffentlichkeitsarbeit und die beherzte Unterstützung.

Wir bedanken uns weiters bei den Kürbisbauern Erich Thier, Johanna Hütter, Alfred Hammer, Christian Stadler, Josef Steininger und Stefan Köcher für das lebhafte Interesse am Projekt und die Begeisterung, die sie den Blühstreifen entgegen brachten;

Wir bedanken uns auch beim Biologen Adrian Wolfgang, MSc für das Korrekturlesen, kritische Fragen und Hilfestellungen bei der Statistik.

## 7. Literatur

- AIZEN, M.A.; SMITH-RAMÍREZ, C.; MORALES, C.L.; VIELI, L.; SÁEZ, A.; BARAHONA-SEGOVIA, R.M.; ARBETMAN, M.P.; MONTALVA, J. GARIBALDI, L.A.; INOUE, D.W.; & HARDER, L.D. (2019): Coordinated global species-importation policies are needed to reduce serious invasions globally: the case of alien bumble bees in South America. - *Journal of Applied Ecology* **56**: 100–106.
- AZPIAZU, C.; MEDINA, P.; ADÁN, A.; SÁNCHEZ-RAMOS, I.; DEL ESTAL, P.; FERERES, A. & VIÑUELA, E. (2020): The Role of Annual Flowering Plant Strips on a Melon Crop in Central Spain. Influence on Pollinators and Crop. - *Insects* **11**, 66; DOI:10.3390/insects11010066, 21pp.
- BALZAN, M.V.; BOCCI, G. & MOONE, A.-C. (2016): Utilisation of plant functional diversity in wildflower-strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **158**: 304–319.
- BERENBAUM, M.R. (2014): Bees in Crisis: Colony Collapse, Honey Laundering, and Other Problems Bee-Setting American Apiculture. - *Proceedings of the American Philosophical Society*, **158** (3) 229–247.
- BLITZER, E.; GIBBS, J.; PARK, M.G. & DANFORTH, B. (2016): Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities. - *Agriculture Ecosystems & Environment* **221**: 1-7.
- BRITAIN, C.; WILLIAMS, N.; KREMEN, C. & KLEIN, A.-M. (2013). Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B*. **280**: 20122767, DOI: 10.1098/rspb.2012.2767.
- BROCHU, K.K.; VAN DYKE, M.T.; MILANO, N.M.; PETERSEN, J.D.; MCART, S.H.; NAULT, B.A.; KESSLER, A. & DANFORTH, B.N. (2020): Pollen defenses negatively impact foraging and fitness in a generalist bee (*Bombus impatiens*: Apidae). - *Scientific Reports* **10**: 3112. DOI: 10.1038/s41598-020-58274-2.
- BRODSCHNEIDER, R. & CRAILSHEIM, K. (2011) Völkerverluste der Honigbiene: Risikofaktoren für die Bestäubungssicherheit in Österreich. *Entomologica Austriaca* **18**: 73-86.
- BM (BUNDESMINISTERIUM) FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS (2019): Zukunft Biene. Grundlagenforschungsprojekt zur Förderung des Bienenschutzes und der Bienengesundheit, 2. Aufl 2019, 8pp. [http://www.zukunft-biene.at/wp-content/uploads/2018/10/Broschuere\\_Zukunft\\_Biene\\_VERSION2\\_Druck\\_FINAL.pdf](http://www.zukunft-biene.at/wp-content/uploads/2018/10/Broschuere_Zukunft_Biene_VERSION2_Druck_FINAL.pdf) [22.3.2020].
- BURKLE, L.A.; CASEY, M. D. & O'NEILL, K.M. (2017): A dual role for farmlands: food security and pollinator conservation - *Journal of Ecology* **105**: 890–899.
- CAMPBELL, J.; KIMMEL, C.B.; GRODSKY, S.M.; SMITHERS, C.; DANIELS, J.C. & ELLIS, J.D. (2019): Wildflower plantings harbor increased arthropod richness and abundance within agricultural areas in Florida (USA). - *Ecosphere* **10** (10), e02890, <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ecs2.2890>
- FELTHAM, H.; PARK, K.; MINDERMAN, K. & GOULSON, D. (2015): Experimental evidence that wildflower strips increase pollinator visits to crops. - *Ecology and Evolution* **5** (16): 3523–3530.
- FISCHER, J.; MÜLLER, T.; SPATZ, A.-K.; GREGGERS, U.; GRÜNEWALD, B. et al. (2014): Neonicotinoids Interfere with Specific Components of Navigation in Honeybees. - *PLoS ONE* **9**(3): e91364. DOI:10.1371/journal.pone.0091364.
- FUCHS, R. & MÜLLER, M. (2004): Pollination Problems in Styrian Oil Pumpkin Plants: Can Bumblebees be an Alternative to Honeybees? - *Phyton (Horn, Austria)* **44**: 155-165.

- GROBBAUER, K.; STRAUSS, B. & BRODSCHNEIDER, R. (2017): Präferenz unterschiedlicher Arten der Gattung *Bombus* (Hymenoptera: Apidae) sowie anderer Bestäuber für Blüten des steirischen Ölkürbisses. - *Entomologica Austriaca* **24**: 49-63.
- HAGEN, E. & AICHHORN, A. (2014): Hummeln: bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen. 6. Aufl., Nottuln, 360pp.
- HEß, D. (2019): Die Blüte. – 3. Aufl., Stuttgart, 416pp.
- HALLMANN, C.A.; SORG, M.; JONGEJANS, E.; SIEPEL, H.; HOFLAND, N.; SCHWAN, H.; STENMANS, W.; MÜLLER, A.; SUMSER, H.; HÖRREN, T.; GOULSON, D.; DE KROON, H (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLoS ONE* **12**(10): e0185809. DOI: 10.1371/journal.pone.0185809.
- HURD, P.D.; LINSLEY, E.G. & WHITAKER, T. (1971): Squash and Gourd Bees (*Peponapis*, *Xenoglossa*) and the Origin of the Cultivated *Cucurbita*. - *Evolution*, **25** (1): 218-234.
- JULIER, H.E.; & ROULSTON, T.H. (2009): Wild bee abundance and pollination service in cultivated pumpkins: farm management, nesting behaviour, and landscape effects. - *Ecology and Behaviour* **102** (2): 563-573.
- KAPUSTJANSKIJ, A.; STREINZER, M.; PAULUS, H.F. & SPAETHE, J. (2007): Bigger is better: implications of body size for flight ability under different light conditions and the evolution of alloethism in bumblebees. - *Functional Ecology* **21**: 1130-1136.
- KLEIN, A.-M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. - *Proc. R. Soc. B*, 303–313, doi:10.1098/rspb.2006.3721, Supplement 2: <https://royalsocietypublishing.org/action/downloadSupplement?doi=10.1098%2Frspb.2006.3721&file=rspb20063721supp2.pdf>.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M. & THORP, R.W. (2002): Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. - *PNAS* **99** (26): 16812–16816.
- LECOQ, T.; RASMONT, P.; HARPKE, A. & SCHWEIGER, O. (2016): Improving International Trade Regulation by Considering Intraspecific Variation for Invasion Risk Assessment of Commercially Traded Species: The *Bombus terrestris* Case. - *Conservation Letters* **9** (4), 281–289.
- MALLINGER, R.E. & GRATTON C. (2015): Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop. - *Journal of Applied Ecology* **52**: 323–330.
- MALLINGER, R.; GIBBS, J. & GRATTON, C. (2016): Diverse landscapes have a higher abundance and species richness of spring wild bees by providing complementary floral resources over bees' foraging periods. - *Landscape Ecology* **31** (7): 1523-1535, DOI: 10.1007/s10980-015-0332-z.
- MEMMOTT, J.; WASER, N.M. & PRICE, M.V. (2004): Tolerance of Pollination Networks to Species Extinctions. - *Proceedings of the Royal Society London B* **271**, 2605–2611.
- MINARRO, M. & GARCIA, D. (2018): Complementarity and redundancy in the functional niche of cider apple pollinators. - *Apidologie* **49** (11): 789-802. DOI: 10.1007/s13592-018-0600-4.
- MORAWETZ L.; KÖGLBERGER, H.; GRIESBACHER, A.; DERAKHSHIFAR, I.; CRAILSHEIM, K.; BRODSCHNEIDER, R.; et al. (2019): Health status of honey bee colonies (*Apis mellifera*) and disease-related risk factors for colony losses in Austria. - *PLoS ONE* **14** (7): e0219293. DOI: 10.1371/journal.pone.0219293.
- NABU: <https://www.nabu.de/news/2017/10/23291.html> [4.3.2020].
- NEPI, M. & PACINI, E. (1993): Pollination, Pollen Viability and Pistil Receptivity in *Cucurbita pepo*. – *Annals of Botany* **72**: 527-536.
- NEUMAYER, J.; PAULUS, H.F. (1999): Ökologie alpiner Hummelgemeinschaften - Blütenbesuch, Ressourcenaufteilung und Energiehaushalt. - *Stapfia* **67**: 245+LXXIV pp.

- Nicodemo, D.; Couto, R.H.; Malheiros, E.B. & De Jong, D. (2009): Honey Bee as an effective pollinating Agent of Pumpkin. - *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, **66** (4): 476-480.
- PEREIRA, K., MEEUS, I. & SMAGGHE, G. (2019): Honey bee-collected pollen is a potential source of *Ascosphaera apis* infection in managed bumble bees. - *Scientific Reports* 9: 4241 DOI: 10.1038/s41598-019-40804-2
- POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W.E. (2010): Global Pollinator Declines: Trends, Impacts and Drivers. – *Trends in Ecology and Evolution* **25** (6): 345-353. DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007.
- QUINN, N.F.; BRAINARD, D.V. & SZENDREI, Z. (2017): Floral Strips Attract Beneficial Insects but Do Not Enhance Yield in Cucumber Fields . - *Journal of Economic Entomology*, **110** (2), 2017: 517–524, DOI: 10.1093/jee/tow306.
- SAEED S., SAJJAD A. & M.A. BASHIR (2014): Exploring the Best Native Pollinators for Pumpkin (*Cucurbita pepo*) Production in Punjab, Pakistan. - *Pakistan Journal of Zoology* **46** (2): 531–539.
- SEIBOLD, S.; GOSSNER, M.M.; SIMONS, N.K.; BLÜTHGEN, N.K. et al. (2019): Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. - *Nature* **574**, 671–674, DOI: 10.1038/s41586-019-1684-3.
- SERRA, B.D.V. & CAMPOS, L.A.O (2010): Polinização Entomófi la de Abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). - *Neotropical Entomology* **39** (2):153-159.
- SHULER. R.E.; ROULSTON, T.H. & FARRIS, G.E. (2005): Farming Practices Influence Wild Pollinator Populations on Squash and Pumpkin. – *Journal of Economical Entomology* **98** (3): 790-795.
- SIDHU, C.S, & JOSHI, N.K. (2016): Establishing Wildflower Pollinator Habitats in Agricultural Farmland to Provide Multiple Ecosystem Services. – *Frontiers in Plant Sciences* **7**: 363; DOI: 10.3389/fpls.2016.00363.
- STAPLETON, S.C.; WIEN, H.C. & MORSE, R.A. (2000): Flowering and Fruit Set of Pumpkin Cultivars under Field Conditions. - *HORTSCIENCE* **35**(6): 1074–1077.
- TEPEDINO, V. J. (1981). The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and the honeybee (*Apis mellifera*) on Summer Squash (*Cucurbita pepo*). *Journal of the Kansas Entomological Society* **54**: 359-377.
- TSCHUMI, M.; ALBRECHT, M.; BÄRTSCHI, C.; COLLATZ, J.; ENTLING, M.H. & JACOT, K. (2006): Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. - *Agriculture, Ecosystems & Environment* **220**: 97-103.
- TSUCHIDA, K.; YAMAGUCHI, A.; KANBE, Y & GOKA, K. (2019): Reproductive Interference in an Introduced Bumblebee: Polyandry may Mitigate Negative Reproductive Impact. - *Insects* **10**, 59, DOI: 10.3390/insects10020059.
- VICENS, N. & BOSCH, J. (2000): Pollinating Efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on ‘Red Delicious’ Apple. - *Environmental Entomology* **29** (2): 235-240.
- WALTERS, S.A. & TAYLOR, B.H. (2006): Effects of honey bee pollination on Pumpkin Fruit and Seed Yield. - *HortScience* **41** (2): 370-373.
- VIDAL, M.; DE JONG, D.; WIEN, H.C.; MORSE, R.A. (2010): Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. - *Revista Brasil. Bot.*, **33** (1): 107-113.
- WHITAKER, T.W. (1931): Sex ratio and sex expression in the cultivated cucurbits. *American Journal of Botany* **18**: 359–366.

- WILLIAMS, R.; FICKLE, D.; MICHEL, A. P.; & GOODELL, K. (2009): Pumpkin Pollinator: Biology and Behavior of the Squash Bee. Ohio State University Extension, Fact Sheet Agriculture and Nature Resources, CV-1003-09, 2pp., <http://icpbees.org/wp-content/uploads/2016/06/Ohio-State-Fact-Sheet-on-Peponapis.pdf> [22.3.2020].
- WINSOR, J.A.; DAVIS, L.E. & STEPHENSON A.G. (1987): The Relationship between Pollen Load and Fruit Maturation and the Effect of Pollen Load on Offspring Vigor in Cucurbita pepo. - The American Naturalist **129** (5): 643-656.
- WOOD, M. & FLORES, A. (2008): Perfect Pumpkin Pollinators The Squash Bees! Agricultural Research November/December 2008, pp. 8-9, <https://agresearchmag.ars.usda.gov/AR/archive/2008/Nov/bees1108.pdf> [22.3.2020].
- WOOD, T.J.; GIBBS, J.; GRAHAM, K.K.; ISAACS, R. (2019): Narrow pollen diets are associated with declining Midwestern bumble bee species. - Ecology **100** (6): e02697, DOI: 10.1002/ecy.2697.