



Universität für Bodenkultur Wien

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Abteilung Pflanzenzüchtung

NEKTARPOTENTIAL UND BLÜTENMORPHOLOGIE AUSGEWÄHLTER SONNENBLUMENSORTEN

MASTERARBEIT

Eingereicht von
Christina Schraml, BSc.

Betreuer: Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johann Vollmann

Mitbetreuer: Dr. Rudolf Moosbeckhofer

Wien, Oktober 2016

Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei DI Andreas Ratzenböck bedanken, er hat mir ermöglicht an seinem Institut, dieses Thema zu bearbeiten.

Danke an DI Dr. Johann Vollmann für die gute und unkomplizierte Betreuung.

Besonderen Dank gilt auch Dr. Rudolf Moosbeckhofer für seine Unterstützung während der gesamten Zeit und besonders für seinen Input bei der Korrektur. Danke auch an sein Team, besonders an DI Hemma Köglberger und Dr. Linde Morawetz für die Hilfe bei der Methodenfindung sowie Frau Waltraud Auer und Herr Helmut Heigl für die Unterstützung bei der Vermessung der Blüten und Frau Annamaria Wackernell für ihre fleißige Arbeit bei der Probennahme.

Auch Dr. Daniela Schachner, Ing. Roland Wüest und Ing. Alexander Auer gebührt Dank für Ihren Einsatz bei der Zuckeranalyse.

Ohne die Pflege von DI Johannes Hösch und seinem Team aus Fuchsenbigl sowie der Versuchsplanung von Ing. Martin Hendler hätte ich dieses Themengebiet ebenfalls nicht erforschen können.

Auch die tolle statistische Beratung durch Mag. Antonia Griesbacher möchte ich nicht missen.

Meine Vorgesetzte DI Barbara Fürnweger und meine lieben Arbeitskolleginnen Bianca und Natascha haben ebenfalls maßgeblich daran mitgewirkt, dass diese Arbeit entstehen konnte.

Auch bei meiner Freundin Conny möchte ich mich bedanken, sie hatte immer ein offenes Ohr für mich.

Danke an meinen Partner Daniel für seine große Hilfe in allen Lebenslagen.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir dieses Studium überhaupt ermöglicht haben. Besonderer Dank gilt meinem Vater Emmerich für seine Unterstützung auf jede nur erdenkliche Art und Weise.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Zielsetzung und Abgrenzung der Fragestellung	6
3. Theorieübersicht	8
3.1 Die Sonnenblume in Österreich und ihre Verwendung	8
3.2 Die Sonnenblume aus botanischer Sicht	10
3.3 Die Sonnenblume aus landwirtschaftlicher Sicht	13
3.4 Der Nektar der Sonnenblume	14
3.5 Methoden der Nektargewinnung:	16
4. Datengrundlagen, Material und Methoden	17
4.1 Versuchsflächen und Feldstandort	17
4.2 Sorten und Versuchsplan	19
4.3 Tätigkeitsplan Feld	20
4.4 Wetteraufzeichnungen	21
4.5 Vorstudie zur Erprobung der Methodik der Nektarmessung im Jahr 2014	22
4.6 Versuchsaufbau der Hauptstudie des Jahres 2015	23
4.7 Probenablauf	25
4.7.1 Einnetzen der Blütenkörbe und Nektarzentrifugation	25
4.7.2 Vermessung der Kronröhren	28
4.7.3 Nektaranalyse	30
4.7.4 Beflugserhebung	31
4.8 Statistische Auswertung	32
4.9 Sonstige Daten	33
4.9.1 Test alternativer Methoden zur Nektargewinnung	33
4.9.2 Alternative Methoden im Vergleich zur Zentrifugation	34
5. Ergebnisse	35
5.1 Nektar	35
5.2 Zucker	40
5.3 Blütenmorphologie (Kronröhrenlänge und Kronröhrenbreite)	42
5.4 Beflugsdaten	49

5.5 Alternative Nektarversuche.....	50
6. Diskussion	52
7. Conclusio	60
8. Zusammenfassung	61
9. Abstract	62
10. Ausblick	63
11. Literaturverzeichnis	64
12. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	70
13. Anhang	72
13.1 Feldprotokoll	72
13.2 Bestimmung des Trockenmassegehaltes in Nektarspüllösungen	74
13.3 Messung der Zucker	75
13.4 Feldbonituren	76

1. Einleitung

Die Anbaufläche von Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) in Österreich beträgt laut Statistik Austria ca. 1,5 % der Gesamtackerfläche (knapp 21.500 ha, 2014).

Wirtschaftlich genutzt wird die Sonnenblume als Ölpflanze und Vogelfutter, sowie als Gründüngung und Schnittblume. Die Hauptanbaugebiete liegen in Niederösterreich mit ca. 15 000 ha und dem Burgenland mit 3 381 ha (Statistik Austria [a] 2015).

Die Sonnenblume stellt in den Anbaugebieten im Bienenjahr eine der letzten wichtigen Trachtpflanzen dar. Der daraus von den Bienen produzierte Honig kann den ImkerInnen im Idealfall noch eine gute Honigernte bringen und liefert den Bienen einen Teil des Futtervorrates für den Herbst und die Wintermonate.

Doch in den letzten Jahren häufen sich die Meldungen, dass Honigbienen im Sommer immer weniger Nektar- und Pollenquellen finden (Demeter, 2009; Naturschutzbund Deutschland e. V, 2014).

Die Sonnenblume wurde schon vor 15 Jahren von einigen Autoren als unsichere Tracht eingestuft, da die verschiedenen Hybriden unterschiedlich auf ihre Umwelt reagieren (Hedtke, 2000). Der deutsche Imkermeister Günter Friedmann bringt in seinem Bericht „Das Drama um die Biene und die Sonnenblume“ die Lage der letzten Jahre auf den Punkt. Aus der Sicht seiner 30-jährigen Erfahrung als Berufsimker „verhungern die Bienen inmitten blühender Sonnenblumenfelder (Friedmann, o.J.) und finden im Sommer auch sonst wenig Nahrung (Demeter, 2009). Es gibt aber auch Berichte anderer Autoren, die sehr wohl von Honigerträgen aus der Sonnenblume berichten (Ion et. al., 2008; Zajáč et. al., 2006). Auch aus Österreich gibt es dazu aus dem Jahr 2013 Auswertungen von Waagstockergebnissen, die zumindest für einen Teil der Standorte Honigerträge aus der Sonnenblume dokumentieren konnten (Morawetz et. al., 2016).

Für die Nektarproduktion spielen neben der Sorte aber auch die Bodenverhältnisse und das Klima während der Vegetationsperiode eine wesentliche Rolle (Hedtke, 2000; Ion et al., 2008; Vlad et al., 2011).

Volkswirtschaftlich betrachtet wären nektarspendende Sonnenblumensorten durchaus sinnvoll und erstrebenswert, da mit gleichem Pflege- und

Betriebsmitteleinsatz der Landwirte durch die Möglichkeit zur Gewinnung von Sonnenblumenhonig mit Hilfe der Bienen die Wertschöpfung in der Imkerei und auch der Selbstversorgungsgrad Österreichs mit Bienenhonig gesteigert werden könnte.

Laut einem Bericht von CBI Market Intelligence (2016) mussten im Vorjahr 40% des Honigbedarfs der europäischen Bürger durch Importe gedeckt werden. Dies besagt auch eine Pressemitteilung von Copa Cogeca (2013) bei dieser der Selbstversorgungsgrad Europas bei ca. 60% lag. Auch in Österreich wurden 2013 über 8 500 Tonnen an Honig importiert (Foastat, 2013). Der Selbstversorgungsgrad an Honig lag in Österreich im Jahr 2015 bei 47 % (Tendenz fallend, 2010 waren es noch 51%). Um den Konsumentenbedarf zu decken, mussten 2015 7 530 Tonnen importiert werden (Statistik Austria, 2016[b]).

Für die Landwirte würden sich durch die Steigerung des Ertrages an Sonnenblumenkernen ebenfalls Vorteile ergeben. Honigbienen leisten durch die Bestäubung einen wesentlichen Beitrag zur Samenausbildung (Free, 1964). Laut Burgstaller (1990) wurde in Österreich eine Steigerung um 100% des Kernertrages auf Sonnenblumensorten, die von Bienen befliegen worden sind, festgestellt. So könnte der Selbstversorgungsgrad mit Sonnenblumenkernen in Österreich, der 2014/2015 bei 42 % lag, ebenfalls gesteigert werden (Statistik Austria, 2016 [c]).

2. Zielsetzung und Abgrenzung der Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung verschiedener Sonnenblumensorten hinsichtlich ihrer Nektarproduktion und möglicher morphologischer Unterschiede im Blütenbau (Kronröhrenlänge, -breite), die beiden Auswirkungen auf den Sammelerfolg der Bienen haben können.

Folgende Fragestellungen werden bearbeitet:

- Kann mit der angewendeten Zentrifugationsmethode Nektar gewonnen werden?
- Gibt es Sorten, die signifikant mehr Nektar haben als andere?
- Wie sieht es mit der Zuckerkonzentration der Sorten aus?

- Gibt es signifikante Unterschiede zwischen Sorten bei der Kronröhrenlänge oder -breite?

Der Versuch ist als Pilotstudie zu werten, da die gewonnenen Daten eine Momentaufnahme für den Untersuchungsstandort am AGES-Versuchsgelände in 1220 Wien, Spargelfeldstraße 191 für das Jahr 2015 zeigen.

Um allgemein gültige Aussagen treffen zu können, müssten die derzeit im Anbau befindlichen bzw. für den künftigen Anbau in Prüfung befindlichen Sonnenblumensorten an mehreren unterschiedlichen Standorten – möglichst in den wichtigsten Anbaugebieten für Sonnenblumen – geprüft werden. Als mögliche Alternative würden sich Versuche unter kontrollierten Bedingungen (z. B. in der AGES-Gefäßversuchsstation) hinsichtlich Bodenverhältnissen und Wasserversorgung anbieten, um diese unter Feldbedingungen variierenden Faktoren möglichst einheitlich halten zu können.

Von der züchterischen Seite könnten in Zukunft auch mit Hilfe markergestützter Selektion jene Elternlinien identifiziert und gezielt gefördert werden, die einerseits die erforderlichen ackerbaulichen und qualitativen Kriterien hinsichtlich der Inhaltsstoffe der Sonnenblumenkerne erfüllen und gleichzeitig eine gute Nektarproduktion haben.

Wie Vear et al. (1990) und Joksimovic et al. (2003) nachweisen konnten, sind die Merkmale Nektarproduktion und Blütenmorphologie genetisch verankert. Daher sollte nach Identifizierung der zugrundeliegenden Markergene auch eine gezielte markergestützte Selektion für diese Merkmale möglich sein.

Die Herausforderung für die Zukunft ist es daher, sowohl für die genetische Identifikation der gewünschten Merkmale als auch für die praktische Messung der Nektarproduktion und der Blütenmerkmale unter Freiland- oder Halbfreilandbedingungen ein einfaches Verfahren zu entwickeln und die gewonnenen Daten in den Sortenprüfungsergebnissen auch anzugeben, da diese einen „landeskulturellen“ bzw. volkswirtschaftlichen Mehrwert bewirken könnten. Die Bauern könnten sich entscheiden, welche Sorten sie anbauen wollen und die ImkerInnen könnten für die Trachtnutzung verstärkt Felder mit solchen Sorten anwandern, von denen – zumindest aufgrund der genetischen Ausstattung – unter normalen Wetterbedingungen eine Nektarproduktion zu erwarten ist.

3. Theorieübersicht

Die Theorieübersicht gibt eine kurze Übersicht bezüglich botanischer Merkmale und pflanzenbaulicher Aspekte von *Helianthus annuus* (Sonnenblume). Kurz wird auch das Thema Nektar und Pollen und deren Bedeutung als Nahrungsquellen für *Apis mellifera* (Honigbiene) eingegangen.

Der Name der Sonnenblume *Helianthus annuus* setzt sich zusammen aus dem Gattungsnamen „*Helianthus*“ (Griechisch: „*helios*“ bedeutet Sonne und „*anthus*“ Blume (Vollmann & Rajcan, 2009) und dem Artnamen „*annuus*“ (Latein = jährlich).

Helianthus annuus L. ist eine dikotyle Pflanze, die zur Familie der Korbblütler (*Asteraceae*) gehört. Während die Gattung *Helianthus* L. nach Heiser (Heiser, 1978) noch 67 Arten umfasste, sind es laut Natural Resources Conservation Service (2015) heute nur mehr 62 Arten mit 19 Unterarten. Laut Heiser (1955) wurde die Sonnenblume in Nordamerika domestiziert. Im Gegensatz zu anderen Kulturpflanzen sind die Vorfahren der Sonnenblume bekannt. Heiser listet drei Sonnenblumenformen auf: *Helianthus annuus ssp. lenticularis* (die „Wildform“), *Helianthus annuus spp. annus* (die „Unkrautform“) und *Helianthus annuus spp. macrocarpus*, deren Samen wir heute vielseitig verwenden.

Schon früher wurden diese Samen durch die indigene Bevölkerung beispielsweise in Nordamerika als Nahrung genutzt oder auch zu Mehl weiterverarbeitet. Die Pflanze, vor allem die Blütenköpfe, hatten aber auch eine medizinische und religiöse Bedeutung. Durch die spanischen Eroberer fand die Sonnenblume ihren Weg nach Europa (Heiser, 1955).

Von Spanien aus verbreitete sie sich zügig auch in Italien und Frankreich. Wenig später, aber noch im 16. Jahrhundert folgten Belgien, Holland, die Schweiz sowie Deutschland und England (Putt, 1978).

3.1 Die Sonnenblume in Österreich und ihre Verwendung

Laut Statistik Austria (Statistik Austria, 2016 [c]) wurden im Jahr 2014/2015 knapp

über 57.500 Tonnen Sonnenblumenkerne in Österreich geerntet. Davon wurden ca. 44.500 Tonnen exportiert, davon ca. 20.000 Tonnen als Futtermittel und 105 Tonnen als Saatgut.

Im Jahr 2015 gab es in ganz Österreich 19 061 ha an Aussaatflächen von Sonnenblumen. Davon lag der größte Anteil in Niederösterreich (ca. 15 000 ha). An zweiter Stelle lag das Burgenland mit 3 381 ha. Die anderen Bundesländer liegen in den Anbauflächen weit zurück (Oberösterreich: 283 ha; Steiermark: 236 ha). Für 2016 wurde von der Statistik Austria ein Zuwachs der Anbaufläche um 4,2 % auf 19 867 ha prognostiziert (Statistik Austria, 2016 [d]).

Helianthus annuus ist eine Pflanze mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. Als Pflanzenöllieferant stand die Sonnenblume 2013 mit 9 % an vierter Stelle weltweit. An erster Stelle lag die Ölpalme mit 34%, Soja mit 26% an 2. Stelle, gefolgt von Raps mit 15% an dritter Stelle (OVID, 2013).

Bei Konsumenten ist das Sonnenblumenöl wegen seines hohen Gehalts an Vitamin E und hochwertigen Fetten (vor allem Linolsäure) besonders beliebt. Weltweit werden 9 Millionen Tonnen Sonnenblumenöl pro Jahr produziert. Die Hälfte der weltweit 22 Millionen Hektar Anbaufläche liegt in Russland, der Ukraine sowie in Indien und Argentinien (Vollmann & Rajcan, 2009).

Der nach der Ölextraktion als Restprodukt anfallende Sonnenblumenextraktionsschrot findet als energiereiches Tierfutter Verwendung.

Eine Möglichkeit, auch andere Teile als die Kerne zu verwenden, ist die Nutzung als Grünfütterpflanze (Lindemann et al., 1988). Als Silage bewirken die Pflanzenteile, dass Kühe mehr Milch geben, denn sie enthält 7 bis 10 % mehr Eiweiß in der Trockenmasse als Mais und ist diesem somit überlegen. Die Pflanzen können sowohl vor als auch nach der Blüte verwendet und geerntet werden (Lips, 1978).

Auch im Bereich Alternativenenergie spielt die Sonnenblume eine Rolle. Sie wird als nachwachsender Rohstoff zur Bioenergiegewinnung in Form von Biogas oder Flüssigtreibstoff (Sonnenblumenöl statt Dieseltreibstoff) genutzt (Barontini et al., 2015 und Zabaniotou et al., 2008). Die Züchtung einer ertragreichen Sonnenblumensorte mit hoher Methanausbeute in der Biogasproduktion könnte sogar den stark vom Mais dominierten Biogassektor zusätzlich bereichern (Hahn, 2010).

In Österreich werden aus verschiedenen Ölpflanzen, wie Raps oder Sonnenblumen, auch in geringem Umfang Hydraulik- und Sägekettenöle produziert. Auch als Rohstoff für Lacke oder Bindemittel findet laut Strasser et al. (2009) Sonnenblumenöl eine Verwendung.

3.2 Die Sonnenblume aus botanischer Sicht

Helianthus annuus ist eine Kurztagpflanze, die für eine natürliche Entwicklung eine Temperatur zwischen 18 und 25°C und durchgängige Lichtperioden von ca. 8 Stunden braucht. In den gemäßigten Klimabereichen wird ein Anbau im späten Frühling oder frühen Sommer empfohlen. Kommt es hier zu einer Verspätung, schlägt sich das auf die Pflanzenentwicklung nieder (FAO, 2015).

Die Pflanzenhöhe beträgt durchschnittlich 1,5 bis 2 m, wobei es hier auch besondere großwüchsige Sorten gibt, die eine Höhe von über 4 m erreichen. Jedoch gibt es auch kleinwüchsige Sorten, die nur zwischen 0,5 und 1 m groß werden (Gupta, 2012).

Das Wurzelsystem der Sonnenblume besteht aus einer Hauptwurzel, die bis zu 2 m in die Tiefe wachsen kann, und einem Netz aus Feinwurzeln, das an die Bodentextur und Wasserverfügbarkeit angepasst ist (Schuster & Marquard, 2003).

Der primäre Blütenkopf besteht aus 1.000 bis 4.000 Einzelblüten (McGregor, 1976). Diese werden in Strahlenblüten (Rayflowers) und Röhrenblüten (Diskflowers) unterteilt: Die Strahlenblüten, oder auch Zungenblüten genannt, befinden sich dabei am Rand des Blütenkopfes und sind steril, während die Röhrenblüten fertil sind. Das bedeutet, in den Röhrenblüten befinden sich die Geschlechtsorgane (Antheren, Narbe, Fruchtknoten). Diese werden durch die Kronröhre (Corolla) geschützt. Die Corolla ist es auch, die das bauliche Gerüst für den späteren Bestäubungsvorgang bereitstellt (Mani & Saravanan, 1999). Dort befindet sich später auch der Pollen, der durch die männlichen Bestäubungsorgane (Antheren) produziert wird, und der Nektar, der von den Nektarien ausgeschieden wird (Maurizio & Schaper, 1994)

Eine Röhrenblüte blüht zwei bis vier Tage und ist hermaphroditisch und protandrisch. Das bedeutet, dass sowohl das männliche wie auch das weibliche Geschlecht in

jeder Einzelblüte vorhanden sind. Allerdings werden die Antheren (männliche Geschlechtsteile) dabei zuerst entfaltet. Dieses Phänomen wird Vormännlichkeit genannt (Abrol, 2012).

Bei Sonnenblumen wird nur in der männlichen Blühphase Nektar gebildet, denn sobald sich die Narbe (Stigma) durch die Antheren geschoben hat, wird kein Nektar mehr produziert (Mani & Saravanan, 1999, Wojtaszek & Maier, 2014). Pro Tag entfalten sich am Blütenkopf bis zu vier Reihen Einzelblüten in sogenannten Fibonacci-Reihen, die es der Pflanze ermöglichen, den Platz am Blütenkopf effizient auszunützen und so viele Samen wie möglich zu produzieren (Glaeser, 2011).

Die folgende schematische Darstellung (Abb. 1) von McGregor (1976) zeigt einen Blütenkopf mit all seinen Blühstadien und unterschiedlichen Bestandteilen. Auch die Zeitabfolge ist hier dargestellt: *Helianthus annuus* blüht von außen nach innen. Dadurch kann ein einzelner Blütenkopf bis zu 10 Tage blühen (Lindemann et al., 1988)

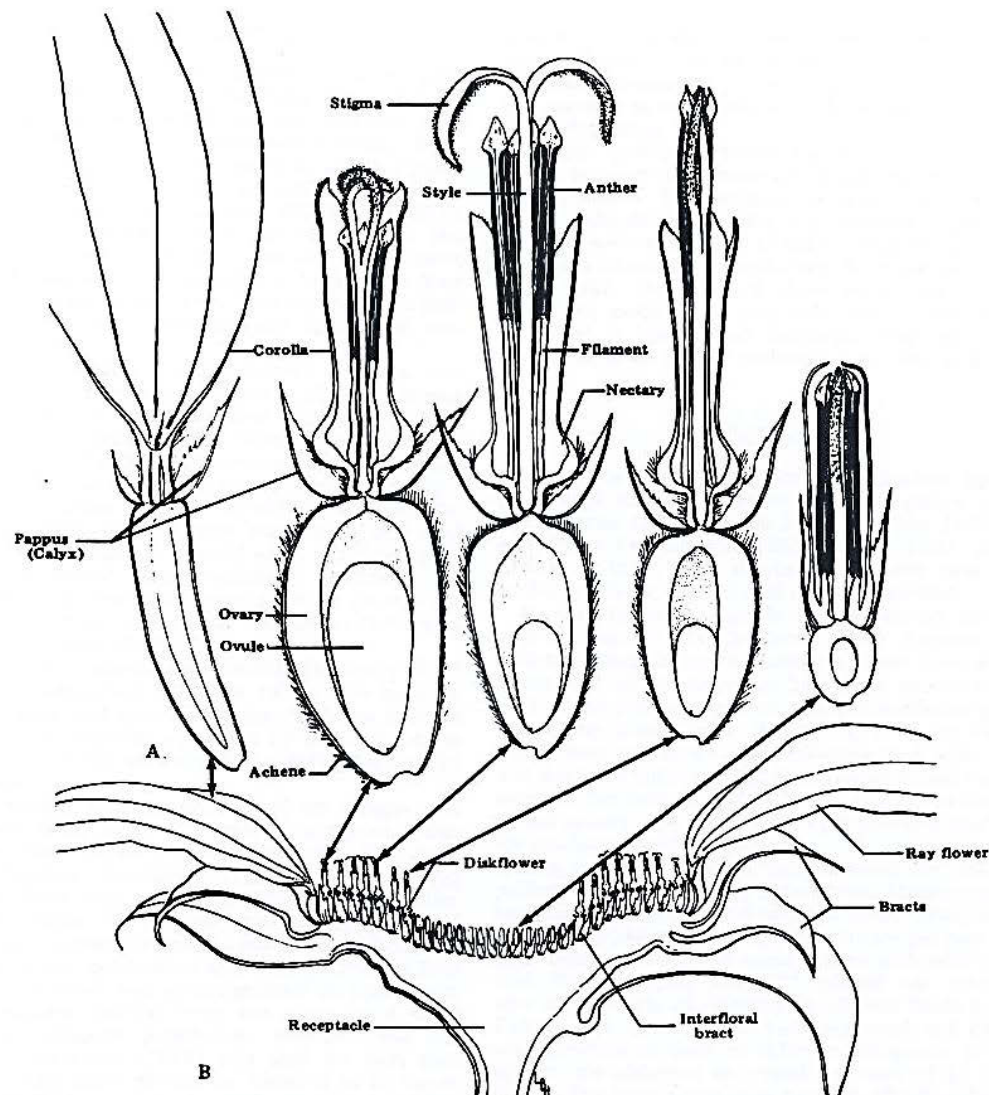


Abbildung 1: Detail Sonnenblumenkopf, McGregor (1976)

Die **Entwicklung des Blütenkopfes** wird durch klimatische Bedingungen sowie durch die Pflanzenhöhe beeinflusst. Durchschnittlich erreicht ein Blütenkopf 18 bis 25 cm Durchmesser, aber die Größe kann von 5 bis 50 cm, manchmal sogar bis 80 cm schwanken. Allerdings gibt es bei besonders großen Köpfen den Nachteil, dass das Gewicht vom Stamm nicht getragen werden kann; sie brechen leicht ab oder verlieren ihre Samen (Gupta, 2012).

Prinzipiell sind die Kerne an der Außenseite des Blütenkopfes besser ausgebildet und dadurch haben sie auch mehr Zeit und Platz zur Einlagerung von Ölreserven zur Verfügung. Sobald die Achänen befruchtet wurden, beginnt der Transport der Assimilate in den Kern. Am dritten Tag nach der Befruchtung läuft der Prozess der Fettsynthese an. Trockenheit wirkt sich negativ auf den Ölgehalt aus. Auch hohe

Temperaturen wirken sich nachteilig aus, da sich bestimmte Enzyme (Desaturasen), die für den Einbau von zusätzlichen Doppelbindungen in die Ölsäure verantwortlich sind, bei kühleren Temperaturen besser arbeiten. (Hugger, 1989)

Sonnenblumen sind prinzipiell Fremdbestäuber, Selbstbefruchtung funktioniert in den seltensten Fällen (Hugger, 1989). Ebenso erfolgt keine Bestäubung durch Anemophilie, weil der Pollen der Sonnenblumen mit einem Durchmesser von 25 bis 35 µm - im Vergleich zu anderen Pollen - zu schwer ist (Hugger, 1989).

Die **Bestäubung** erledigen nach Abrol (2012) zum Großteil die Honigbienen und verschiedene Hummelarten sowie Wildbienenarten (Hugger, 1989). Durch sie wird der Ertrag und die Qualität der Ernte, wie bei vielen anderen Kulturarten auch, gesteigert (Delaplane & Mayer, 2000). Aufgrund ihrer Blütenstetigkeit sind Honigbienen wichtige Pollentransporteur für die Hybridsaatguterzeugung bei der Sonnenblume (Martin & Farina, 2016). Als Richtwert gelten vier Bienenstöcke pro Hektar (Vollmann & Rajcan, 2009), die für den Pollentransport der fertilen Erhalterlinien auf die sterile Mutterlinie verantwortlich sind (Hugger, 1989). Die weite geographische Verbreitung und die Domestikation von *Apis mellifera* durch den Menschen sind es, die die Honigbiene zu einem nahezu unersetzbaren Bestäuberinsekt machen (Delaplane & Mayer, 2000).

3.3 Die Sonnenblume aus landwirtschaftlicher Sicht

Zum Anbau von Sonnenblumen:

Den aktuellen Schwerpunkt setzt die Sonnenblumenzüchtung auf die Qualität der Fettsäuren, auch der Gehalt an Antioxidantien und der Ertrag sind ein wichtiges Thema (Vollmann, Rajcan, 2009). Nektarpotential, Zuckergehalt oder Krohnröhrenlängen spielen hier keine Rolle. Die optimale Bestandesdichte ist von klimatischen Bedingungen, vor allem von der Niederschlagsmenge abhängig und liegt in Mitteleuropa zwischen 5 und 8 Pflanzen/m² (Pasda & Diepenbrock, 1991).

Ihren **Wasserbedarf** bei Trockenperioden deckt die Sonnenblume dank der bis zu 2 m langen Hauptwurzel besser als andere Kulturpflanzen, doch ist auch hier bei langen Trockenheitsperioden mit Ertragseinbußen zu rechnen. Sonnenblumen

brauchen, je nach klimatischen Bedingungen während einer Vegetationsperiode zwischen 500 mm bis 600 mm Niederschlag pro m² (Hugger, 1989).

Besonders ausschlaggebend für die Qualität der Ernte ist der Zeitraum drei Wochen vor und nach der Blüte. Hier ist für eine gute Wasserversorgung der Sonnenblume zu sorgen, da sonst die Entwicklung der Blüte abnimmt und es zu Einbußen kommt. Laut der niederösterreichischen Landwirtschaftskammer sind 20 Tage vor und nach der Blüte besonders wichtig (Landwirtschaftskammer Niederösterreich, o.J. und Robinson et al., 1967). Ist ein Gebiet trockenheitsgefährdet, rechnet sich die Aussaat von Sonnenblumen mehr als andere Kulturen, da die Produktionskosten geringer sind und der Ertragsgewinn höher (Robinson et al., 1967).

Optimale **Bodenverhältnisse** für eine erfolgreiche Ernte bietet ein tiefgründiger Löss- oder Lösslehmboden. Gute Erträge können auch Lehmböden mit einem gewissen Sandanteil bringen. Vorzugsweise sind die Böden nicht verdichtet und verfügen über eine gute Struktur für den Wasser- und Nährstofftransport (Hugger, 1989).

3.4 Der Nektar der Sonnenblume

Das Wort „Nektar“ hat seinen Ursprung in der griechischen Sagenwelt und bedeutet so viel wie „Getränk der Götter“ (Vogel, 1977). Bei Pflanzen ist Nektar eine Absonderung pflanzlicher Drüsen, der Nektarien (Maurizio & Scharper, 1994). Für Lipp (1994) ist Nektar ein pflanzliches Lockmittel, das zusammen mit Pollen und Honigtau den Insekten für ihre erbrachte Bestäubungsleistung zur Verfügung gestellt wird. Die Meinung, dass Nektar als Belohnung für Insekten dient, um die Bestäubung zu gewährleisten, vertreten auch Vear et al. (1990).

Nach Heil (2011) beinhaltet Nektar neben Wasser auch verschiedene Zucker, wie Fructose, Glucose oder auch Aminosäuren, um Bestäuber anzulocken. Die weiteren im Nektar enthaltenen sekundären Pflanzenstoffe sollen laut Escalante-Pérez und Heil (2012) vor Nektarräubern und schädlichen Mikroorganismen schützen.

Ausgeschieden wird Nektar entweder aus extrafloralen Nektarien oder floralen Nektarien in Tröpfchenform. Extraflorale Nektarien, wie es sie beispielsweise bei der

Kirsche oder Akazie gibt, sitzen an äußeren Pflanzenorganen wie Laubblättern oder an der Blattbasis (Lipp, 1994).

Prinzipiell können sowohl extraflorale als auch florale Nektarien in gestalteter oder in ungestalteter Form auftreten (Schnepf, 1977). Gestaltete Nektarien können in unterschiedlichen Ausführungen vorkommen, beispielsweise als Flachnektarien, Haarnektarien oder Schuppennektarien (Lipp, 1994). Auch die Sonnenblume verfügt neben floralen Nektarien über zusätzliche extraflorale Nektarien (Mizell, 2001, und Mani & Saravanan, 1999).

Sammataro et al. (1985) untersuchten die floralen Nektarien von mehr als 80 verschiedenen Sonnenblumen-Linien und 20 Arten von wilden Sonnenblumen unter dem Elektronenmikroskop und kam zu dem Ergebnis, dass die Nektarien der Sonnenblume entweder als Ring oder auch in 4- bis 8-eckigen, kreisähnlichen Gebilden auftreten. Es handelt sich bei der Ausprägung der Nektarien (Sammataro et al., 1985, und Vear et al., 1990) um ein genotypisches Merkmal, das von Hybrid zu Hybrid variiert. Somit gibt es eventuell eine Möglichkeit, dieses Merkmal durch Züchtung positiv für Honigbienen zu verändern und in den Sorten zu verankern.

Zu diesem Schluss kommen auch Vear et al. (1990). Sie untersuchten 45 Hybride auf ihren Fructose- und Glucosegehalt, konnten dabei aber keine signifikanten Unterschiede messen. Jedoch konnten bei den verschiedenen Hybriden und Linien erkennbare Differenzen bezüglich Nektargehalt festgestellt werden: Nektargehalt von 0,32 µl/Einzelblüte für den Hybrid GH x HA61 und 0,10 µl pro Einzelblüte bei dem Hybrid GH x RHA226; gemessen wurde hier mit einer Pipettiermethode (siehe auch Methoden der Nektargewinnung).

Die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (o. J.) listet folgende Faktoren auf, die über die Quantität von Nektar sowie dessen Zuckergehalt entscheiden:

- Es spielen sowohl die Größe der Blüten und der Nektarien, diploide oder polyploide Kultursorten, alternde Blüten und die Blütenanzahl eine Rolle.
- Oftmals kommt es durch Verwehren der Bestäubung zu einem Anstieg der Blühtage, und somit zu einer verstärkten Nektarproduktion.
- Auch können vermehrtes Aufsuchen von Insekten die Nektarsekretion

ankurbeln. Prinzipiell endet die Nektarproduktion nach der Befruchtung, um Energie und Ressourcen zu sparen, denn das Hauptanliegen – die Bestäubung – ist getan.

- Abiotische Faktoren wie Luft- oder Bodenfeuchtigkeit sowie Wasser- und Nährstoffversorgung beeinflussen die Nektarsekretion, ebenso Temperaturverhältnisse, Sonnenstrahlung und Bodentyp. Nicht zu vergessen die allgemeine Gesundheitsverfassung des Saatguts und der daraus entstehenden Pflanze.

Leider weiß die Wissenschaft zu wenig über die genauen genetischen Merkmale, die Einfluss auf Nektarproduktion, Zuckergehalt, Aminosäurespektrum sowie Geruch und Geschmack haben (Mitchell, 2004). Ein Grund dafür ist, dass die Pflanzenzüchter - wie schon erwähnt - zu wenig an diesen Charaktereigenschaften von Sorten interessiert sind. Damit eine Sorte auf dem Markt bestehen kann, zählen hier andere Eigenschaften von Sorten. Nur mit besserem Ertrag, Sortenbeständigkeit und Entwicklung autogamer Hybride lassen sich Gewinne erzielen. (Cerrutti & Pontet, 2016).

3.5 Methoden der Nektargewinnung:

Nektar kann über verschiedene Methoden von Menschen gewonnen und gemessen werden: Jablonski (2002) nennt einige:

- Neben der Gewinnung durch Glaspipetten gibt es auch die Möglichkeit, mit Hilfe von kapillaren Kräften Nektar aufzusaugen.
- Ebenso kann Nektar mit einem Filterpapier absorbiert werden.
- Eine andere Verfahrensweise wäscht Nektar mit destilliertem Wasser aus den Blüten heraus.

Die Methode, mit der bei der vorliegenden Untersuchung Erfolge erzielt wurden, ist die Zentrifugationsmethode. Bei dieser werden die Einzelblüten eine bestimmte Zeit mit einer bestimmten Geschwindigkeit zentrifugiert. Gewonnener Nektar wird in mg/Blüte in 24 Stunden gemessen (Beutler & Schöntag, 1940).

Voraussetzung für die Messung der Nektarsekretion pro Zeiteinheit ist eine Einnetzung der Blütenköpfe, um diese der Ausbeutung durch blütenbesuchende Insekten zu entziehen.

Zur Nektarmenge:

In der Literatur finden sich verschiedene Zahlen. Lipp (1994) gibt in einer Aufzählung über verschiedene Trachtpflanzen für die Sonnenblume eine Nektarmenge von 0,3 mg/Blüte in 24 Stunden an, während Boretsch (*Borago officinalis*) mit einem Zuckerwert von bis zu 4,9 mg/Blüte/24 h und die Rosskastanie (*Aesculus hippocastanum*) mit bis zu 2,1 mg/Blüte/24 h gelistet sind. Beutler und Schöntag ermittelten bei 210 Blüten der Sonnenblume einen Wert von 72 mg Nektar mit einer Nektarkonzentration von 37,8 % sowie einem Zuckerwert von 0,27 mg pro Einzelblüte (Beutler & Schöntag, 1940).

Delaplane und Mayer (2000) stellen die Theorie auf, dass eine bessere Nektarergiebigkeit sowohl für Bienen als auch für Menschen viele Vorteile hätte. Als Generalisten sind Honigbienen zwar nicht die optimalsten Bestäuber für jede einzelne Pflanzenart, aber sie haben dafür - im Gegensatz zu Solitärbiene -, einen Mehrwert für die Menschheit, da auch Honig kommerziell vermarktet werden kann und die Erträge durch Bestäubung erhöht werden.

4. Datengrundlagen, Material und Methoden

4.1 Versuchsflächen und Feldstandort

Die Versuchsfläche befand sich auf dem Gelände der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES, Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien, Koordinaten: 48.256505, 16.484226). Hier wurden 20 verschiedene Sonnenblumensorten (*Helianthus annuus*) im vierreihigen Parzellendesign angebaut (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Lage der Versuchsfläche (Quelle: Google Maps, 2015)

Eine Parzelle umfasste ca. 30 m² (10 m x 3 m). Die Gesamtlänge des Versuchsfeldes betrug ca. 46 m, die Gesamtbreite ca. 18 m. Die Aussaat erfolgte mit ca. 64.000 Körnern/ha. Das sind auf eine Parzelle umgerechnet ca. 190 Körner. Als Reihenabstand wurden 0,75 m eingehalten. Die Pflanzen innerhalb einer Reihe hatten einen Abstand von ca. 0,21 m zueinander (Hendler, E-Mail vom 04.08.2015).

Die teilnehmenden Versuchssorten wurden von Ing. Hendler (AGES GmbH, Institut für Nachhaltige Pflanzenproduktion) ausgewählt. Das Prüfsortiment setzte sich aus Sorten der österreichischen Sortenliste, des EU-Kataloges sowie Prüfkandidaten für die Sortenzulassung zusammen. Ebenso befanden sich neben Sorten mit Herbizidtoleranz auch eine „High oleic“- Sorte und eine „Vogelfutter“-Sorte unter den getesteten Sorten. „High oleic“ bedeutet, dass die Samen dieser Sonnenblumensorte besonders reich an Ölsäure (mindestens 80 %) sind (National Sunflower Association, o.J.), während sich Vogelfuttersorten durch besonders große und gestreifte Achänen auszeichnen.

4.2 Sorten und Versuchsplan

In Tabelle 1 sind die getesteten Sonnenblumensorten mit ihrem Blühbeginn in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet (AGES GmbH, Österreichische Sortenliste, 2015; mündliche Mitteilung Hendlar). Um dem Datenschutz gerecht zu werden, sind die Sorten in weiterer Folge anonymisiert und in geänderter Reihenfolge dargestellt.

Tabelle 1: Sortencharakteristik

Sorte	Stand (2015/ 2016)	Blühbeginn nach Sortenliste / AGES Einstufung
Alexandra PR	Öst. Sortenliste (2002)	mittel
Alzan	Öst. Sortenliste (1998)	mittel-früh
Aurasol	EU-Sorte	mittel
ES Columbella	Öst. Sortenliste (2014)	mittel-früh
Fausto ST	EU-Sorte	mittel-spät
NK Delfi	Öst. Sortenliste (2006)	mittel-spät
NK Neoma	Öst. Sortenliste (2011)	mittel-spät
NK Singi	Öst. Sortenliste (2007)	mittel-früh
NK Stradi	Öst. Sortenliste (2014)	mittel-spät
P64BB01	EU-Sorte	mittel-früh
P64LL41	Öst. Sortenliste (2012)	spät
PR64F50	Öst. Sortenliste (2009)	spät
Prüfsorte	Prüfung	mittel-spät
Prüfsorte	Prüfung	(mittel)
Prüfsorte	Prüfung	mittel-spät
Prüfsorte	Prüfung	früh
Prüfsorte	Prüfung	(spät)

SY Caruso	EU-Sorte	mittel-spät
SY Estiva	EU-Sorte	mittel-spät
Tutti	Öst. Sortenliste (2012)	mittel-spät

Versuchsplan

Der Versuchsplan zeigt das Versuchsdesign (siehe Abbildung 3).

Maisversuch																			
Weg																			
2 Reihen Sonnenblumenausbau (1,5 m)																			2 Reihen Sonnenblumenausbau (1,5 m)
	16				17					18					19				20
	Parzellenweg																		
	11				12					13					14				15
	Parzellenweg																		
	6				7					8					9				10
	Parzellenweg																		
	1				2					3					4				5
	Maisausbau																		
	Schotterweg bzw. Zufahrtsstraße																		
																		Grünstreifen	

Abbildung 3: Anbauplan (geplant von Ing. Hendler, 2015, vereinfachte Darstellung)

4.3 Tätigkeitsplan Feld

In diesem Unterpunkt werden alle Tätigkeiten mit Datum aufgelistet, die während des Versuchszeitraums durchgeführt wurden. Eine genaue Auflistung aller Tätigkeiten findet sich im Anhang.

Die Aussaat des Sonnenblumensaatguts erfolgte am 28.04.2015 durch Mitarbeiter

des Institutes für Nachhaltige Pflanzenproduktion, AGES. Durch eine längere Schlechtwetterperiode kam es zu einem für Sonnenblumen relativ späten Aussaattermin der Versuchssorten.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass dadurch die Pflanzenentwicklung beeinflusst wurde. Als Vorteil kann erachtet werden, dass diese Untersuchung aufzeigen kann, zu welchen Leistungen die Sorten – trotz später Aussaat und den dadurch einhergehenden extremen Bedingungen wie Hitze und Trockenheit - fähig sind.

Unterschiedliche Aussaattermine können zu Unterschieden im Ertrag, dem Ölgehalt oder der Krankheitsanfälligkeit führen (Darby, 2012). Ion et al. (2008) stellten auch ein differenziertes Honigertragspotential durch unterschiedliche klimatische Bedingungen in ihrem Versuch fest.

Der **Ist-Pflanzenbestand** wurde am 02.06.2015 erhoben. Am 18.05., 27.05. und 02.06.2015 erfolgte eine Bonitur nach der BBCH-Skala für *Helianthus annuus* (Maier, 2001). Um den jungen Sonnenblumensprösslingen einen guten Start zu ermöglichen, wurden am 09.06.2015 sämtliche Beikräuter ohne Herbizideinsatz durch Mitarbeiter der AGES GmbH entfernt.

Das Versuchsfeld wurde einmalig am 10.06. für ca. zwei Stunden (10 mm) bewässert (siehe Feldprotokoll im Anhang).

4.4 Wetteraufzeichnungen

Für den Versuchsstandort wurden die Daten der AGES-Wetterstation ausgewertet (AGES GmbH, Zentrum Versuchswesen, o.J.). In der Zeit von 28.04. bis 27.07.2015 wurden 92,3 mm/m² an Regen gemessen. Durch eine einmalige Bewässerung von ca. 10,2 mm betrug der Gesamtniederschlag für die Kultur 102,5 mm/m². In Abb. 4 sind die Wetterdaten grafisch zusammengefasst.

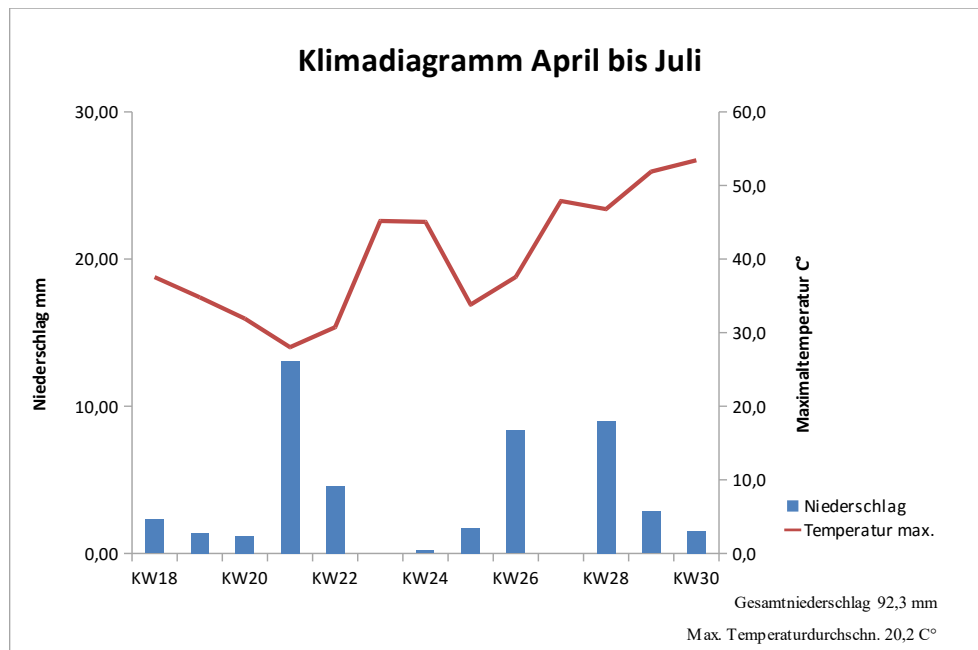


Abbildung 4: Temperatur und Niederschlagsmenge im Versuchszeitraum am AGES-Standort Wien-Spargelfeldstrasse 191

4.5 Vorstudie zur Erprobung der Methodik der Nektarmessung im Jahr 2014

Ursprünglich war - in Analogie zur Methode von Ion et al. (2007) – die Messung der Nektarmenge mit der Kapillarmethode angedacht. Zur Erprobung dieser Methode erfolgte in den Jahren 2013 und 2014 zur Zeit der Sonnenblumenblüte eine Vorstudie. Leider konnte dabei mit dieser Methode in beiden Jahren kein nennenswerter Erfolg erzielt werden. Daraufhin wurde nach anderen Methoden gesucht.

Auf einem Poster der 60. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft des Institutes für Bienenforschung e.V. (19. bis 21.03.2013) in Würzburg (Universität Würzburg, 2013) stellten Alkassab et al. eine neue Methode zur Bestimmung von Kleinstmengen von Nektar aus kleinen Blüten (wie die Blüten von *Sinapis arvensis*) mittels Zentrifugation vor. Dabei werden die Blüten am Tag zuvor eingenetzt (Papiersack) und am nächsten Tag in einem Mikrozentrifugalröhrchen zentrifugiert. Die Differenz von dem Leergewicht des Röhrchens und dem Gewicht nach der Zentrifugation zeigt die Nektarmenge. Basierend darauf erfolgte 2014 zusammen mit Dr. Moosbeckhofer und DI. Köglberger (Abteilung Bienenkunde und Bienenschutz, AGES) die Ausarbeitung eines Protokolls zur Messung der Nektarmenge von Einzelblüten im Wägeverfahren. Danach wurde diese Methode in ersten Testläufen an einigen wenigen am Standort

Spargelfeldstraße angebauten Sonnenblumensorten geprüft.

Dabei stand die Fragestellung im Vordergrund, ob damit überhaupt messbare Mengen an Nektar extrahiert werden könnten. Eine refraktometrische Untersuchung des Zuckeranteils wurde in dieser Vorstudie nicht durchgeführt.

4.6 Versuchsaufbau der Hauptstudie des Jahres 2015

In diesem Abschnitt werden das Methodendesign und die Abfolge der Probenentnahme und der Auswertung erläutert.

Das Versuchsfeld beinhaltete 20 Sorten, die in 20 Parzellen (5 x 4 Parzellen) angebaut wurden. Die erhobenen Daten umfassen sowohl eine Messung der Nektarmenge (von Blüten im männlichen Blühstadium= proterandrische Phase) als auch Daten zur Länge und zum Durchmesser der Kronröhren. Von jeder Sorte wurden zwei Nektarmessungen (eine Wiederholung) durchgeführt: eine zu Blühbeginn und eine zur Vollblüte, jeweils im Randbereich (Blühphase „Rand“) bzw. in der Mitte (Blühphase „Mitte“) des Blütenkorbes. Pro Sorte wurden 10 Köpfe ausgewählt (5 Pflanzen/Messzeitpunkt).

Der Grund für die Auswahl nach Blühstadien liegt darin, dass in der Literatur das männliche Blühstadium als das nektarreichere Stadium beschrieben wird. Es kann anhand der ausgestreckten Antheren leicht vom weiblichen Blühstadium mit entfalteten Narben unterschieden werden.

Untersuchungen von Free (1964) zeigten, dass hauptsächlich das männliche Blütenstadium beim Nektarsammeln angeflogen wurde (1.501 männliche Stadien zu 99 weibliche Stadien). Auch McGregor (1976) ist der Meinung, dass Nektar Großteiles während des pollenproduzierenden Stadiums (= männliche Blühphase) vorhanden ist.

Die Probensammlung und Aufarbeitung begann am Montag, dem 06.07.2015 und dauerte bis einschließlich Freitag, dem 24.07.2015.

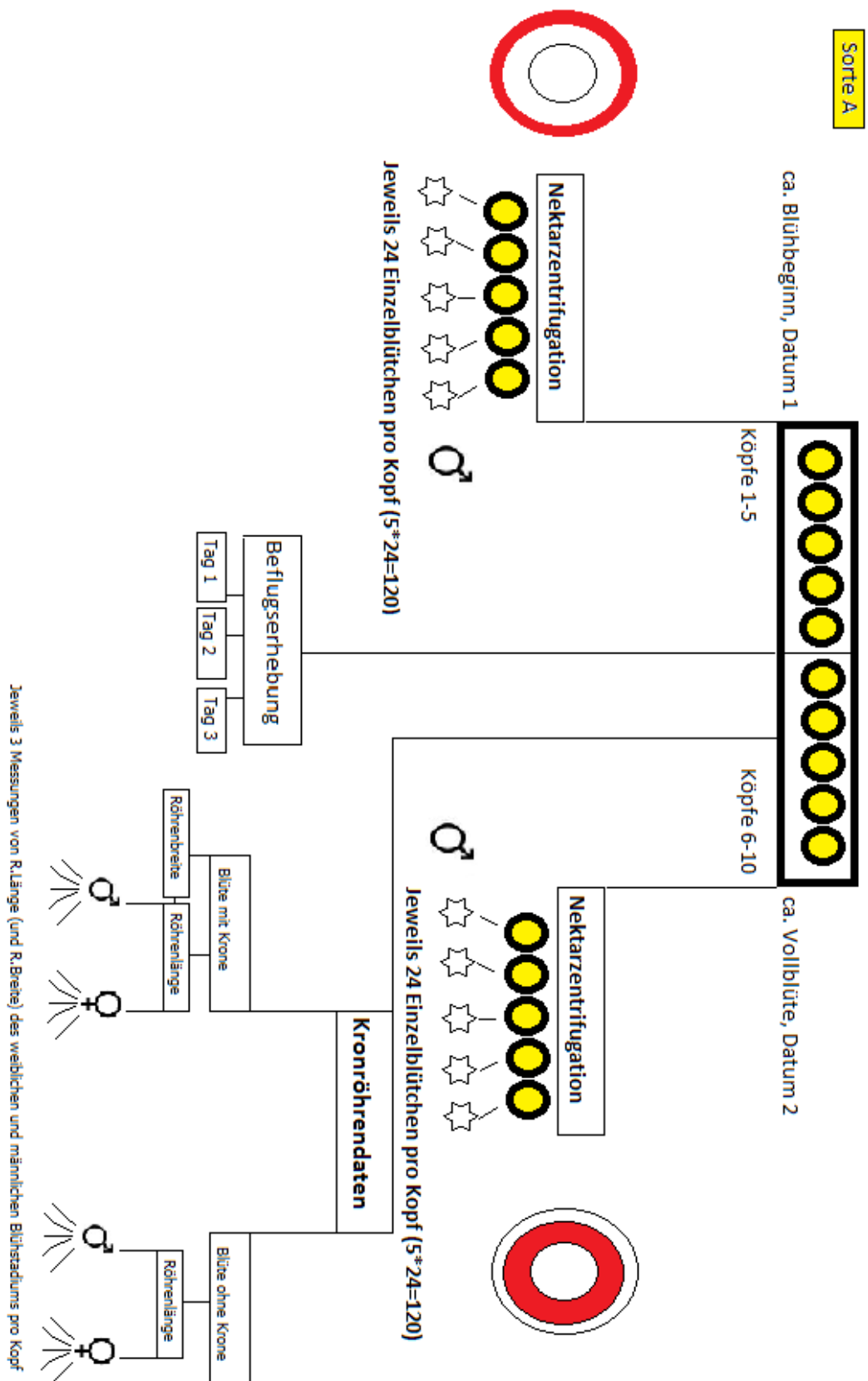


Abbildung 5: Graphische Darstellung des Versuchsdesigns Sorte A

4.7 Probenablauf

4.7.1 Einnetzen der Blütenkörbe und Nektarzentrifugation

Hier wird die Methode beschrieben mit der die Nektarextraktion aus den Blüten erfolgte.

Jeder Probenstag begann um ca. 8:45 Uhr mit dem Einnetzen der Sorten, die am nächsten Tag bearbeitet werden sollten. Pro Tag wurden zwischen zwei und vier Sorten vorbereitet. Das Einnetzen geschah mit Netzhauben der Firma VWR (VWR Basic 53 cm Bouffant Cap, White, Latex Free, Cat. No. 89107-768, Batch No. 021016). Teilweise war ein Verknoten der Netzhauben notwendig, um ein ungewolltes Abdecken aufgrund schlechter Wetterbedingungen (Wind) zu verhindern. Das Netz sollte die Blüten vor dem Konsum des Nektars durch andere Insekten schützen, da dies ansonsten zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen würde. Durch diese Vorgangsweise kann die Nektarproduktion in 24 Stunden eruiert werden. Dabei kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden, dass schon davor Nektar in den Blüten war, der einfach nicht von Insekten konsumiert wurde.

Es wurden jeweils fünf Pflanzen zu Blühbeginn und fünf Pflanzen zur Vollblüte einer Sorte ausgewählt. Die Auswahl der Pflanzen erfolgte subjektiv nach Blühstadium und Ausbildung der Köpfe. Zum Datum 1 Blühphase „Rand“ befinden sich die 5 ausgewählten Köpfe am Beginn der Blüte, einzelne Blütchen sind schon offen, aber kein ganzer Blütenkreis. Zum Zeitpunkt Blühphase „Mitte“ befinden sich 5 andere Pflanzen ungefähr in der Mitte der Blühzeit. Zwischen dem Rand und den Blütenkreisen befindet sich ein Abstand von ca. zwei Fingerbreiten (siehe Abbildung 6).

Die ausgewählten Blütenkörbe haben ungefähr die selbe Größe. Es wurden keine Randpflanzen oder Pflanzen aus einem lückigen Bereich der Pflanzenreihe entnommen, da sich diese Pflanzen aufgrund besserer Raum- und Ressourcenmöglichkeiten stärker entwickeln könnten und daher die Vergleichbarkeit nicht gewährleistet wäre.

Zwischen 9:15 und 9:30 Uhr wurden an den Proben Tagen die jeweils eingesetzten Pflanzen vom Vortag mit einem Messer knapp unter dem Blütenkopf abgeschnitten. Der Transport zum naheliegenden Arbeitsplatz (Labor) erfolgte in einer Styroporbox

mit Kühlakkus.

Im Labor wurde jeder einzelne Blütenkopf auf einem Raster mit Hilfe eines handelsüblichen Maßbandes, das den Kopfdurchmesser anzeigt, fotografisch abgebildet. Der Blütenstand wurde anschließend halbiert, um eine bessere Entnahme der Einzelblüten zu ermöglichen. Pro Kopf wurden 24 Einzelblüten im männlichen Blühstadium präpariert, das weibliche Blühstadium wurde nicht untersucht. Dabei kam es zu einer Entfernung der Pollensäcke sowie des oberen Teiles der Kronröhre. Auch der unreife Samen wurde eingekürzt, damit möglichst wenig Pollen in die gewonnene Nektarprobe gelangte.

Die 24 Einzelblüten wurden mit einer Pinzette kopfüber in jeweils 24 VWR PCR Tubes (PCR Tubes 0.2 ml, Flat Cap, colourless, Cat.No 82-0620-A) gelegt. Pro Blütenkopf wurde ein Pool, bestehend aus 24 Einzeltubes, vorbereitet. Das Gewicht der Tubes wurde vor und nach der Zentrifugation erfasst, um das Nettogewicht des Nektars ermitteln zu können. Die Zentrifugation erfolgte pro Durchgang für eine Minute bei 600 rcf (= Maß für Beschleunigung in Relation zur Erdanziehungskraft, relative centrifugal force).

Da die Tubes zu klein für die verwendete Zentrifuge waren, wurden sie einzeln in ein 0,5 ml Trägertube (Eppendorf, Safe lock Tube) gesteckt. Dieses Trägertube hatte aber für die spätere Messung keine Bedeutung. Als Zentrifuge diente ein Gerät der Firma Eppendorf (Eppendorf Zentrifuge 5424, AGES-Gerätenummer 37).

Nach Beendigung von Zentrifugation und Wiegung erfolgte die Lagerung der Tubes (ohne Blüte) in einem verschlossenen Plastikbeutel.

Am Ende des Tages wurde das Gewicht der mit Nektar gefüllten Tubes mittels einer Waage (Mettler AT4000, AGES-Gerätenummer 15) abgelesen und alle Proben im Tiefkühlschrank bei –21 Grad bis zur weiteren Bearbeitung gelagert.

Nektar: Fotodokumentation von Entnahme bis zur Zentrifugation



Abbildung 6: Zeitpunkt der Einnetzung für Blühphase Mitte (2 Finger Breite)



Abbildung 7: Zeitpunkt der Einnetzung für Blühphase Mitte



Abbildung 8: Eingenetzter Blütenkopf



Abbildung 9: Präparation Blütenkopf - Herauslösen der Einzelblüten

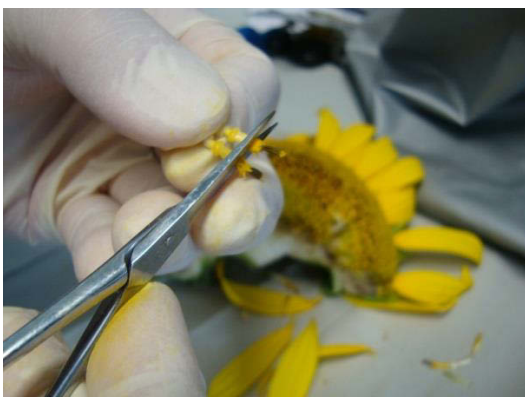


Abbildung 10: Präparation Antheren

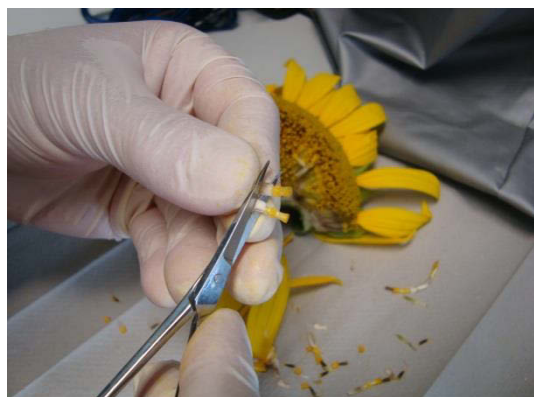


Abbildung 11: Präparation Antheren



Abbildung 12: Präparierte Blüten für Zentrifugation



Abbildung 13: Vorbereitung für Zentrifugation



Abbildung 14: Blüte in Tube (0,2µl)

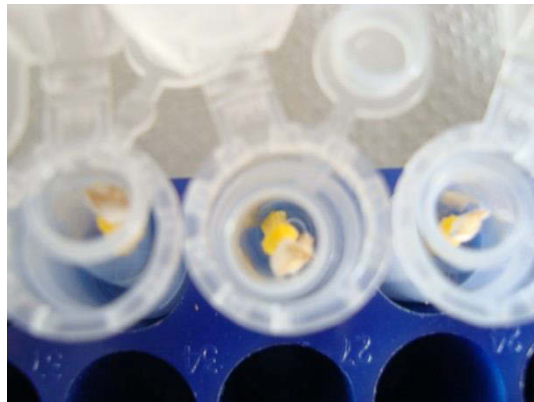


Abbildung 15: Tube in Tube



Abbildung 16: Zentrifuge

Die Kronröhrenvermessung wurde jeweils nach der Zentrifugation durchgeführt. Dabei wurden von jedem Kopf (5 Blütenköpfe insgesamt) jeweils drei Blüten im weiblichen und drei Blüten im männlichen Blühstadium entnommen (Abb.18). Von jeder Einzelblüte wurde eine Skizze angefertigt (Abb. 17). Die Einzelblüten wurden vor dem Skizzieren vom Samenkern und der Narbe bzw. den Pollensäcken befreit, um die Umrisse besser aufnehmen zu können. Daraufhin erfolgte für wenige Minuten

eine leichte Pressung mit einem schweren Gegenstand (Buch). Auf einem angefertigten Datenblatt wurde sowohl die Länge der Kronröhre mit und ohne Krone als auch die Breite schematisch festgehalten (Abb. 19 und 20). Durch den entstandenen Raster (Abb. 21) konnten die Abstände später genau mit einem Computerprogramm vermessen werden. Diese Datenblätter wurden bei der AGES Außenstelle in Lunz am See mit Hilfe eines digitalen Meßsystems vermessen.

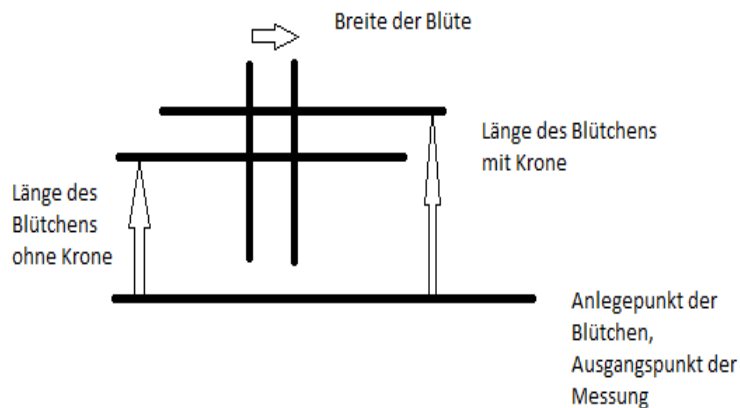


Abbildung 17: Vermessungsraster für Kronröhrendaten

Die Datenblätter wurden mit Hilfe einer Kamera (Nikon Digital Sight DS-U3), die an einem Mikroskop (Wild Heerbrugg MDG 13) angeschlossen war auf den Computer übertragen. Dort wurden die Kronröhrendaten mit einem Vermessungsprogramm (NIS-Elements 4.20.00 (Build 967) LO, 64bit) digital erfasst und in eine Tabelle eingetragen.



Abbildung 18: Männliche und Weibliche Blühstadien für Corollavermessung



Abbildung 19: Markieren der Corollalänge



Abbildung 20: Markieren der Corollabreite

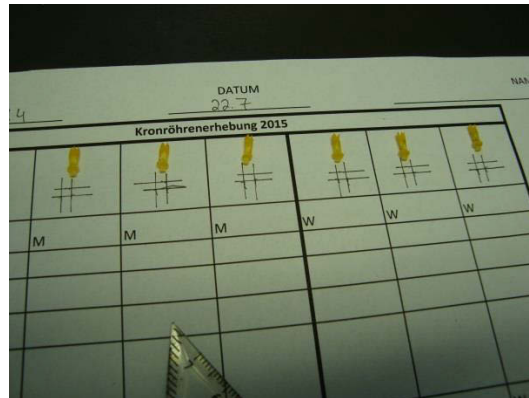


Abbildung 21: Erhobene Corolladaten als Raster

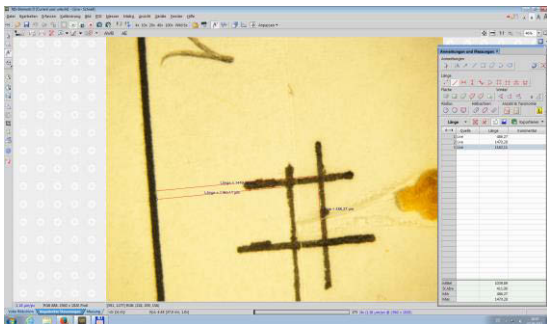


Abbildung 22: Digitale Vermessung



Abbildung 23: Alternative Nektarmessmethoden

4.7.3 Nektaranalyse

Diese hatte zum Ziel, die Zuckerkonzentration und die Zuckerartenzusammensetzung möglichst genau zu erfassen und eventuelle Sortenunterschiede aufzuspüren.

Der Nektar wurde nach der Zentrifugation eingefroren. Im März 2016 wurden die Proben auf ihre Zuckerkonzentration mittels einer Refraktormetermessung und hinsichtlich ihres Zuckerspektrums mittels HPLC an der AGES im Institut für Lebensmitteluntersuchung Linz untersucht.

Dazu wurde der Nektar jeder Sorte, der auf 240 Einzeltubes verteilt war, mit deionisiertem Wasser aus den Tubes gespült. Dazu wurden die Tubes jeder Sorte auf vier Blöcke à 60 Tubes aufgeteilt und jeweils dreimal mit 150 µl Wasser gespült.

Es ergibt sich daraus eine theoretische Wassermenge von 1800 µl (4 Blöcke à 60 Tubes x 3 Durchgänge x 150 µl).

Durch das häufige Spülen mit einer geringen Wassermenge kam es leider zu einem Verlust an Flüssigkeit. Dieser Verlust sollte durch die Anzahl der Spülgänge möglichst geringgehalten werden, da die Konzentration der im Tube verbleibenden Restzuckermenge mit jedem Spülgang immer geringer wird.

Die Proben wurden im Lauf von 3 Wochen durch die Autorin der vorliegenden Arbeit vorbereitet und anschließend zur Bestimmung der Zuckerkonzentration bzw. des Zuckerspektrums nach Linz geschickt.

Für die Messung des Brechungsindex wurden die Probenlösungen in den Probenvials in einer Zentrifuge 5 min bei 6400 min^{-1} zentrifugiert und direkt ausgewertet. Von dieser zentrifugierten Lösung aus der Bestimmung des Brechungsindex wurden 200 µl Probe mit 200µl Acetonitril direkt in ein HPLC Vial mit integriertem Filtereinsatz (Spritzenloses Filtersystem Mini-UniPrep der Firma Whatman) pipettiert. Es erfolgte eine isochratische Trennung der Zucker auf einer Aminopropyl modifizierten Trennsäule (Wüest, schriftliche Mitteilung, 2016).

(Weitere technische Daten siehe Anhang, Ing. Wüest)

4.7.4 Beflugserhebung

Zur Erfassung möglicher Unterschiede im Beflug der verschiedenen Sorten wurden am Sonnenblumenfeld Erhebungen ausgewählter Gruppen von Blütenbesuchern (*Bombus* spp., *Apis mellifera*, *Apoidea*) durchgeführt.

An drei Tagen (15.07, 16.07 und 19.07.2015) wurde der Beflug der einzelnen Sorten dokumentiert. Dieser Zeitraum wurde ausgewählt, weil an diesen Tagen alle Sorten schon blühten bzw. noch geblüht hatten. Ihrem Blühtyp entsprechend (Früh-, Mittel-, Spätblüher) befanden sich die Sonnenblumensorten der jeweiligen Parzellen in unterschiedlichen Entwicklungsphasen. Während die Frühblüher bereits am Ende ihrer Blühphase angekommen waren, standen andere gerade am Beginn der Blüte oder waren in der Mitte der Vollblütenphase angelangt.

Da bei dieser Arbeit der Fokus auf der Gewinnung von Sonnenblumennektar und der Erhebung der Kronröhrendaten lag, konnten aus Gründen der verfügbaren Zeit- und Personalressourcen die Beflugsmessungen nur an den drei genannten Terminen durchgeführt werden.

Gezählt wurde von ca. 09:30 bis ca. 10:30 Uhr, je nach Anzahl der Zählpersonen. Dabei zählte jeder Besuch der Insektengattungen *Bombus* und *Apis*, sowie der Überfamilie *Apoidea* innerhalb von 5 Minuten auf 10 subjektiv ausgewählten blühenden Köpfen.

Die Blütenköpfe wurden so ausgewählt, dass sie immer im Beobachtungsfeld der jeweiligen Zählperson angeordnet waren, sodass eine möglichst genaue Erfassung des Blütenbesuches möglich war.

Jeder Besuch eines anderen Blütenkopfes innerhalb der ausgewählten Pflanzen wurde als weiterer Besuch notiert. Bewegte sich ein Insekt auf einem Blütenkopf und besucht hier Einzelblüte für Einzelblüte, wurde dies nur als ein Besuch gewertet.

Beim Wechsel zwischen den Sorten wurde von den Zählpersonen darauf geachtet, dass die Insekten nicht durch die Anwesenheit dieser Personen und die dadurch verursachte Bewegung und Unruhe im Pflanzenbestand beeinflusst wurden. Dazu diente eine „Ruhepause“ von jeweils einigen Minuten, die gleichzeitig für das Auswählen der zu beobachtenden Blütenköpfe genutzt wurde.

4.8 Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen wurden mit SPSS 23 IBM und Excel durchgeführt. Bei der statistischen Analyse der Gesamtnektarmenge und der Blütenmorphologie gilt es zuerst herauszufinden, ob mit parametrischen (ANOVA) oder nicht parametrischen Tests (Kruskal Wallis oder Mann-Whitney-U) gearbeitet werden kann. Dies ist von der Verteilung der Residuen (= Abweichungen der individuellen Werte vom jeweiligen Gruppenmittelwert) abhängig.

Für die Auswertung der Nektarmengen wurde der Gesamtnektarertrag aus den beiden Erhebungsdurchgängen Blühphase „Rand“ und Blühphase „Mitte“ zusammengefasst.

Bei der Blütenmorphologie wurden pro Sorte die 5 Pflanzen des Blühzeitpunkt „Mitte“, die auch für die Nektargewinnung verwendet wurden, vermessen. Pro Pflanze sind jeweils 3 Einzelblütchen im männlichen und 3 Einzelblütchen im weiblichen Blühstadium vermessen. Die Werte pro Pflanze (6 Werte) wurden gemittelt, sodass pro Sorte 5 (Mittel-)werte entstehen. So kann mit den Ergebnissen

ein Sortenvergleich durchgeführt werden. Die Zuckerdaten und die Beflugsdaten wurden deskriptiv beschrieben.

4.9 Sonstige Daten

Weitere Daten, die im Rahmen des Versuches erhoben wurden, sind:

- **Wuchshöhe:** Die Wuchshöhe wurde einmalig am 14. Juli 2015 gemessen. Dafür wurde eine selbst angefertigte Messlatte mit einer 10 cm Skalierung, die mit Hilfe eines handelsüblichen Zollstocks aufgetragen wurde, verwendet.
Die Messung erfolgte ca. 1 bis 2 Meter innerhalb der Parzelle, wo die Messlatte von einer Person an die Pflanzen angehalten wurde. Die zweite Person verglich die Pflanzen mit der Messlatte und schätzte so grob die Höhe der gesamten Parzelle.
- **Bonitur über Entwicklung, Blühbeginn, Blühende:** Hier wurde der Blühbeginn (10 % der Blütenköpfe einer Parzelle bereits geöffnet) und das Blühende (10 % der Blütenköpfe noch blühend, während der Rest schon verblüht war) notiert. Auch die Entwicklungsstadien der Sorten wurden zwischen 18.05. und 30.06.2015 erfasst.
- **Kopfdurchmesser:** Der Kopfdurchmesser wurde am 04.08.2015 gemessen. Alle Sorten waren bereits verblüht und in die Samenreife übergegangen.
Von jeder Parzelle wurden willkürlich 10 Köpfe mit einem handelsüblichen Maßband vermessen. Über diese 10 Köpfe wurde der Durchschnittswert errechnet.

4.9.1 Test alternativer Methoden zur Nektargewinnung

Da nach der Beendigung der geplanten Versuche noch etwas Zeit und blühende Sonnenblumenköpfe vorhanden waren, wurden zwei weitere Testreihen mit alternativen Nektargewinnungsmethoden (Abb. 23) – wie sie laut Literatur (Ion et al., 2007) von einigen Autoren verwendet worden waren - und unterschiedlichen Blühstadien angeschlossen.

- **Testreihe 1:** Einnetzung von 5 Sorten für 18 Stunden, Zentrifugation von männlichen und weiblichen Blühstadien sowie Testung der Nektargewinnung

mit Hilfe von Kapillaren (Eigenbau von Ion et al., 2007) in Kombination mit einem durch orales Ansaugen über einen Plastikschlauch bzw. eines Plastikbalgs erzeugten Vakuums.

- **Testreihe 2:** Einnetzung derselben 5 Sorten von Testreihe 1 sowie 5 weiterer Sorten für jeweils 18 Stunden. Hier wurden ebenfalls männliche und weibliche Blühstadien mittels Zentrifugation und mit den unterschiedlichen Nektargewinnungsmethoden von Testreihe 1 durchgeführt.

4.9.2 Alternative Methoden im Vergleich zur Zentrifugation

Diese Versuche dienten lediglich für einen Vergleich zwischen der angewendeten Methode und der in der Literatur beschriebenen Methoden.

Eine Möglichkeit besteht darin, mittels Glaspipetten die Messungen durchzuführen. Ein Muster einer solchen Glaspipette wurde aus Rumänien bereitgestellt, wo mit dieser Methode Nektardaten erhoben wurden (Ion et al., 2007).

Dabei gibt es vier Möglichkeiten:

1. Der Schlauch kann über das Glasröhrchen gestülpt und mit dem Mund angesaugt werden. Anschließend wird der Inhalt in ein vorher abgewogenes Tube ausgeblasen und das Gewicht erneut gemessen.
2. Der Schlauch kann über ein Glasröhrchen gestülpt werden und der Nektar in dem Röhrchen gelassen werden. Das Gewicht wird anschließend durch Abwiegen des Röhrchens vor und nach der Ansaugung erhoben.
3. Mittels Glasröhrchen mit Plastikbalg und selbstgemachtem Loch kann der Nektar angesaugt werden und in ein vorher abgewogenes Tube ausgeblasen werden.
4. Mittels Glasröhrchen mit Plastikbalg und selbstgemachtem Loch kann der Nektar angesaugt und im Röhrchen belassen werden, das vor und nach der Ansaugung abgewogen wurde.

Beim Ausblasen der Proben kam es zu dem Problem, dass Nektar zurückblieb. Durch die geringe Anzahl an Glasröhrchen, die in Rumänien durch aufwendige Handarbeit hergestellt werden, musste hier sparsam umgegangen werden.

5. Ergebnisse

Folgende Forschungsfragen/Hypothesen werden im Rahmen dieser Arbeit untersucht:

Nektar

H0a: Die getesteten Sonnenblumensorten unterscheiden sich bezüglich der gewonnenen Gesamtnektarmenge (mg pro 240 Einzelblütchen) nicht.

Zuckerwert

Ist die aus der Zentrifugation gewonnene Flüssigkeit Nektar?

Wie hoch ist die Zuckerkonzentration der gewonnenen Nektarproben?

Aus welchen Zuckerarten setzt sich der Nektar zusammen?

Blütenmorphologie

H0b: Die getesteten Sonnenblumensorten unterscheiden sich bezüglich der gemessenen Kronröhrenlänge (Länge des Blütchens mit Krone) nicht.

H0c: Die getesteten Sonnenblumensorten unterscheiden sich bezüglich der gemessenen Kronröhrenbreite nicht

Beflug

H0d: Zwischen Bienen, Hummel und Wildbienen besteht kein Unterschied in der Beflugshäufigkeit am Sonnenblumenfeld.

5.1 Nektar

H0a: Die getesteten Sonnenblumensorten unterscheiden sich bezüglich der gewonnenen Gesamtnektarmenge (mg pro 240 Einzelblütchen) nicht.

Grundsätzlich ist bei diesem Feldversuch zu beachten, dass es sich hier um eine Momentaufnahme handelt. Die Produktion von pflanzlichem Nektar ist von Umwelteinflüssen und von genetischen Merkmalen abhängig.

Die erhobenen Daten gelten für das Jahr 2015 und den beschriebenen Ort des Versuchsfeldes. Es ist nicht auszuschließen, dass die selben Sorten an einem

anderen Standort, mit beispielsweise tiefgründigerem Boden, sich anders verhalten werden.

Da bei der vorliegenden Variable „Nektar“ die Residuen größtenteils normal verteilt sind (Abb. 24), wurde als parametrisches Testverfahren eine einfaktorielle Varianzanalyse (Anova) samt weiterführenden Posthoc-Tests nach Tukey durchgeführt.

Hier ist die Normalverteilung der Residuen für jede Sorte untersucht worden.

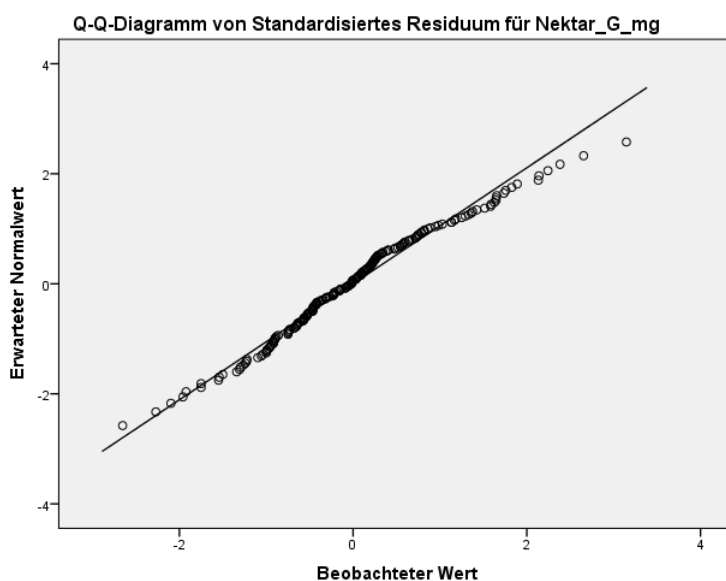


Abbildung 24: Verteilung der Residuen der Variable Nektar über alle Sorten

Mit letzterem Verfahren (Posthoc-Test nach Tukey) können signifikante Unterschiede zwischen den Sorten erkannt werden, sowohl für die Nektarmenge als auch für die später folgende Blütenmorphologie. In der folgenden Tabelle 2 wird ein Überblick über die Mediane, die Mittelwerte, die Standardabweichung, sowie Minimum und Maximum der Nektarwerte für die einzelnen getesteten Sorten gegeben.

Tabelle 2: Nektarwerte für 240 Einzelblüten/24 Stunden/Sorte (mg)

Sorte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	8,30	9,47	2,69	6,80	14,60
2	13,55	15,14	5,60	7,50	24,20
3	8,45	8,46	2,11	5,30	13,20
4	6,35	6,21	1,02	4,70	7,90
5	6,80	7,20	2,34	4,20	11,30
6	6,45	6,22	1,36	4,10	8,70
7	11,25	11,02	2,80	6,70	15,70
8	8,70	8,84	2,16	4,40	12,20
9	9,30	9,53	2,42	6,00	14,10
10	7,85	7,73	,68	6,60	8,90
11	7,80	9,86	4,60	5,40	17,50
12	6,15	7,54	3,06	4,90	14,40
13	9,50	9,58	1,91	6,70	13,30
14	9,95	10,17	2,53	6,60	14,00
15	10,70	10,54	2,73	5,50	13,80
16	12,25	10,94	5,38	4,40	17,10
17	16,50	16,48	2,19	13,90	20,40
18	8,80	8,44	1,52	5,70	10,70
19	10,40	10,54	2,22	7,50	15,10
20	7,60	8,16	2,41	5,30	12,90
Insges.	8,70	9,60	3,71	4,10	24,20

Die Werte der Übersichtstabelle (Tab. 2) beziehen sich auf die durch Zentrifugation gewonnene Nektarmenge aus 240 Einzelblütchen pro Sorte nach 24 Stunden Einnetzung.

Es wurden von 5 Blütenköpfen der Blühphase „Rand“ und 5 Blütenköpfe der Blühphase „Mitte“ pro Sorte jeweils 24 Einzelblütchen pro Blütenkopf entnommen.

Die 24 Blütchen wurden zu einem Pool zusammengefasst, zentrifugiert und abgewogen (Taragewicht der einzelnen Tubes wurde abgezogen).

Die Medianwerte (Summe der 240 Einzelblütchen von Blühzeitpunkt „Rand“ und „Mitte“) liegen zwischen 16,50 mg (Sorte 17) und 6,15 mg (Sorte 12). Ein breites Mittelfeld zeichnet sich zwischen 10 mg und 7 mg ab. Die Sorten 2, 11 und 16 weisen eine deutlich höhere Standardabweichung (5,6; 4,6; 5,38) auf, als bei den anderen Sorten, bei denen die Standardabweichung zwischen 0,68 mg und 3,06 mg pro Sorte lag. Diese drei Sorten variieren sehr stark in der Menge an Nektar zwischen den beiden Blühphasen „Rand“ (Abb. 7) und Blühphase „Mitte“ (Abb. 6) am Blütenkopf. Diese Variabilität lässt vermuten, dass die Nektarproduktion mancher Sorten im Blühverlauf (Blühphase „Rand“ und Blühphase „Mitte“) nicht konstant ist. Welche Ursachen es dafür geben könnte, wurde in dieser Arbeit nicht näher untersucht. Direkt vergleichbar sind diese beiden Blühphasen leider nicht, da es sich um verschiedene Pflanzen handelte.

Der folgende Boxplot (Abb. 24) zeigt die Nektargesamtmenngen von je 240 Einzelblüten für die einzelnen Sonnenblumensorten.

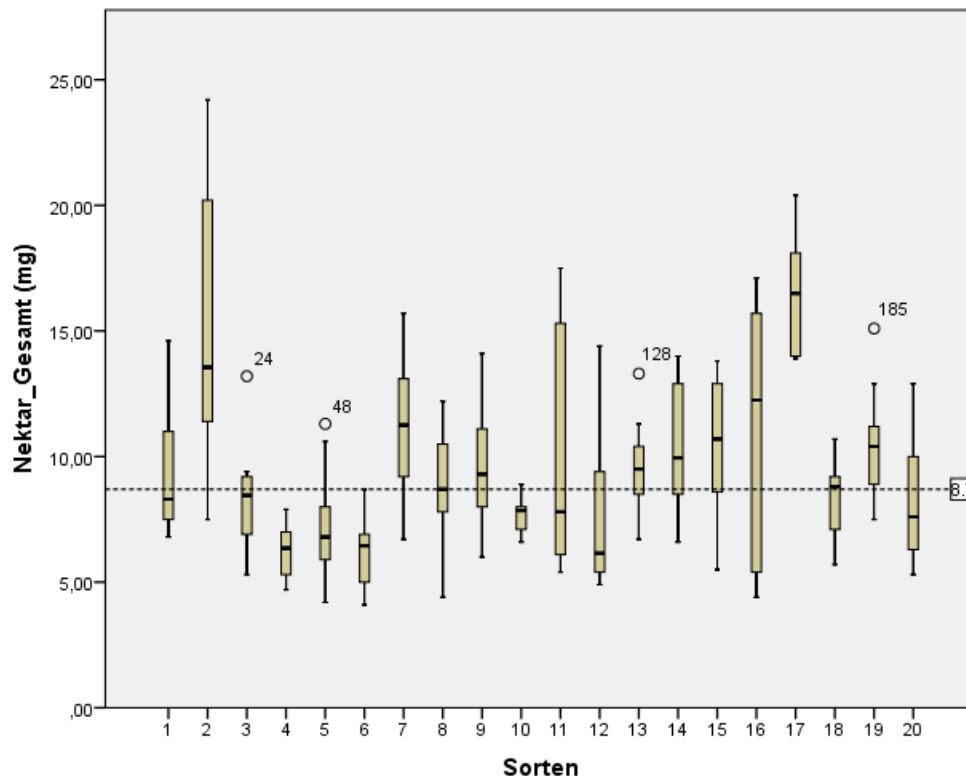


Abbildung 25: Boxplot über Nektar_Gesamt für die jeweilige Sorte

Die Anova über die Gesamtnektarmenge zeigt als Ergebnis einen Signifikanzwert von $p < 0,0001$ ($F=7,227$, $df=19$).

Somit kann die Nullhypothese a) verworfen werden und mit einem p-Wert unter 0,001 als hochsignifikant erachtet werden. Es gibt also Sorten, die signifikant mehr Nektar aufweisen als andere Sorten.

Folgende Sorten liegen über dem Gesamtmedian: 2, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19; die Sorten 1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12 sowie 20 liegen unter dem Gesamtmedian.

Da es sich bei dem Versuch um einen Freilandversuch handelt, konnten abiotische Faktoren nicht kontrolliert werden. Während des Probenahmezeitraums (08.07.2015-22.07.2015) gab es zwei erwähnenswerte Regenereignisse (1 x 14,7 mm und 1 x 4,9 mm), die als Faktor in der einfaktoriellen Varianzanalyse mitberücksichtigt wurden.

Dazu erfolgte eine Codierung der Sorten nach den Kriterien „1 x Regen“ und „2 x Regen“. Mit einem Ergebnis von $p=0,669$ ($F=0,183$, $df=1$) hatte die Anzahl an Regenereignissen bei diesem Versuch keinen signifikanten Einfluss auf die gewonnene Nektarmenge.

Eine Post-Hoc-Analyse zeigt die Sorten, die sich über die Gesamtmenge an Nektar signifikant unterscheiden. Da bei der vorliegenden Arbeit sehr viele Sorten getestet wurden, macht es wenig Sinn, jeden einzelnen signifikanten Unterschied aufzuzählen. Der Übersicht halber werden deswegen die Sorten, die durch die Vielzahl an Signifikanzen besonders herausstechen aufgezeigt. Wie auch im Boxplot zu sehen, sind es hier besonders Sorte 17 (Median= 16,50 mg) und Sorte 2 (Median=13,55 mg), die in ihrer Gesamtheit mehr Nektar in ihren Kronröhren enthielten als die anderen Sorten.

Zwischen Sorte 17 und Sorte 2 – das sind die beiden Sorten mit der höchsten Nektarmenge – bestand kein signifikanter Unterschied. Die Sorte 17 unterscheidet sich mit einer Signifikanz von $> 0,005$ von allen anderen Sorten. Sorte 2 weist signifikante Unterschiede zu insgesamt 13 anderen Sorten auf. Hier liegen die p-Werte zwischen $p=0,021$ (zu Sorte 14) und $p=<0,001$ (zu den Sorten 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18 und 20). Weitere Signifikanzen sind zu Sorte 13 ($p= 0,004$) und zu den Sorten 1 und 9 ($p= 0,003$) gegeben. Die niedrigsten Medianwerte der produzierten Nektarmenge wiesen die Sorte 12 (6,10 mg), die Sorte 4 (6,35 mg) und die Sorte 6 (6,45 mg) auf. Die anderen Sorten befinden sich in einem breiten Mittelfeld mit Medianwerten zwischen 6,80 mg und 12,25 mg.

5.2 Zucker

Flüssigkeit: Mit der Untersuchung des Zuckergehaltes wird festgestellt, ob es sich bei der durch Zentrifugation gewonnenen Flüssigkeit um Nektar handelt. Wie das Ergebnis zeigt, enthielten alle gewonnenen Proben Zucker, das heißt, bei der durch Zentrifugation gewonnenen Flüssigkeit handelt es sich tatsächlich um Nektar.

Die Analyse der Flüssigkeit pro Sorte zeigt die Arten von Zuckern, die sich in der Lösung befinden und wie hoch der prozentuelle Zuckeranteil (Masseprozent) der Flüssigkeit ist.

Zuckerkonzentration

In der aus den 240 Einzelblüten gewonnenen Gesamtzuckermengen bestanden Unterschiede. Es ist keine statistische Aussage möglich, da alle Einzelproben jeder Sorte, aufgrund des geringen Volumens, zu einer Messprobe gepoolt werden mussten. Die Sorten 2 und 17 zeigen mit über 35 mg Zucker in der Lösungsmenge die höchsten Zuckergehalte. Das höchste Ergebnis weist die Sorte 2 mit 3,34 Masseprozent der Lösung (36,84 mg Zucker/Tube) auf, das zweithöchste Ergebnis weist Sorte 17 mit 2,66 Masseprozent der Lösung (36,64 mg Zucker/Tube) auf.

Die anderen Sorten weisen einen Zuckeranteil zwischen 15,27mg/Tube (Sorte 6) und 33,05mg/Tube (Sorte 19) auf. Es tauchen hier also Differenzen bis zu 21,57 mg/Tube zwischen der zuckerreichsten und zuckerärmsten Probe auf.

Die niedrigsten Zuckermengen (Tab.2) wurde bei den Sorten 6 (1,22 Masseprozent), 4 (1,36 Masseprozent), 12 (1,39 Masseprozent und 5 (1,50 Masseprozent) ermittelt.

Zuckerarten

Die Ermittlung der in den Sonnenblumennektarproben enthaltenen Zuckerarten erfolgt mittels HPLC- Methode (High Pressure Liquide Chromatography). Bei allen Proben wurden Glucose und Fructose nachgewiesen. Andere Zuckerarten wie Saccharose, Turanose, Maltose, Trehalose, Isomaltose, Erlöse, Melizitose und Maltotriose waren nicht nachweisbar.

Tabelle 3: Zuckeranteil in mg pro Sorten und Masseprozent gesamt sowie von Glucose und Fructose des Nektar-Wassergemisches

Sorte	Zucker(mg/Tube)	Masseprozent	Glucose	Fructose
1	26,39	2,45	1,20	1,25
2	36,84	3,43	1,67	1,76
3	21,28	1,83	0,88	0,95
4	15,54	1,36	0,68	0,68
5	18,47	1,50	0,74	0,76
6	15,27	1,22	0,59	0,62
7	30,46	2,14	1,04	1,10
8	24,78	2,28	1,11	1,17
9	19,78	2,08	1,03	1,05
10	26,03	2,28	1,11	1,18
11	25,80	1,84	0,92	0,93
12	15,81	1,39	0,68	0,71
13	28,37	2,34	1,12	1,21
14	22,85	1,80	0,88	0,93
15	26,36	1,70	0,84	0,86
16	27,89	2,13	1,04	1,09
17	36,63	2,66	1,30	1,36
18	13,90	1,53	0,75	0,78
19	33,05	2,32	1,14	1,18
20	22,97	1,96	0,94	1,02

5.3 Blütenmorphologie (Kronröhrenlänge und Kronröhrenbreite)

H0b: Sorten unterscheiden sich bezüglich der gemessenen Kronröhrenlänge (Länge des Blütchens mit Krone) nicht.

Da bei der vorliegenden Variable „Kronröhrenlänge“ die Residuen annähernd normal verteilt sind (Abb. 26), wurde als parametrisches Testverfahren eine einfaktorielle Varianzanalyse (Anova) samt weiterführendem Posthoc-Test nach Tukey durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den Einzelsorten herauszuarbeiten.

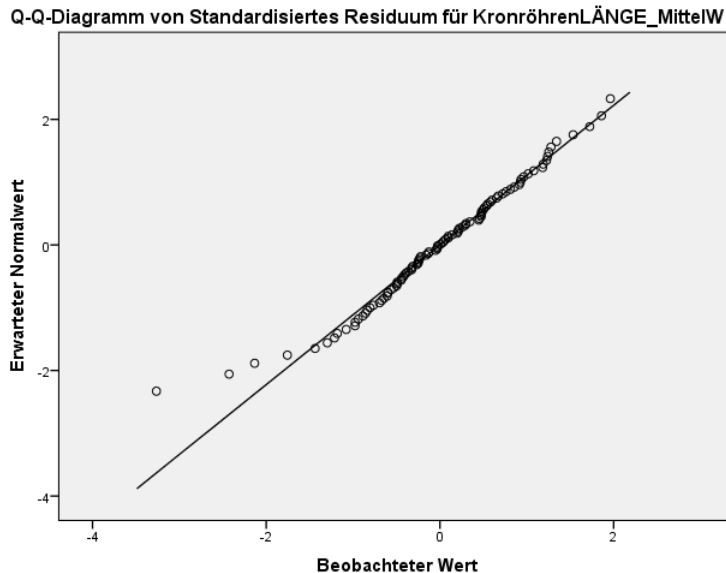


Abbildung 26: Verteilung der Residuen der Variable Kronröhrenlänge über alle Sorten

Um einen Durchschnittswert über die Sorten zu bekommen wurden sowohl Blüten im männlichen wie auch im weiblichen Stadium vermessen.

Pro Sorte wurden von den 5 Pflanzen der Blühphase „Mitte“ jeweils 3 Einzelblüten im männlichen Stadium sowie 3 Einzelblüten im weiblichen Stadium vermessen.

Die Werte pro Pflanze wurden gemittelt, sodass für jede Sorte 5 (Mittel-) Werte entstanden sind. Die Mittelwerte pro Sorte wurden ausgewählt um einen möglichen Pflanzeneffekt auszuklammern, da nicht die Unterschiede zwischen den Pflanzen, sondern Sortenunterschiede Ziel der Fragestellung sind.

In Tabelle (Tab. 4) sind die Ergebnisse nach Sorten zusammengefasst (Mediane, Mittelwerte, Standardabweichung, Minimum sowie Maximum).

Tabelle 4: Daten zu Kronröhrenlängen der getesteten Sorten (Männliche und weibliche Blühstadien wurden als eine Stichprobe behandelt)

Sorte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	8,30	8,37	,33	8,00	8,85
2	7,99	7,95	,17	7,77	8,15
3	7,86	7,78	,41	7,11	8,15
4	7,94	8,04	,24	7,78	8,38
5	8,57	8,50	,22	8,21	8,73
6	8,05	8,02	,28	7,57	8,31
7	7,96	7,90	,18	7,71	8,07
8	7,70	7,63	,47	6,87	8,17
9	8,40	8,44	,19	8,24	8,71
10	7,65	7,92	,42	7,58	8,50
11	8,24	8,40	,43	7,99	9,01
12	8,17	8,22	,30	7,84	8,64
13	8,85	8,92	,21	8,67	9,16
14	7,62	7,64	,25	7,33	8,02
15	8,70	8,68	,26	8,44	9,08
16	9,62	9,61	,35	9,06	9,98
17	8,17	8,30	,25	8,08	8,69
18	8,71	8,79	,18	8,64	9,08
19	8,50	8,51	,11	8,41	8,69
20	8,63	8,46	,58	7,44	8,85
Insges.	8,24	8,30	,55	6,87	9,98

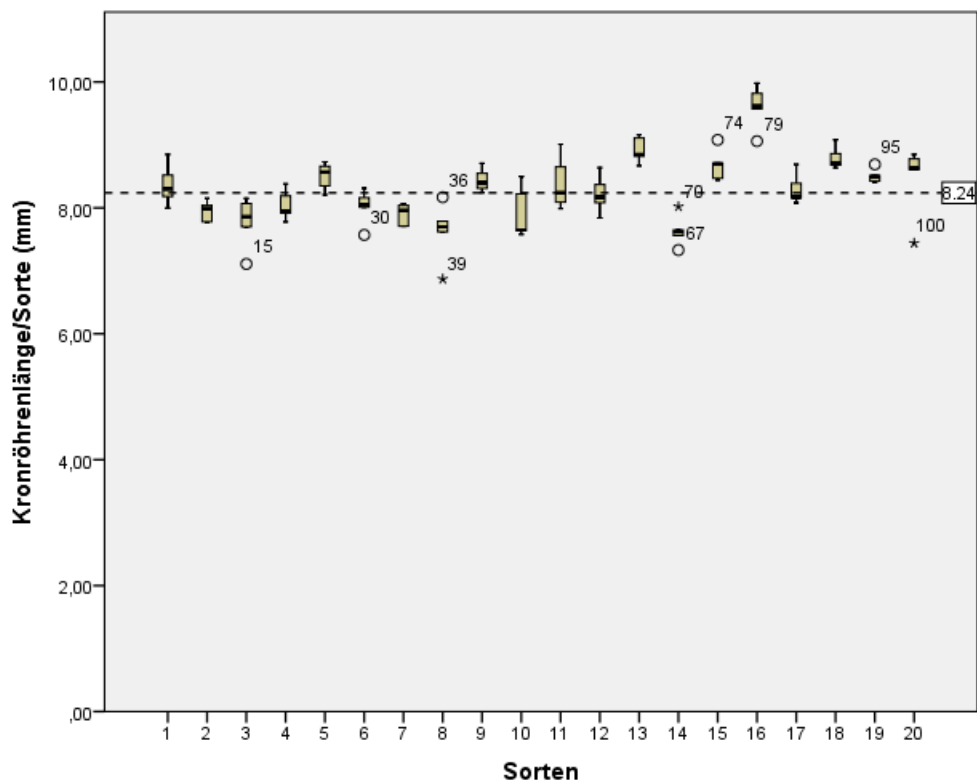


Abbildung 27: Boxplot über Kronröhrenlänge (Mittelwert) pro Sorte (Männliche und weibliche Blühstadien wurden als eine Stichprobe behandelt)

Der Signifikanz-Test ergibt mit ($F=11,771$, $df=19$) einen p -Wert $< 0,0001$.

Die Sorte 16 (Median = 9,62mm) zeigt zu allen anderen Sorten, bis auf Sorte 13 (Median = 8,85 mm), hoch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,012$). Sorte 13 hat signifikant längere Kronröhren als 8 andere Sorten. Sorte 14 (Median = 7,62mm) fällt durch ihre kurze Kronröhre auf; signifikante Unterschiede bestehen zu 10 anderen Sorten, beispielsweise die Sorten 5, 9, 11 oder 18.

Die Tabelle zeigt, dass die Mediane der Kronröhrenlängen der Einzelblüten je nach Sorte zwischen 7,6 mm und 9,62 mm liegen. Die längste Kronröhre weist die Sorte 16 (9,62 mm) auf, die kürzeste die Sorte 14 (7,62 mm). Ein Boxplot (Abb.27) zeigt die Messwerte der Sorten genauer.

Über dem Gesamtmedian liegen die Kronröhrenlängen der Sorten 1, 5, 9, 13, 15, 16, 18, 19 und 20, darunter liegen die Medianwerte der Sorten 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14 und 17.

H0c: Die getesteten Sorten unterscheiden sich bezüglich der gemessenen Kronröhrenbreite nicht.

Nach dem gleichen Schema wie bei der Kronröhrenlänge wird bei der Kronröhrenbreite vorgegangen. Auch hier ist die Verteilung der Residuen als normalverteilt anzusehen.

Da bei der vorliegenden Variable „Kronröhrenbreite“ die Residuen ebenfalls annähernd normal verteilt sind (Abb. 28), wurde als parametrisches Testverfahren eine einfaktorielle Varianzanalyse (Anova) samt weiterführendem Posthoc-Test nach Tukey durchgeführt, um die Unterschiede zwischen den Einzelsorten herauszuarbeiten.

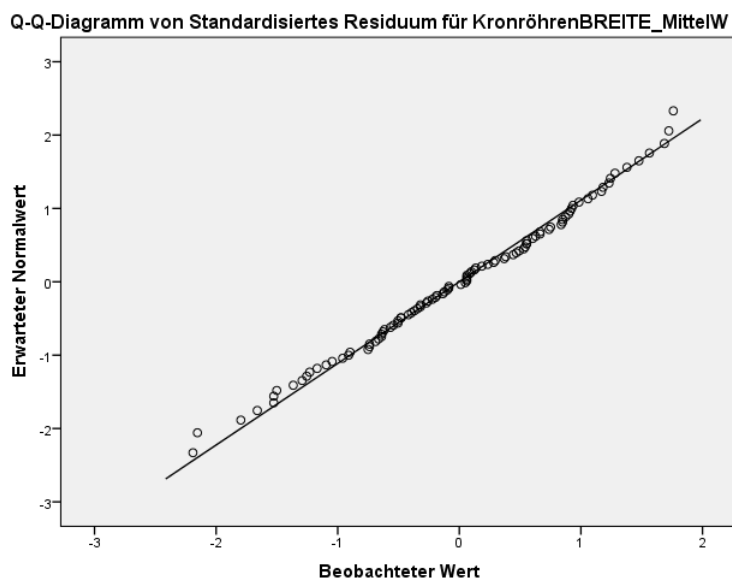


Abbildung 28: Verteilung der Residuen der Variable Nektar über alle Sorten

Tabelle 5 zeigt das Ergebnis der Messungen (Mediane, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum der Sorten.

Tabelle 5: Daten zu Kronröhrenbreiten der getesteten Sorten (Männliche und weibliche Blühstadien wurden als eine Stichprobe behandelt)

Sorte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
1	2,62	2,65	,17	2,43	2,86
2	2,71	2,70	,16	2,50	2,89
3	2,64	2,55	,19	2,26	2,73
4	2,40	2,41	,15	2,21	2,56
5	2,46	2,44	,20	2,20	2,73
6	2,45	2,44	,11	2,32	2,59
7	2,65	2,63	,17	2,38	2,78
8	2,51	2,55	,10	2,44	2,66
9	2,77	2,81	,14	2,66	3,03
10	2,60	2,62	,09	2,52	2,76
11	2,64	2,63	,20	2,42	2,91
12	2,97	2,97	,20	2,72	3,17
13	3,14	3,08	,13	2,90	3,20
14	2,38	2,41	,15	2,22	2,61
15	2,76	2,78	,20	2,51	3,02
16	3,70	3,72	,27	3,36	3,99
17	2,83	2,84	,08	2,74	2,93
18	2,56	2,64	,12	2,55	2,81
19	2,70	2,68	,07	2,56	2,74
20	2,56	2,47	,20	2,12	2,63
Insgesa.	2,66	2,70	,33	2,12	3,99

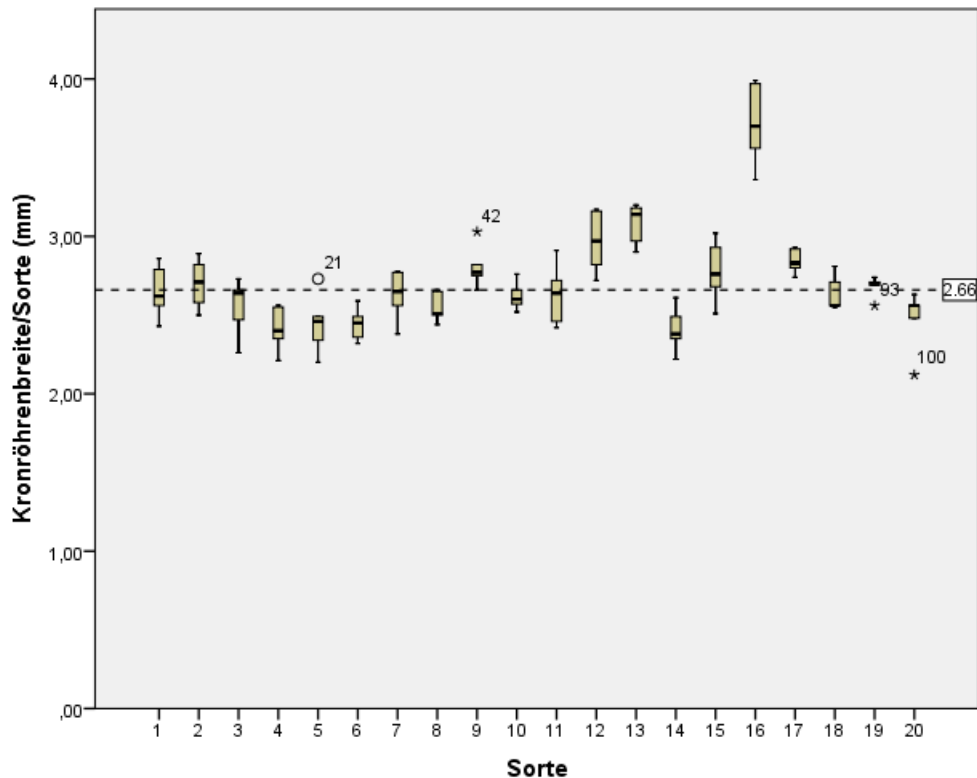


Abbildung 29: Boxplot der Kronröhrenbreite (Mittelwert aus je 5 männlichen und 5 weiblichen Blütenstadien) pro Sorte

Die Auswertung zeigt signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen den Sorten ($F=16,967$, $df=19$).

Im Posthoc-Test nach Tukey zeigen sich hochsignifikante Unterschiede zwischen den Kronröhrenbreiten der Sorte 16 und den anderen Sorten ($p < 0,001$). Bei der Sorte 13 (Median=3,14 mm) gibt es signifikante Unterschiede zu 15 der anderen 19 Sorten.

Die Tabelle 4 zeigt, dass die Mediane der Kronröhrenbreiten der Einzelblüten je nach Sorte zwischen 3,70 mm (Sorte 16) und 2,38 mm (Sorte 14) liegen. In Abbildung 29 sind die Ergebnisse der Sorten in einem Boxplot dargestellt.

Über dem Gesamtmedian liegen die Kronröhrenbreiten der Sorten 2, 9, 12, 13, 15, 16, 17 und 19, unter dem Gesamtmedian liegende die Sorten 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 18 und 20.

5.4 Beflugsdaten

H0d: Zwischen Bienen, Hummel und Wildbienen besteht kein Unterschied in der Beflugshäufigkeit am Sonnenblumenfeld.

Über alle drei Beobachtungstage wurden in den ausgewählten Zeitfenstern insgesamt 1379 Blütenbesucher auf den Sonnenblumenköpfen beobachtet. Diese verteilten sich auf 1136 Hummeln, 175 Honigbienen und 68 Wildbienen. Das Ergebnis zeigt klar, dass Hummeln die am häufigsten beobachtete Bestäubergruppe an den Sonnenblumen bildten.

In Abbildung 30 werden alle Besuche der drei Insektengruppen (Gruppe 1= Honigbienen – *Apis mellifera*, Gruppe 2= Hummeln – *Bombus* sp., Gruppe 3= Wildbienen – Überfamilie Apoidea) prozentuell dargestellt. Rein deskriptiv zeigt die Beflugsbeobachtung, dass die größte Gruppe der Besucher Angehörige der Gattung *Bombus* sp. Waren. Der Durchschnitt liegt bei 18,9 Hummeln pro Sorte/ pro Tag). Die wenigsten Besuche am Sonnenblumenfeld konnten von Vertretern der Gruppe der Wildbienen (durchschnittlich 1,1 Wildbienen pro Sorte/ pro Tag) beobachtet werden. Die Honigbienen sind zwar häufiger als Wildbienen, doch können sie mit einem Durchschnittswert von 2,9 Honigbienen pro Sorte/ pro Tag nicht mit den Hummelbesuchen mithalten.

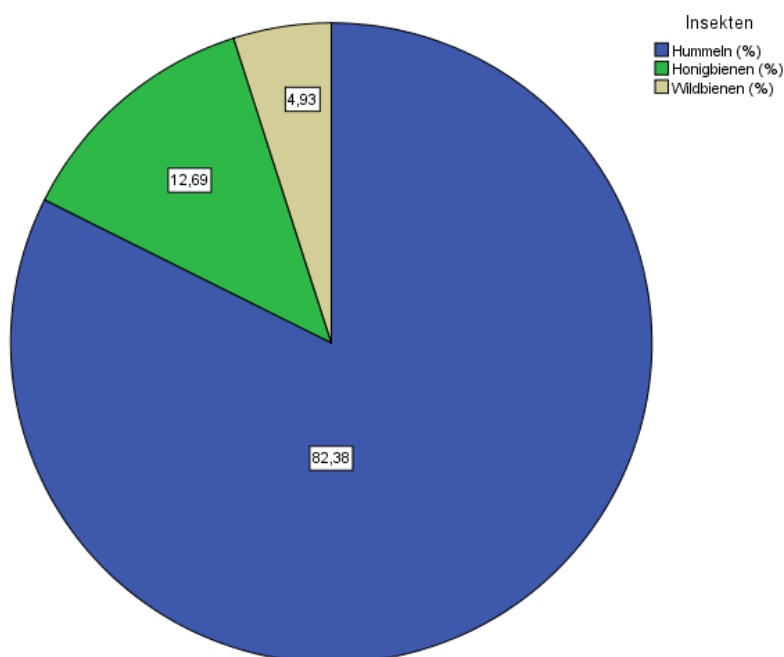


Abbildung 30: Verteilung (%) der Blütenbesucher nach Bestäubergruppen

Nachdem Hummeln als größte Bestäubergruppe am Sonnenblumenfeld gemessen werden konnten, zeigt eine Aufteilung der Hummelbesuche auf die drei Zähltag, dass es auch bei den Hummeln Sortenpräferenzen gibt.

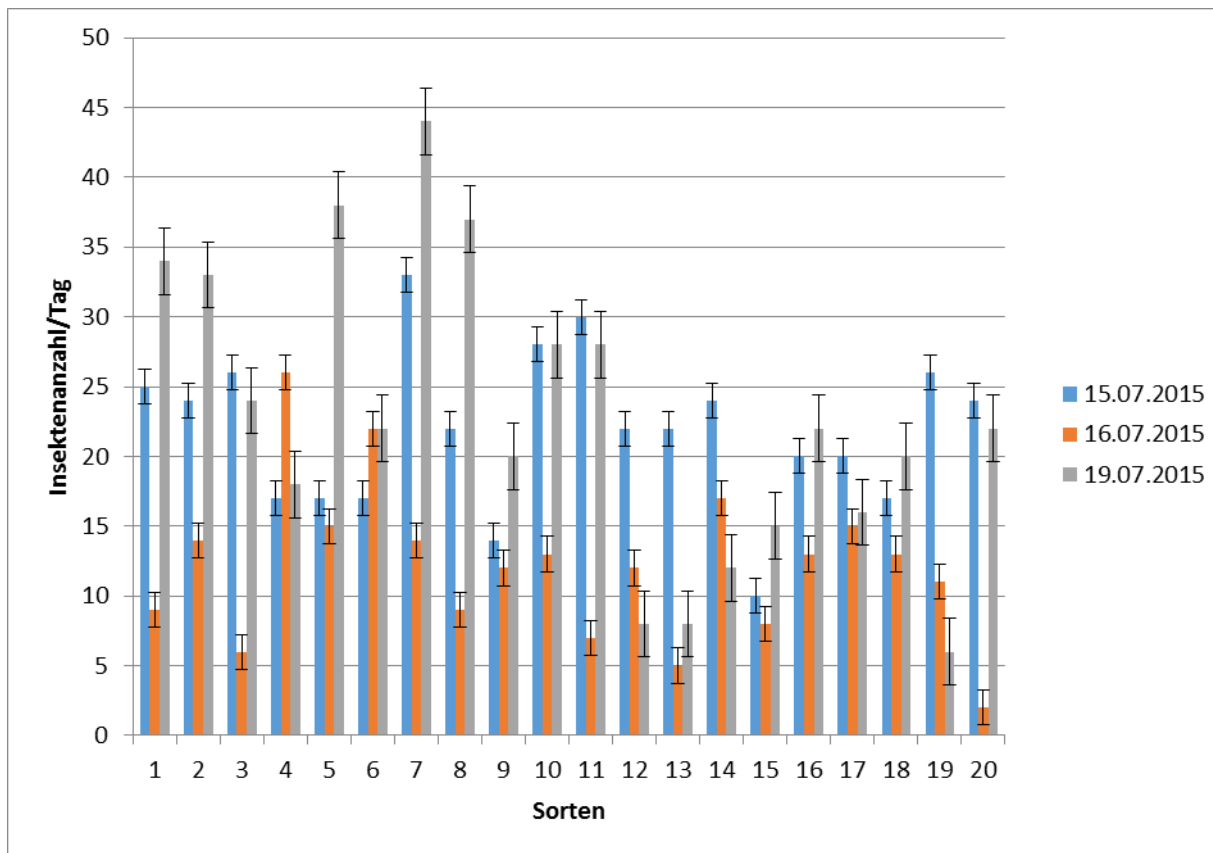


Abbildung 31: Hummel-Beflugszahlen 2015 nach Sonnenblumensorten und Zählterminen

5.5 Alternative Nektarversuche

Bei dieser Versuchsreihe wurden von den angegebenen 10 Sorten jeweils 24 Blüten im männlichen und weiblichen Blühstadium zentrifugiert. (Einnetzdauer 18 Stunden)

Als alternative Nektarmessmethoden wurden in der Literatur angegebene Methoden verwendet um zu sehen, ob mit der angewendeten Zentrifugationsmethode gute Nektargewinnungswerte erzielt werden können.

Die alternativen Nektarmessmethoden umfassten das Aufsaugen von Nektar mit Hilfe von Kapillaren (Eigenbau von Ion et al., 2007) in Kombination mit einem durch orales Ansaugen über einen Plastikschauch bzw. einen Plastikbalg erzeugten Vakuums.

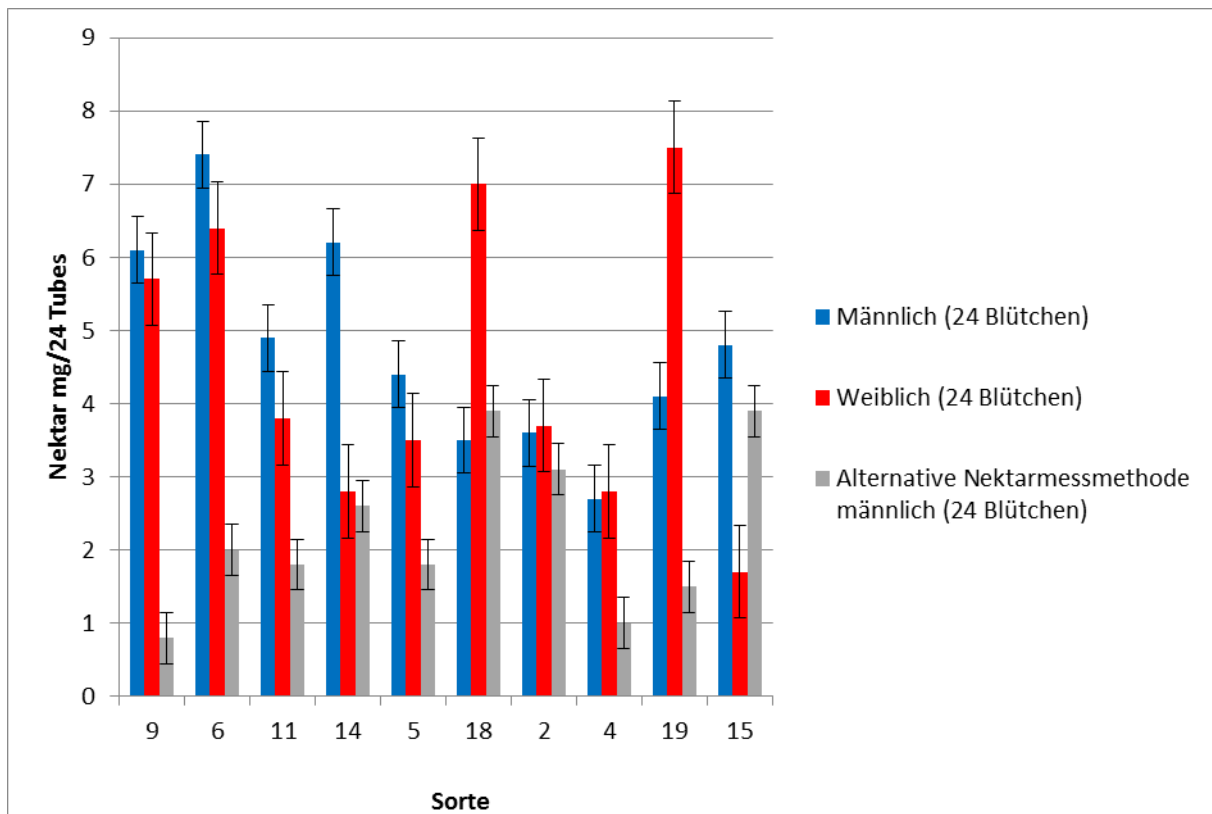


Abbildung 32: Alternative Nektarmessmethoden im Vergleich mit Zentrifugation

Die Abbildung zeigt, dass mit Hilfe der angewendeten Zentrifugationsmethode die größte Menge an Nektar extrahiert werden kann. Auch die Wahl, die Blüten im männlichen Blühstadium für den Versuch zu entnehmen erwies sich als vorteilhafter als die Entnahme der weiblichen Blühstadien. Abweichend davon zeigte sich jedoch bei den Sorten 18 und 19 eine deutlich erhöhte Nektarmenge im weiblichen Blühstadium als im männlichen Blühstadium. Bei den anderen Sorten sind die männlichen Blühstadien überlegen oder knapp darunter (Sorte 2 und Sorte 4).

6. Diskussion

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*) ist eine der letzten wichtigen Honigernten des Jahres (Ion, et al., 2007). Während *Helianthus annuus* beispielsweise in Rumänien eine der bedeutendsten honigtragenden Kulturpflanzen ist, mit Erträgen zwischen 6,0 kg/ha bis über 83,5 kg/ha ja sogar bis zu 115 kg/ha (Ion et al. 2010), sieht die Realität in Österreich und Deutschland anders aus. Die Sonnenblume gibt vielen ImkerInnen ein Rätsel auf. Immer wieder tauchen Meldungen – auch in diversen Internetforen (Imkerforum.de, 2007, Bienenaktuell.com, 2011, Einfachimkern.de, 2016) – über blühende Sonnenblumenfelder auf, die trotz der vollen Blüte keinen Honigertrag liefern. Einmal laufen die Bienenvölker Gefahr zu verhungern, ein anderes Mal gibt es auch positive Rückmeldungen über Nektarerträge aus der Sonnenblume. Dieses Thema beschäftigt also nicht nur die Wissenschaft (Vear, 2016; Mitchell, 2004; Ion et al., 2010), sondern auch die Imkerwirtschaft.

Den Sonnenblumensorten, die heute auf dem Markt sind, wird nachgesagt nicht mehr so viel Nektar zu produzieren, wie die Sorten vor 30 Jahren (Vear, 2016). Ein Grund dafür könnte die reduzierte Blühdauer der Blütenköpfe sein. Diese hat sich im Gegensatz zu früher auf zwei bis drei Wochen verringert (Chauzat, 2009, Cerrutti & Pontet, 2016). Ion et al. (2010) zeigten sogar starke Unterschiede bei heutigen Sorten von 10 bis 20 Tage zwischen dem Beginn des Blühprozesses (10% des Bestandes blühen bereits) und dem Ende des Blühprozesses (10% des Bestandes blühen noch). Mit dieser Arbeit werden erste Schritte hin zu einer besseren Erforschung von Nektargehalt und Blütenmorphologie bei der Sonnenblume (*Helianthus annuus*) gesetzt. Diese zwei Merkmale gelten als die wichtigsten Parameter, wenn es um Attraktivität bei den Bestäuberinsekten geht (Joksimovic et al., 2003).

Grundlegend ist zu den **klimatischen Gegebenheiten** des Feldversuchs folgendes zu beachten. Die Zusammenfassung der ZAMG ergab österreichweit im Juli 2015 ein Plus von 3,0 °C zum Mittel der Jahre 1981 bis 2010, weshalb man diesen Juli sogar als den wärmsten Juli seit den Anfängen der Temperaturaufzeichnung zählte.

Kühlere, aber ebenfalls heiße Julimonate gab es in den Jahren 2006 (mit +2,7 °C) sowie 1983 und 1994 (mit jeweils +2,2 °C). In Bezug auf die Niederschlagsmenge kam es im Juli 2015 zu Extremwerten. Gesamt betrachtet lag das Minus bei 20 % der Niederschlagsmenge des vierteljährlichen Durchschnittes der Jahre 1981 bis 2010, wobei sich hier ein starkes Nord-Süd-Gefälle abzeichnete. Während der Süden ein starkes Plus an Regenmenge (von ca. 100 %) aufwies, herrschte im Norden Österreichs ein Minus von bis zu -77 % (ZAMG, 2015). Für das Bundesland Wien im speziellen gab es Einbußen bei der Niederschlagsmenge um -45%, sowie ein Temperaturplus von +3,1°C. (ZAMG,2015)

Die Nektarproduktion ist neben genetischen Komponenten (Vear, 1990 und Joksimovic, J., et al., 2003) auch von **Temperatur und Niederschlag** (Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, o.J.) abhängig. Wie schon erwähnt, handelte es sich bei diesem Versuch um einen einjährigen Feldversuch. In wie weit die Temperatur oder die Niederschlagsmenge die Nektarproduktion beeinflusst hat, wurde nicht als Forschungsfrage berücksichtigt. Da Wassermangel vor allem im Stadium zwischen Blüte und beginnender Reife der Sonnenblumenkerne zu einem Ertragsminus von bis zu 26% führen kann (Pejic et. al, 2009) und auch der Ölgehalt unter Wassermangel reduziert wird (Göksoy et. al., 2004), wird angenommen, dass die Nektarproduktion durch vorhandene Wasserressourcen ebenfalls positiv bzw. negativ beeinflusst werden kann. Zajácz (2011) und Ion et al. (2008) konnten dies in ihren Studien bestätigen. Trotzdem wurde der Versuch nicht bzw. nur einmalig (10.06.2015) künstlich bewässert, um diesen einjährigen Versuch so praxisnah wie möglich zu gestalten, wurde auf eine weitere künstliche Bewässerung verzichtet. Die Bereitschaft der Bauern, die Anbauflächen für eine mögliche gesteigerte Nektarproduktion zu bewässern, wird sich nach persönlicher Einschätzung der Autorin gering halten. Dass eine Bewässerung der landwirtschaftlichen Praxis widerspricht zeigt auch, dass 2010 nur 0,23% der Sonnenblumenfelder in ganz Österreich bewässert wurden (Statistik Austria 2013).

Auch der Endbericht „Bewässerte Flächen“ eines Ingenieurbüros (WPA, 2011) zählt Ölpflanzen im Allgemeinen als nicht bewässerungswürdig auf. Nach Hofstätter (1991) stellten sich unbewässerte Felder als kostengünstigere Variante dar, da die Bewässerung keinen merklichen Mehrertrag liefert.

Die grundlegende Forschungsfrage dieser Diplomarbeit war, ob Unterschiede hinsichtlich Nektarproduktion, Kronröhrenlänge und Kronröhrenbreite zwischen den getesteten Sorten existieren. Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass es signifikante **Unterschiede** gibt.

Hinsichtlich des **Zuckerwerts** konnten keine Signifikanzen festgesellt werden, da es jeweils nur ein (Mittel-)Wert pro Sorte erhoben wurde. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss allerdings beachtet werden, dass es sich hierbei um eine Momentaufnahme handelt. Die genauen Gründe der aufgetretenen Unterschiede können vielseitig sein und müssen in zukünftigen Studien gezielter nachgewiesen und bearbeitet werden.

Wie für einen Feldversuch typisch, konnten hier abiotische Faktoren wie Temperatur und Niederschlag nicht beeinflusst werden. In dem Zeitraum von 8.07 bis 22.07.2015 gab es Regenereignisse mit insgesamt 25,1 l/m². Erwähnenswert sind allerdings nur zwei der insgesamt 6 Regenereignisse. Am 08.07.2015 hat es 14,7 mm (14:00 bis 23:00) geregnet, das zweite Regenereignis war am 14.07.2015 (14:50 bis 16:20), hier waren es 4,9 mm Niederschlag, der gefallen ist.

Die anderen kurzen Schauer lagen zwischen 0,8 mm und 1,7 mm. Bei diesen geringen Mengen ist fraglich, wie viel Wasser den Boden direkt erreicht hat, da der Regen bei einem dichten Sonnenblumenbestand schon durch die Blätter aufgefangen wird oder bei heißen Temperaturen gleich verdunsten könnte.

Dass klimatische Bedingungen wie Regen und/oder Temperatur einen Einfluss auf das Nektarpotential von Sonnenblumensorten haben, zeigten Ion et al. (2010). So sinkt in trockenen Jahren die Nektarauscheidung, während der Zuckergehalt steigt. Zu heiße Jahre bedeuten ebenfalls einen Verlust an produzierter Nektarmenge.

Nach Zajácz (2011) haben mehr als 18 mm Niederschlag einen signifikanten Einfluss auf die Nektarproduktion. Laut Zajácz (2011) allerdings liegt der optimale Wert der Temperatur für die Nektarproduktion zwischen 20 °C und 25 °C Tageshöchstwert.

Diese Summe wurde im vorliegenden Versuch deutlich überschritten. Während des Probezeitraums herrschte aber in Wien eine durchschnittliche Tageshöchsttemperatur von 32,5° C (min.=25,1°C; max.= 39,3 °C). Das heißt, die Optimaltemperatur für die Nektarproduktion wurde zeitweilig um bis zu 14 °C überschritten. Für die Interpretation der erhobenen Daten bedeutet das, dass die

gemessenen Nektarmengen eher im unteren Bereich des unter Optimalbedingungen Möglichen liegen. Im Hinblick auf die allgemein erwartete Klimaänderung und -erwärmung sind für die Gewinnung von Sonnenblumenhonig somit beträchtliche Auswirkungen zu erwarten, wenn es während der kritischen Entwicklungs- und Blütezeiten zu ungünstigen Temperatur- und Niederschlagsbedingungen kommt.

Auch die **Qualität des Bodens** beeinflusst die Erträge und somit im weiteren Sinn auch den allgemeinen Zustand des Pflanzenbestandes. Landwirtschaftlich genützte Kulturen (besonders Mais, Winterweizen und Sonnenblume) zeigen die besten Erträge auf Chernozem- Böden, die geringste Ernte wurde auf Gleysol-Böden (Staunässeböden) erhoben (Juhos et al., 2015). Auf dem vorliegenden Versuchsfeld in Wien handelte es sich um einen geschütteten Boden von geringer Qualität, bei dem keine Topwerte der Nektarproduktion zu erwarten waren.

Wie die Nektarmessungen zeigten, hatten alle untersuchten Sonnenblumensorten Nektar produziert. In Bezug auf die durch Zentrifugation gewonnene Nektarmenge erwiesen sich **zwei Sorten** als signifikant ertragreicher als ein Großteil der anderen Sorten. Vor allem die Sorte 17 und die Sorte 2 hatten unter den herrschenden Boden-, Temperatur- und Niederschlagsbedingungen den meisten Nektar produzieren können. So würde sich bei diesen beiden Sortenweiterführende Untersuchungen zum Nektarertrag bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen bzw. unterschiedlicher Wasserversorgung (Niederschläge, Bewässerung) anbieten, Das würde zeigen, ob diese Sorten auch unter verschiedenen Umweltbedingungen tatsächlich eine höhere Nektarausscheidung haben als andere Sorten. Gleichzeitig sollte dabei auch der Zuckergehalt des Nektars (= Nektarkonzentration) erfasst werden.

Da die Hauptziele der Pflanzenzüchtung vor allem im Ertrag, in der Sortenstabilität und einer Krankheitsresistenz liegen (Cerrutti & Pontet, 2016), gibt es kaum wissenschaftliche Untersuchungen zu den genetischen Grundlagen der Nektar- und Pollenproduktion. Für Sonnenblumen wurde diese Frage von Vear et al. (1990) an 2 Serien von Elternlinien und den daraus gezüchteten Hybriden untersucht. Das

Ergebnis zeigte signifikante Genotyp- und Elternlinieneffekte. Für gezielte Zuchtprogramme auf Nektar- und Pollenproduktion wäre aber die Kenntnis der zugrundeliegenden physiologischen Mechanismen und deren Umweltwechselwirkungen erforderlich.

Martin und Farina (2016) untersuchten die Blütenstetigkeit und Bestäubungseffizienz von Honigbienen in der Hybridsaatgutproduktion von Sonnenblumen. Dabei zeigte sich eine Abnahme der Häufigkeit im wechselnden Blütenbesuch zwischen den männlich fertilen und männlich sterilen Elternlinien mit zunehmendem Pflanzendimorphismus dieser Linien.

Sonnenblumennektar besteht zu einem Großteil aus **β - und α -Glucosen** sowie **Fructosen**, während Raffinose und Saccharose nur einen geringen Prozentsatz des Zuckeranteils im Nektar ausmachen (Bosi, 1973). In der vorliegenden Arbeit konnten diese Angaben bestätigt werden, da die Bestimmung des Zuckerspektrums mit HPLC (Tab.3) nur Glucose und Fructose ergeben hatte. Die anderen Zucker waren unter der Nachweisgrenze.

Auch beim Verhältnis der Zuckerarten gibt es einen signifikanten Einfluss der klimatischen Bedingungen, so kommt es beispielsweise zu einer Reduktion des Glucose-Anteil im Nektar, wenn die Temperatur steigt (Zaj  cz, 2011).

In der vorliegenden Arbeit konnte durch die geringen Personal- und Zeitressourcen während der Bl  tzeit der Sonnenblume die Nektarkonzentration der Proben nicht sofort ermittelt werden. Daher wurden in einem Zwischenschritt die Tubes mit den durch Zentrifugation gewonnenen Nektartr  pfchen tiefgekühlt gelagert. Später stellte sich dann heraus, dass es durch das Einfrieren zu einer Anlagerung von winzigen Wassertröpfchen in Form von Eiskristallen am Tubendeckel oder den Tubew  nden kommen kann, wie von Reinartz (2011) beschrieben. Durch simples Auftauen und Entnehmen der Nektarmenge vom Boden des Tubes wären diese kleinen Wassermengen verloren gegangen und die Messung hätte eine zu hohe Nektarkonzentration ergeben. Deshalb mussten die gefrorenen Nektarproben nach dem Auftauen aufwendig durch wiederholte Spülungen der einzelnen Tubes gewonnen werden (siehe Material und Methoden). Dadurch gestaltete sich die Bestimmung der Zuckermenge im Nektar (Nektarkonzentration) schwieriger und

wesentlich zeitaufwändiger als ursprünglich gedacht. Hier wäre eine sofortige Messung nach der Gewinnung mit Hilfe eines Refraktometers wesentlich zeitsparender gewesen und sollte daher bei künftigen Versuchen gleich so eingeplant werden.

Auch die **Blütenmorphologie** der Kronröhre (*Corolla*) ist für die Bestäuberinsekten limitierend. Ist eine (Sonnenblumen-) Blüte kurz genug um auch Honigbienen die Chance zu bieten an den kostbaren Nektar zu gelangen?

Bei der Honigbiene ist zum Beispiel die Rüssellänge abhängig von der Unterart. Laut Böttcher (1977) beträgt die Rüssellänge bei Arbeiterinnen der Spezies *Apis mellifera carnica* 6,59 mm, bei *A. m. mellifera* 6,26 mm und bei *A. m. caucasica* 6,70 mm (USA).

Für die Praxis kann dieser Unterschied bedeuten, dass eine Bienenunterart bei gegebener Kronröhrenlänge den gesamten Nektar aus der Blüte aufnehmen kann oder nur den Teil, der mit der gegebenen Rüssellänge erreichbar ist. Ist der Nektarstand in einer langen Kronröhre hoch, kann die Biene bei gegebener Rüssellänge diesen erreichen, ist der Nektarstand niedrig, aber nur mehr einen Teil davon. Somit hängt die Menge an bienenverfügbarem Nektar sowohl von der Kronröhrenlänge und dem Nektarstand in der Kronröhre als auch von der Rüssellänge der Bienen-Unterart ab.

Wie die Zählergebnisse zum Insektenbeflug zeigten, waren zwar auch Honigbienen auf der Versuchsfläche anzutreffen, aber in einer weitaus geringeren Zahl als Hummeln (siehe Abb. 30).

Ein Mangel an Bienenvölkern in der näheren Umgebung kann als Grund für die geringe Zahl an Honigbienen an den Sonnenblumen ausgeschlossen werden. Denn in nur ca. 300 m Entfernung befanden sich 23 hauseigenen Bienenvölker der AGES.

Da zur Zeit der Sonnenblumenblüte keine großflächigen anderen Trachtquellen im Flugkreis der Bienen verfügbar waren, stellt sich die Frage, warum die Hummeln beim Besuch der Sonnenblumen gegenüber den Honigbienen dominierten.

Interessanterweise konnte am gleichen Standort in der Spargelfeldstraße in einem

Bestand von Sonnenblumen durch Studenten der Universität für Bodenkultur im Rahmen eines Bachelorseminars das genaue Gegenteil beobachtet werden. Hier waren die Honigbienen die häufigsten Blütenbesucher, gefolgt von Hummeln und Wildbienen (Pachinger et al., 2014). Laut Zamg (2014) war der Juli 2014 gekennzeichnet durch mehr Niederschlag (plus 55% im Vergleich zum langjährigen Mittel), die Temperatur verzeichnete nur ein Plus 0,5 °C. Es könnte also mit den Wetterbedingungen zu tun haben, dass die Nektarproduktion der Sonnenblumensorten beeinflusst hat.

Ein durch die Trockenheit bedingter niedriger Nektarstand in den Kronröhren der Sonnenblumenblüten könnte eine mögliche Erklärung für deren geringe Attraktivität für Honigbienen sein. Da Hummeln einen längeren Rüssel haben, können diese auch bei niedrigem Nektarstand noch Nektar gewinnen, im Gegensatz zu Honigbienen.

Hawkins (1969) gab an, dass Honigbienen ihre Zunge bis zu 7 mm in Blüten des Rotklees stecken können. Die Hybride, die von den Forschungsteam Ion et al. 2007 untersucht wurden, wiesen eine Corollalänge zwischen 5,1 mm und 6,3 mm auf. Zajác (2011) kommt auf ähnliche Werte (5,35 mm bis 6,73 mm) für die untersuchten Sorten. Die Messmethoden zur Ermittlung der Corollalänge werden bei Ion et al. (2007) nicht beschrieben, bei Zajác (2001) wurden die Kronröhren mittels einer Digitalcamera, die an einem Mikroskop abgeschlossen war, vermessen. Die gemessenen Corollalängen des österreichischen Versuchs variieren zwischen 7,60 mm und 9,62 mm (siehe Tab.4). Die verwendeten Sorten der drei unterschiedlichen Versuche sind nicht die gleichen.

Die Daten zum Blütenbesuch zeigen, dass die Parzellen mit den 20 Testsorten hauptsächlich (über 75%) von Hummeln besucht wurden. Ein Grund dafür könnte sein, dass Hummeln wie schon erwähnt einen längeren Saugrüssel haben. Ein weiterer Grund könnte der Pollen der Sonnenblume sein. Nach Nicolson und Human (2013) wird dem Pollen der Sonnenblume geringe Qualität zugeschrieben, da er einen geringeren Anteil an Proteinen besitzt. Auch sind essentielle Aminosäuren, wie Methionine und Tryptophan, nur minimal vorhanden. Die Blütenauswahl bei Hummeln wird von der unterschiedlichen Pollen- und Nektarqualität beeinflusst. So

wird angenommen, dass die Larven von verschiedenen Hummelarten unterschiedlich mit Pollen umgehen. So können die Hummelarten *Bombus terrestris* und *Bombus hypnorum* besser mit Pollen von schlechter Nährstoffzusammensetzung umgehen als andere Hummelarten (Somme et. al, 2015).

Eine Auswertung hinsichtlich Beflugsunterschiede zwischen den 20 Testsorten war aufgrund der räumlichen Nähe der Parzellen der Einzelsorten nicht möglich bzw. sinnvoll. Für derartige Wahlversuche wären entsprechend große Parzellen mit räumlichem Abstand zueinander notwendig.

Nach eigenen Beobachtungen sammelte der Großteil der Insekten Nektar, nur wenige streiften über die teilweise üppigen Pollenvorkommen der Blütenköpfe.

Dass in Bezug auf den Nektarertrag der Sonnenblume großer Informationsbedarf besteht und wie sehr die Wissenschaft nachhinkt, zeigt sich unter anderem darin, dass immer mehr ImkerInnen schon zur Selbstinitiative greifen und versuchen, mit Hilfe von wissenschaftlichen Laien ("citizen science" Projekten) mehr über den Nektarertrag bei der Sonnenblume herauszufinden. (Projekt „Bantam“ oder Projekt „Bienen machen Schule“, 2012). Abschließend ist festzuhalten, dass es wünschenswert und sinnvoll wäre, bei der Entwicklung neuer Sonnenblumensorten die für Blütenbesucher wichtige Nektarproduktion als Auslesekriterium mit einzubeziehen. Eine optimale Blütenmorphologie, z. B. kurze Kronröhren, kann die Erreichbarkeit des Nektars auch in Trockenperioden für Honigbienen verbessern. Für Blütenbesucher attraktive Sonnenblumensorten bringen Ertragsvorteile bei der Gewinnung von Sonnenblumenkernen und von Hybrid-Saatgut.

7. Conclusio

Durch diese einjährige Studie konnte gezeigt werden, dass sich die entwickelte Methode für die Nektargewinnung eignet. Nektar konnte in allen der 20 getesteten Sonnenblumensorten nachgewiesen und durch Messung des Zuckergehaltes als Nektar identifiziert werden.

Die statistischen Berechnungen konnten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich ihres Nektargehaltes und Blütenmorphologie feststellen.

Um aussagekräftige Ergebnisse hinsichtlich Nektarpotential von bestimmten Sorten zu erhalten, müssen weitere Versuche auf unterschiedlichen Substraten und verschiedenen klimatische Bedingungen (vor allem der Einfluss von Temperatur und Niederschlag) durchgeführt werden.

Eine bienenfreundliche Sorte (mit hohem Nektargehalt) würde, aus wirtschaftlicher Sicht, viele Vorteile bringen. Bauern profitieren von einem besseren Feldertrag durch die Honigbiene, als auch die ImkerInnen, welche durch den besseren Nektarertrag ihre Honigausbeute steigern können.

8. Zusammenfassung

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*) ist durch ihren späten Blühbeginn eine der letzten Trachtquellen für Honigbienen. Während Merkmale wie Ertrag, morphologische Unterschiede zwischen Sorten oder Krankheitsresistenzen gut dokumentiert werden, ist über Nektarproduktion wenig bekannt.

In einem einjährigen Feldversuch wurden Nektarpotential und Kronröhrenmorphologie von 20 Sonnenblumensorten untersucht.

Diese Studie zeigte, dass alle 20 getesteten Sonnenblumensorten Nektar produzierten. Hinsichtlich ihrer Nektarproduktion, sowie ihrer Blütenmorphologie, waren signifikante Unterschiede zwischen einigen der Sorten vorhanden.

Unter den herrschenden Bedingungen des Feldversuches (Temperatur und Niederschlag) zeigten zwei Sorten eine signifikant höhere Nektarleistung. Eine Sorte fiel durch eine besonders lange Kronröhre auf. Ein niedriger Nektarstand in der Kronröhre könnte dazu führen, dass Honigbienen – aufgrund ihrer begrenzten Rüssellänge - nicht mehr den ganzen verfügbaren Nektar aus der Blüte aufsaugen können.

Mittels HPLC konnten Glucose und Fructose im Nektar identifiziert werden. Andere Zuckerarten waren in den Nektarproben nicht enthalten.

Aus imkerlicher Sicht wären Sonnenblumensorten mit hoher Nektarproduktion, hohem Zuckergehalt und kürzeren Kronröhren ideal, da die Honigbiene daraus die höchste Nektarausbeute erzielen könnte.

Die Möglichkeit zur Gewinnung von Sonnenblumenhonig bringt aus volkswirtschaftlicher Sicht mehrere Vorteile: Sie verbessert die Versorgung der Bienen mit Pollen und Nektar, trägt so zur Bienengesundheit bei, verbessert die Ertragslage der Imkereibetriebe und der Sonnenblumenbauern und verringert den Honigimportbedarf in Österreich.

Helianthus annuus/ Sonnenblume/ Nektarpotential/ Zuckergehalt/ Blütenmorphologie

9. Abstract

The sunflower (*Helianthus annuus*) is one of the last nectar sources for honey bees. While characteristics such as yield, morphological differences between varieties and disease resistance, are well documented, little is known about nectar production.

In a one-year field experiment, the nectar potential and corolla-tube morphology of 20 sunflower varieties were examined. This study showed that all 20 sunflower varieties produced nectar. With regard to their nectar production, as well as their flower morphology, there were significant differences between some of the varieties.

Under the prevailing conditions of the field trial (temperature and precipitation), two varieties showed a significantly higher nectar performance. One variety attracted attention through a particularly long corolla. A low nectar position in the corolla could cause that the honeybees - because of their limited tongue length - can no longer extract all the available nectar from the flower. Glucose and fructose could be identified by HPLC in the nectar. Other types of sugar were not contained in the nectar samples.

For beekeepers, sunflower varieties with high nectar production, high sugar content and shorter crowns would be ideal, because these factors allow the honeybee to produce higher nectar yield.

The possibility of obtaining sunflower honey brings several benefits from an economic point of view: the improved supply of pollen and nectar has a positive effect on the bees, which contributes to their health and improves the yield of honey for beekeepers and the yield of sunflower seeds for farmers. Another aspect is that thereby the honey import requirements can be reduced in Austria.

Helianthus annuus/ Sunflower/ Nectarpotential/ Sugarcontent/ Flowermorphology

10. Ausblick

Die in dieser Arbeit nachgewiesene Nektarproduktion der getesteten Sonnenblumensorten und die zum Teil signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten im Hinblick auf Nektarmenge und Kronröhrenmorphologie sollten Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen dazu sein, Besonderes Augenmerk sollte dabei auch auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels (höhere Sommertemperaturen, weniger Niederschlag in bestimmten Gebieten) auf die Gewinnungsmöglichkeit von Sonnenblumenhonig gelegt werden.

Ein zukünftiges Ziel wären Sonnenblumensorten, die sowohl Landwirte (in Bezug auf Ertrag) wie auch ImkerInnen (in Bezug auf eine gute Honigernte) zufriedenstellen. Aus der Sicht der ImkerInnen sind das Sorten mit einer hohen stabilen Nektarergiebigkeit und einer kurzen, breiten Kronröhre.

Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Auswirkungen von äußeren Faktoren wie Temperatur und Niederschlag besser untersucht werden.

Auch die genetischen Merkmale, die für die Nektarproduktion und Blütenausprägung verantwortlich sind, müssen identifiziert und durch geeignete Marker für die gezielte Selektion zugänglich gemacht werden. Weil so viele Merkmale die Attraktivität einer Sorte ausmachen, ist die Selektion einer bienenfreundlichen Sonnenblumensorte sehr komplex (Vollmann & Rajcan, 2009).

11. Literaturverzeichnis

- Abrol, D. (2012): Pollination biology. Biodiversity conservation and agricultural production. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.
- AGES GmbH (2015): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2015. Schriftreihe 21/2015, ISSN 1560-635X.
- AGES GmbH, Zentrum Versuchswesen (o.J): Lysimetrieanlage Hirschstetten.
- Barontini, F.; Simone, M.; Triana, F.; Mancini, A.; Ragaglini, G.; Nicoletta, C. (2015): Pilot-scale biofuel production from sunflower crops in central Italy. In: *Renewable Energy* 2015 (83), S. 954–962. DOI: 10.1016/j.renene.2015.05.043.
- Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (o.J): Nektar. Online verfügbar unter http://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/bienen/dateien/abhanegigkeit_nektaproduktion.pdf, zuletzt geprüft am 09.06.2015.
- Beutler, R.; Schöntag, A. (1940): Über die Nektarabscheidung einiger Nutzpflanzen. In: *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 1940 (28), S. 254–285.
- Bienenaktuell.com (2011): Sonnenblumen, Raps... welche Sorten honigen, welche nicht? Online verfügbar unter <http://www.bienenaktuell.com/forum/sonnenblumen-raps-welche-sorten-honigen-welche-nicht>, zuletzt geprüft am 30.09.2016.
- Bosi, G.: (1973) Méthode rapide pour la détermination par chromatographie en phase gazeuse des glucides du nectar : technique de prélèvement du nectar et de préparation des éthers triméthylsilylis en présence d'eau. In: *Apidologie* 1973 (4), S. 57-64.
- Böttcher, F. (1977): Vergleichende Untersuchung der Rüssellänge von Arbeiterinnen, Königinnen und Drohnen der Honigbiene (*Apis Mellifica* L.). In: *Apidologie* 1977 (8 (2)), S. 169–204. DOI: 10.1051/apido:19770207.
- Burgstaller, H. (1990): Die Bedeutung der Honigbienen für den Kernertrag bei der Sonnenblume. In: *Schweizer Bienen-Zeitung* 1990 (133 (9)), S. 510–511.
- CBI Market Intelligence (2016): Which European markets offer opportunities for exporters of honey? Online verfügbar unter <https://www.cbi.eu/market-information/honey-sweeteners/trade-statistics/>, zuletzt geprüft am 26.10.2016.
- Cerrutti, N.; Pontet, C. (2016): Differential attractiveness of sunflower cultivars to the honeybee *Apis mellifera* L. In: *Oilseeds & fats Crops and Lipids* 2016 (3 (2)), D204, S. 2–7. DOI: 10.1051/ocl/2016005.
- Chauzat, M. (2009): Sonnenblume - eine Weide für Augen und Bienen? In: *Deutsches Bienen Journal* 2009 (8 (16)), S. 344.
- Copa-Cogeca (2013): Pressemitteilung vom 05 Juli 2013. Copa-Cogeca warnt vor billigen Honigimporten in die EU und appelliert an die EU-Kommission einzugreifen. Online unter von <http://www.copa-cogeca.be/Download.ashx?ID=1082596&fmt=pdf>, zuletzt geprüft am 08.08.2016.
- Darby, H. (2012): 2011 Sunflower Planting Date Study. Burlington: University of Vermont.
- Delaplane, K.; Mayer, D. (2000): Crop pollination by bees. Wallingford, New York: CABI.

- Demeter (2009): Presseerklärung vom 4. August 2009. Imker und Wissenschaftler schlagen erneut Alarm: Honigbienen verhungern mitten im Sommer. Die Landschaft ernährt ihre Insekten nicht mehr. Online verfügbar unter <http://www.demeter.de/presse/imker-und-wissenschaftler-schlagen-erneut-alarm-honigbienen-verhungern-mitten-im-sommer-die>, zuletzt geprüft 27.08.2016.
- Einfachimkern.de (2016): Sonnenblume - honigt die oder nicht? Online verfügbar unter <http://www.einfachimkern.de/viewtopic.php?f=27&t=2151&p=23663>, zuletzt geprüft am 30.09.2016.
- Escalante-Pérez, M.; Heil, M. (2012): Nectar Secretion: Its Ecological Context and Physiological Regulation. In: Jorge M. Vivanco und F. Baluška (Hg.): Secretions and exudates in biological systems. Berlin: Springer (Signaling and communication in plants, 12), S. 187–219.
- FAO (2015): Crop Water Information: Sunflower. Online verfügbar unter http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sunflower.html, zuletzt geprüft am 17.08.2016.
- FAOSTAT (2013): Trade / Crops and livestock products / Honey natural / Austria / 2013. Online verfügbar unter <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/E>, zuletzt geprüft am 27.10.2016.
- Free, J. B. (1964): The Behaviour of Honeybees on Sunflowers (*Helianthus annuus* L.). In: *The Journal of Applied Ecology* 1964 (1/ (1), S. 19–27. DOI: 10.2307/2401586.
- Friedmann, G. (o. J.): Das Drama um die Bienen und die Sonnenblumen. Online verfügbar unter <http://www.de-immen.de/wissenswertes/index.html>, zuletzt geprüft am 28.08.2016.
- Glaeser, G. (2011): Wie aus der Zahl ein Zebra wird. Ein mathematisches Fotoshooting. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Göksoy, A. T.; Demir, A. O.; Turan, Z. M.; Dağüstü, N. (2004): Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. In: *Field Crops Research* 2004 (87 (2-3)), S. 167–178. DOI: 10.1016/j.fcr.2003.11.004.
- Google Maps (2015): Kartenmaterial Spargelfeldstraße. Online verfügbar unter <https://www.google.at/maps/>, zuletzt geprüft am 15.09.2015.
- Gupta, S. (2012): Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1. Breeding. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Hahn, V. (2010): Biogas-Sonnenblumen: Züchtung auf Ertrag und Qualität. In: Saatgut Austria - Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs (Hg.): Tagungsband der 61. Jahrestagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, Österreich. Ertrag vs. Qualität bei Getreide, Öl und Eiweisspflanzen. Wheat stress. Biogas-Sonnenblumen: Züchtung auf Ertrag und Qualität. Raumberg-Gumpenstein, 23-25 November 2010, S. 123–125.
- Hawkins, R. (1969): Length of tongue in a honey bee in relation to the pollination of red clover. In: *The Journal of Agricultural Science* 1969 (73 (03)), S. 489–493. DOI: 10.1017/S0021859600020128.
- Hedtke, C. (2000): Die Sonnenblume als Trachtpflanze. Das Honigen verschiedener Sonnenblumensorten. In: *Deutsches Bienen Journal* 2000 (8 (7)), S. 19–21.
- Heil, M. (2011): Nectar: generation, regulation and ecological functions. In: *Trends in plant science* 2011 (16 (4)), S. 191–200. DOI: 10.1016/j.tplants.2011.01.003.

- Heiser, C. (1955): The Origin and Development of the Cultivated Sunflower. In: *The American Biology Teacher* (17 (5)), S. 161–167. DOI: 10.2307/4438706.
- Heiser, C. (1978): Taxonomy of and Origin of Domesticated Sunflower. In: Carter, J. (Hg.): *Sunflower Science and Technology*. Madison: American Society of Agronomy. S. 31–54.
- Hofstätter, F. (1991): Bewässerung von Öllein und Sonnenblume. Diplomarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Hugger, H. (1989): Sonnenblumen. Züchtung, Anbau, Verarbeitung. Stuttgart: E. Ulmer.
- Imkerforum.de (2007): Wann honigen Sonnenblumen? Online verfügbar unter <http://www.imkerforum.de/showthread.php?t=12439>, zuletzt geprüft am 28.08.2016.
- Ion, N.; Ștefan, V.; Ion, V.; Fota, G.; Coman R. (2007): Results concerning the melliferous characteristics of the sunflower hybrids cultivated in Romania. In: *Lucrări științifice Zootehnie și Biotehnologii* 2007 (40(2)), S. 80–90.
- Ion, V., Ștefan, V., Ion, N., Dumbravă, M. (2010): Melliferous characteristics of sunflower with importance for pastoral beekeeping. In: H. Ridley, M. Farber und S. Hull (Hg.): *Proceedings of the 1st International Animal Health Science Conference. The Beekeeping Conference, November 4-6, 2010*, S. 52–59.
- Ion, V.; Ion, N.; Ștefan, V.; Fota, G.; Coman, R. (2008): Influence of the climatic factors on the melliferous characteristics of the sunflower hybrids. In: *Lucrări Științifice, seria Agronomie* 2008 (49).
- Jablonski, B.: Notes on the method to investigate nectar secretion rate in flowers. In: *Journal of Apicultural Science* 2002 (2), S. 117–125.
- Joksimovic, J.; Atlagic, J.; Sakac, Z.; Miklic, V.; Dusanic, N. (2003): Phenotypic and genotypic variability of disc flower corolla length and nectar content in sunflower. In: *Genetika* 2003 (35 (2)), S. 131–138. DOI: 10.2298/GENSR0302131J.
- Juhos, Katalin; Szabó, Szilárd; Ladányi, Márta (2015): Influence of soil properties on crop yield: a multivariate statistical approach. In: *International Agrophysics* 2015 (29 (4)). DOI: 10.1515/intag-2015-0049.
- Landwirtschaftskammer Niederösterreich (o.J): Sonnenblume.
- Lindemann, K.; Hunger, A.; Weickel, J. (1988): Sonnenblumen. Anbau, Verfahrenstechnik, Wirtschaftlichkeit. Darmstadt: KTBL (KTBL-Schrift, 325).
- Lipp, J. (1994): Der Honig. Stuttgart: Ulmer.
- Lips, M.: Die Sonnenblume- eine interessante, eine erstaunliche Pflanze. In: *Schweizer Bienen Zeitung* 1978 (101 (7)), S. 333–335.
- Mani, M.; Saravanan, J. (1999): Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae). Enfield, N.H.: Science Publishers.
- Martin, C.; Farina, W. (2016): Honeybee floral constancy and pollination efficiency in sunflower (*Helianthus annuus*) crops for hybrid seed production. In: *Apidologie* 2016 (47 (2)), S. 161–170. DOI: 10.1007/s13592-015-0384-8.
- Maurizio, A.; Schaper, F. (1994): Das Trachtpflanzenbuch. Nektar und Pollen--die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene. München: Ehrenwirth.

- McGregor, S. (1976): Insect pollination of cultivated crop plants. Washington: United States Department of Agriculture.
- Meier, U. (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. BBCH Monografie. BBCH-Skala, allgemein, 2001. Braunschweig und Berlin: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.
- Mitchell, R. (2004): Heritability of nectar traits: Why do we know so little? In: *Ecology* 2004 85 (6), S. 1527–1533. DOI: 10.1890/03-0388.
- Mizell, R. (2001): Many plants have extrafloral nectaries helpful to beneficials. Gainesville: University of Florida Cooperative Extension Service, ENY-709.
- Morawetz, L.; Moosbeckhofer, R.; Heigl, H.; Auer, W. (2016): Erhebung zum Nektarpotential von Sonnenblumenkulturen in Österreich im Jahr 2012. Wien: AGES GmbH.
- National Sunflower Assoziation (o. J.): High Oleic Sunflower Oil. Online verfügbar unter <http://www.sunflowernsa.com/oil>, zuletzt geprüft am 25.09.2016.
- Natural Resources Conservation Service (2015): Classification of the Kingdom Plantae down to Genus *Helianthus* L.. Online verfügbar unter <http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=HEAN3>, zuletzt geprüft am 17.07.2016.
- Naturschutzbund Deutschland e. V (2014): Pressemitteilung vom 26.08.2014. Bienen finden im Spätsommer keine Nahrung mehr. Umwelt- und Imkerverbände fordern einen Stopp des Pestizideinsatzes auf Grünland.
- Nicolson, S.; Human, H. (2013): Chemical composition of the 'low quality' pollen of sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae). In: *Apidologie* 2013 (44 (2)), S. 144–152. DOI: 10.1007/s13592-012-0166-5.
- OVID, Verband der ölverarbeitenden Industrie in Deutschland OVID (2014): Verbrauch Pflanzenöle weltweit 2014. Online verfügbar unter <http://www.ovid-verband.de/unsere-branchen/daten-und-grafiken/pflanzenoel/>, zuletzt geprüft am 17.07.2016.
- Pachinger, B.; Coutinho Szinovatz, K.; Jauk, E.; Trimmel, P. (2014): Blütenbesucher auf Durchwachsener Silphie, Luzerne und Sonnenblume. Bachelorarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Pasda, G.; Diepenbrock, W. (1991): Die physiologische Ertragsanalyse der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) Teil III. Agronomische Faktoren und Produktionstechnik. In: *Lipid Science and Technology*. 1991 (93 (7)), S. 235–243. DOI: 10.1002/lipi.19910930701.
- Pejic, B.; Maksimovic, L.; Skoric, D.; Milic, S.; Stricevic, R.; Cupina, B. (2009): Effect of water stress on yield and evapotranspiration of sunflower. In: *Helia* 2009 32 (51), S. 19–32. DOI: 10.2298/HEL0951019P.
- Projekt „Bantam“ (o. J.): Start der Feldstudie „Nektarspendende Sonnenblumensorten“. Online verfügbar unter <http://www.bantam-mais.de/samenfestes-saatgut/feldstudie-nektarspendende-sonnenblumensorten.html>, zuletzt geprüft am 21.08.2016.
- Projekt „Bienen machen Schule“ (2012): Projekt „Nektar-Sonnenblume“ sucht Mitforscher. Online verfügbar unter <http://www.bienen-schule.de/schule/schule.aktuell/news.schule.9/index.html>, zuletzt geprüft am 21.08.2016.

- Putt, E. (1978): History and Present World Status. In: In: Carter, J. (Hg.): Sunflower Science and Technology. Madison: American Society of Agronomy. S. 1–30.
- Reinartz, M. (2011): Einfluss des Tiefgefrierens und der Tiefkühlagerung auf die Mikroflora von vier handelsüblichen Tiefkühlprodukten. Dissertation. Berlin: Freien Universität Berlin.
- Robinson, R.; Johnson, K.; Soine, O. (1967): The sunflower crops in Minnesota. Extension Bulletin 299. St. Paul: University of Minnesota.
- Sammataro, D.; Erickson, E.; Garment, M. (1985): Ultrastructure of the Sunflower Nectary. In: *Journal of Apicultural Research* 1985 (24 (3)), S. 150–160. DOI: 10.1080/00218839.1985.11100665.
- Schnepf, E.: Bau und Feinbau der Nektarien und der Mechanismus der Nektarsekretion. In: *Apidologie* 1977 (8 (4)) S. 295–304.
- Schuster, W.; Marquard, R. (2003): Die Sonnenblume. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I. Gießen: Universität Gießen.
- Somme, L.; Vanderplanck, M.; Michez, D.; Lombaerde, I.; Moerman, R.; Wathelet, B. et al. (2015): Pollen and nectar quality drive the major and minor floral choices of bumble bees. In: *Apidologie* 2015 (46 (1)), S. 92–106. DOI: 10.1007/s13592-014-0307-0.
- Statistik Austria (2013): Agrarstrukturerhebung – Gesamtergebnisse 2010. Wien: Verlag Österreich.
- Statistik Austria [a] (2016): Anbau auf dem Ackerland 2015 (Fläche in Hektar), 2016. Online verfügbar unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/bodennutzung/020291.html.
- Statistik Austria [b] (2016): Versorgungsbilanz für Honig 2014/2015. Online verfügbar unter https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/022329.html.
- Statistik Austria [c] (2016): Vorsorgebilanz für Ölsaaten 2014/15. Online verfügbar unter https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/preise_bilanzen/versorgungsbilanzen/index.html, zuletzt geprüft am 17.07.2016.
- Statistik Austria [d] (2016): Schätzung der Aussaatflächen 2016, Österreich gesamt. Online verfügbar unter https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/feldfruechte/074873.html, zuletzt geprüft am 17.07.2016.
- Strasser, C.; Ehring, R.; Wörgetter, M. (2009): Bestandserhebung zur stofflichen Nutzung von nachgewachsenen Rohstoffen in Österreich. Endbericht Hg. v. Bioenergy2020, zuletzt geprüft am 17.07.2016.
- Universität Würzburg (Hg.) (2013): 60.Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Institute für Bienenforschung e.V., New method for determination of smallest volumes of nectar from small flowers - Neue Methode zur Bestimmung von Kleinstmengen von Nektar aus kleinen Blüten. Unter Mitarbeit von Abdulrahim Alkassab, D.C. Albach und D. Brückner. Würzburg, 19.3 - 21.3.2013. Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie. 1 Band.
- Vear, F. (2016): Changes in sunflower breeding over the last fifty years. In: *Oilseed 6 fats Crops and Lipids* 2016 (23 (2)), S. 1–8 D202. DOI: 10.1051/ocl/2016006.

- Vear, F.; Pham-Delegue, M.; Tourviellie de Labrouhe, D.; Marilleau, R.; Loublier, Y.; Le Métayer, M. et al. (1990): Genetical studies of nectar and pollen production in sunflower. In: *Agronomie* 1990 (10), S. 219–231.
- Vlad, V.; Ion, V.; Stefan, V.; Ion, N.; Motelică, D.M.; Cojocaru, G. (2011): Model for predicting the flowering stage and honey potential yield of sunflower and rapeseed crops. In: *UASVM Bucharest* 2011 (Vol.LIV), S. 281–286.
- Vogel, S.: Nektarien und ihre ökologische Bedeutung. In: *Apidologie* 1977 (8 (4)), S. 321–335.
- Vollmann, J.; Rajcan, I. (2009): Oil crops. New York, London: Springer (Handbook of plant breeding, v. 4).
- Wojtaszek, J.; Maier, C.: A microscopic review of the sunflower and honeybee mutualistic relationship. In: *International Journal of AgriScience* 2014 (4 (5)), S. 272–282.
- WPA, Beratende Ingenieure (2011): Bewässerte Flächen in Österreich. Endbericht.
- Zabaniotou, A.; Kantarelis, E.; Theodoropoulos, D. (2008): Sunflower shells utilization for energetic purposes in an integrated approach of energy crops: laboratory study pyrolysis and kinetics. In: *Bioresource technology* 99 (8), S. 3174–3181. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.05.060.
- Zajác, E. (2011): Nectar production and some site-related issues of sunflower hybrids under different agro-ecological conditions. Thesis of PhD dissertation. Szent István University, Gödöllő. Online verfügbar unter https://szie.hu/file/tti/archivum/Zajacz_Edit_thesis.pdf.
- Zajác, E.; Zaják, A.; Szalai, E.; Szalai, T. (2006): Nectar production of some sunflower hybrids. In: *Journal of Apicultural Science* 2006 (50 (2)), S. 109–113.
- ZAMG (2015): Wärmster Juli der Messgeschichte. Online verfügbar unter <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/waermster-juli-der-messgeschichte>, abgerufen am 27.09.2016.
- ZAMG (2014): Juli 2014: stellenweise extreme Regenmengen. Online verfügbar unter <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/juli-2014-stellenweise-extreme-regenmengen>, abgerufen am 27.09.2016.

12. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 3: Sortencharakteristik.....	19
Tabelle 4: Nektarwerte für 240 Einzelblüten/24 Stunden/Sorte (mg).....	37
Tabelle 3: Zuckeranteil in mg pro Sorten und Masseprozent gesamt sowie von Glucose und Fructose des Nektar-Wassergemisches.....	42
Tabelle 4: Daten zu Kronröhrenlängen der getesteten Sorten (Männliche und weibliche Blühstadien wurden als eine Stichprobe behandelt).....	44
Tabelle 5: Daten zu Kronröhrenbreiten der getesteten Sorten (Männliche und weibliche Blühstadien wurden als eine Stichprobe behandelt).....	47
Abbildung 4: Detail Sonnenblumenkopf, McGregor (1976).....	12
Abbildung 2: Lage der Versuchsfläche (Quelle: Google Maps).....	18
Abbildung 3: Anbauplan (geplant von Ing. Hendler, 2015, vereinfachte Darstellung).....	20
Abbildung 4: Temperatur und Niederschlagsmenge im Versuchszeitraum am AGES-Standort Wien-Spargelfeldstrasse 191.....	22
Abbildung 5: Graphische Darstellung des Versuchsdesigns Sorte A.....	24
Abbildung 6: Zeitpunkt der Einnetzung für Blühphase Mitte (2 Finger Breite).....	27
Abbildung 7 Zeitpunkt der Einnetzung für Blühphase Mitte.....	27
Abbildung 8: Eingenetzer Blütenkopf.....	27
Abbildung 9: Präparation Blütenkopf - Herauslösen der Einzelblüten.....	27
Abbildung 10: Präparation Antheren.....	27

Abbildung 11: Präparation Antheren.....	27
Abbildung 12: Präparierte Blüten für Zentrifugation	28
Abbildung 13: Vorbereitung für Zentrifugation.....	28
Abbildung 14: Blüte in Tube (0,2µl).....	28
Abbildung 15: Tube in Tube.....	28
Abbildung 16: Zentrifuge.....	28
Abbildung 17: Vermessungsraster für Kronröhrendaten.....	29
Abbildung 18: Männliche und Weibliche Blühstadien für Corollavermessung.....	29
Abbildung 19: Markieren der Corollalänge.....	29
Abbildung 20: Markieren der Corollabreite.....	30
Abbildung 21: Erhobene Corolladaten als Raster.....	30
Abbildung 22: Digitale Vermessung.....	30
Abbildung 23: Alternative Nektarmessmethoden.....	30
Abbildung 24: Verteilung der Residuen der Variable Nektar über alle Sorten.....	36
Abbildung 25: Boxplot über Nektar_Gesamt für die jeweilige Sorte.....	39
Abbildung 26 Verteilung der Residuen der Variable Kronröhrenlänge über alle Sorten.....	43
Abbildung 27: Boxplot über Kronröhrenlänge (Mittelwert) pro Sorte Männliche und weibliche Blühstadien wurden als eine Stichprobe behandelt).....	45
Abbildung 28: Verteilung der Residuen der Variable Nektar über alle Sorten.....	46

Abbildung 59: Boxplot der Kronröhrenbreite (Mittelwert aus je 5 männlichen und 5 weiblichen Blütenstadien) pro Sorte.....	48
Abbildung 60: Verteilung (%) der Blütenbesucher nach Bestäubergruppen.....	49
Abbildung 31: Hummelbeflug nach Sorten und Tagen.....	50
Abbildung 32: Alternative Nektarmessmethoden im Vergleich mit Zentrifugation.	51

13. Anhang

13.1 Feldprotokoll

Datum 2015	Tätigkeit	Durchführung
28.04.	Anbau <i>Helianthus annuus</i>	AGES
08.05.	Erste Besichtigung	CS (Christina Schraml)
18.05.	Bonitur I	CS
27.05.	Bonitur II	CS
02.06.	Bonitur III & Bestand, Fotos	CS
05.06.	Vereinzeln	CS
09.06.	Bereinigung & Bewässerung Verlegung	AGES
10.06.	Beregnung 7:45-9:45 ca. 10-10,2 mm/m ²	AGES
12.06.	Bonitur IV, Bestand sowie Fehlstellendokumentation, Fotos	CS
07.07.	Einnetzen ausgewählter Sorten 19: Zungenblüten noch geschlossen 17: Zungenblüten teilweise offen, einzelne männliche Stadien 15: Zungenblüten lösen sich langsam, noch keine männlichen Stadien sichtbar	CS

	12: Zungenblüten teilweise offen, einzelne männliche Stadien 3: Zungenblüten lösen sich, noch keine männlichen Stadien	
08.07.	Ernte der Sorten 17, 15,12 Genetzt Sorten 3,13,16,19	Genetzt werden Sorten, wo die Zungenblüten sich öffnen und einzelne männliche Stadien sichtbar sind, also wirklich ganz am Anfang = Blühphase „Rand“
09.07.	Ernte der Sorten 3, 13,16,19 Genetzt Sorten 10,11,20	
10.07.	Ernte der Sorten 10,11,20 Genetzt Sorten 1, 9, 18	
11.07.	Ernte: 1, 9, 18 Genetzt Sorten: 2,7,8	Samstag: 7:45-16:30
12.07.	Ernte: 2,7,8 Genetzt Sorten: 4,5,14	Sonntag: 7:55-16:00
13.07.	Ernte: 4,5,14 Genetzt Sorten:6(noch von DG I) 15,12	
14.07.	Ernte: 6, 15,12 Genetzt Sorten:17,16,19	DURCHGANG I (RAND) ENDE Blühphase „Rand“ Ende
15.07.	Ernte:17,16,19 Genetzt Sorten:3,13,20	
16.07.	Ernte: 3,13,20 Genetzte Sorten: 10,11,18	
17.07.	Ernte: 10,11,18 Genetzte Sorten:1,9	
18.07.	Ernte 1,9	Samstag: 8:45-15:45
19.07.	Genetzte Sorten 2,7	Sonntag: 9:00-10:00
20.07.	Ernte: 2,7 Genetzte Sorten: 8,4,5	
21.07.	Ernte 8,4,5 Genetzte Sorten:14,6	
22.07.	Ernte: 14,6 Genetzt für Nektaralternativen 9,6,11,14,5 (jew. 1 Kopf, 18 h)	DURCHGANG II (MITTE) ENDE Blühphase „Mitte“ Ende
23.07.	Proben M/W, Alternativen von 9,6,11,14,5 Genetzt für 1 WH. 9,6,11,14,5 Sowie 4,2,18,19,15 (jew. 18 h)	Testproben Unterschied Nektarpotential Männlich/Weiblich Test alternativer Nektarsammelmethoden
24.07.	WH M/W 9,6,11,14,5 Sowie 4,2,18,19,15 (jew. 18 h)	Testproben Unterschied Nektarpotential Männlich/Weiblich Test alternativer Nektarsammelmethoden

13.2 Bestimmung des Trockenmassegehaltes in Nektarspüllösungen

Technischer Anhang zur Zuckerbestimmung nach Ing. Wüest, Ages Linz, schriftliche Mitteilung, 24.04.2016

Messung des Brechungsindex

Geräteart: Refraktometer

Gerättyp Abbemat 550 mit Auswertesoftware Abbemat Performance Plus Line 3.00

Firma: Anton Paar OptoTec GmbH, Albert_Einstein-Straße 5, 30926 Seelze-Letter, Deutschland

Geräte Spezifikation:	
Messbereich	1,26 nD - 1,72 nD
Auflösung des Brechungsindex	0,000001
Genauigkeit*	± 0,00002
Messbereich der °Brix Skala	-2% bis 110%
Auflösung der °Brix Skala	0,001% bis 0,01%
Genauigkeit der °Brix Skala*	0,015% bis 0,05%
Proben/Prismen Temperatur Kontrolle	10 °C bis 85 °C
Auflösung	0,01 °C
Genauigkeit*	0,03 °C
Anpassungsgeschwindigkeit von Raumtemp. an 20 °C	20 s
Lichtquelle	LED
Lebensdauer	100000 h
Anzahl der Wellenlängen	1
Wellenlänge	5889,3 nm
*gemessen bei Standardbedingungen (T=20 °C, λ=589nm, Raumtemperatur = 23°C)	

Probenvorbereitung zur Messung des Brechungsindex

Die Probenlösungen wurden in den Probenvials in einer Zentrifuge 5 min bei 6400 min⁻¹ zentrifugiert und direkt ausgewertet.

Geräteart: Zentrifuge

Gerätetyp: UEC Microliterzentrifuge, Drehzahl 6400 min⁻¹ (fix)

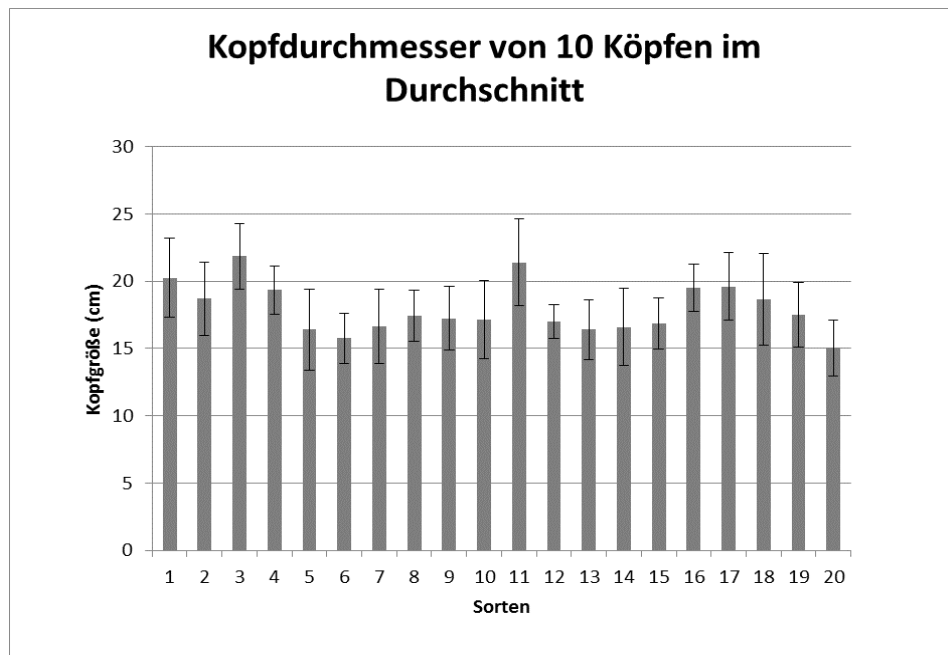
Firma: UNI EQUIP Laborgeräte + Vertriebs GmbH

13.3 Messung der Zucker

Geräteart: Hochdruck-Flüssigkeitschromatograph		
Gerätetyp: Flüssigkeitschromatographie, HPLC – Gerät, ausgestattet mit:		
		quartäre Pumpe Dionex P680
		Autosampler Dionex AS-100
		Brechungsindex-Detektor Shodex RI-101
		Trennsäule (z.B. Nucleodur 100-5 NH2-RP von Macherey-Nagel)
		Säulenofenthermostat Dionex TCC-100
Firma: ehemals DIONEX, heute Thermo Fisher SCIENTIFIC		
Probenvorbereitung der HPLC-Messlösungen:		
Von der zentrifugierten Lösung aus der Bestimmung des Brechungsindex wurden 200 µl Probe mit 200 µl Acetonitril direkt in ein HPLC Vial mit integriertem Filtereinsatz (Spritzenloses Filtersystem Mini-UniPrep der Firma Whatman) pipettiert.		
Auswertung		
Messprinzip: isochratische Trennung der Zucker auf einer Aminopropyl modifizierten Trennsäule		
Eluent: Acetonitril : Wasser 80:20 (v/v)		
HPLC – Bedingungen:	Einspritzvolumen: 20 µl	

		Fluss: 1,5 ml/min
		Detektion: RI-Detektion (RID)
		Retentionszeitfenster: 3s Bereich der einzelnen Parameter
		Equilibrierdauer der HPLC-Säule mit Eluent: ca. 15 min
		Temperatur: 30 °C
Auswertung (Software):		Chromeleon 6.80 SR 11
Kalibrierung:	Einpunktkalibrierung (lineare Kalibrierfunktion)	
Standardkonzentration:	ca. 0,8 g/100ml für Glukose und Fruktose	
		ca. 0,08 g/100ml für Saccharose, Turanose, Maltose, Trehalose, Isomaltose, Erlöse, Melizitose, Maltotriose
		(die exakte Herstellung und Berechnung der Standardkonzentrationen ist in DOXIS in der Prüfvorschrift "Bestimmung von Sacchariden in Honig gemäß DIN 10758, modifiziert" unter der Dokumentennummer 8025_01 angeführt).

11.4 Feldbonituren



Bestandesdokumentation		Blühbeginn (nach BBCH-SKALA bonitiert)	Blühende (Fruchtansatz sichtbar)
Sorte	Istpflanzen		
Sorte 1	122	09.07.15	20.07.15
Sorte 2	142	11.07.15	23.07.15
Sorte 3	122	08.07.15	19.07.15
Sorte 4	140	12.07.15	24.07.15
Sorte 5	154	12.07.15	24.07.15
Sorte 6	120	13.07.15	23.07.15
Sorte 7	126	11.07.15	22.07.15
Sorte 8	115	11.07.15	22.07.15
Sorte 9	109	09.07.15	21.07.15
Sorte 10	137	09.07.15	20.07.15
Sorte 11	116	09.07.15	20.07.15
Sorte 12	119	07.07.15	19.07.15
Sorte 13	123	08.07.15	21.07.15
Sorte 14	124	12.07.15	23.07.15
Sorte 15	171	08.07.15	19.07.15
Sorte 16	146	08.07.15	20.07.15
Sorte 17	112	08.07.15	20.07.15
Sorte 18	88	10.07.15	20.07.15
Sorte 19	149	08.07.15	21.07.15
Sorte 20	126	09.07.15	21.07.15