

Institut für Tierernährung und Funktionelle Pflanzenstoffe

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

(Leiter: Univ.-Prof. Dr.sc.agr. Qendrim Zebeli)

**Versuch zur chemischen Kastration der Echten Kamille
Experiment on the chemical castration of camomile**

Matricaria recutita (L.) Rauschert



vorgelegt von

Julia Huber

Mai 2023

Betreuerin und Betreuer:

DDipl.-Ingⁱⁿ Drⁱⁿ nat.techn. Bettina Fähnrich

Pflanzenbau, Botanik

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat.techn. Johannes Novak

Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin

Begutachter:

Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Remigius Chizzola

Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe

Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der
Veterinärmedizin

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt Frau DDipl.-Ingⁱⁿ Drⁱⁿ nat.techn. Bettina Fähnrich für das Bereitstellen dieses interessanten Themas der Diplomarbeit und die freundliche Hilfsbereitschaft, die sie mir immer entgegenbrachte.

Außerdem möchte ich mich bei meinem Mann, Mag. Jacek Franeczek bedanken, der mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ein besonderer Dank gilt meiner Schwester, Mag.^a Dr.ⁱⁿ Linda Huber, die mich immer wieder ermutigte, weiterzumachen, und mit vielen nützlichen Tipps einen wesentlichen Teil zur Diplomarbeit beigetragen hat.

Diese Diplomarbeit widme ich meinen Töchtern Nora und Klara, die mich während des Studiums viel zu oft entbehren mussten.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir mein Studium nicht nur finanziell ermöglicht, sondern die mir auch in schwierigen Phasen des Studiums Mut zugesprochen haben und mich in all meinen Entscheidungen unterstützt haben. Danke für alles.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	3
2	Material und Methoden	7
2.1	Pflanzenmaterial.....	7
2.1.1	Sortenbeschreibung (Bundessortenamt 2002)	8
2.2	Split-Plot Design	9
2.3	Chemikalien.....	9
2.4	Geräte.....	13
2.5	Aufzucht	15
2.6	Behandlungen	16
2.7	Datensammlung	17
2.7.1	Bonitierung der geschädigten Blütenköpfchen	17
2.7.2	Pollenanalyse.....	18
2.7.3	Überprüfung des Samenansatzes.....	19
2.7.4	Keimtests	20
2.7.5	Gesamtpflanzenschädigung	21
2.8	Statistische Auswertungen	21
3	Ergebnisse	24
3.1	Geschädigte Blütenköpfchen/Pflanze	24
3.2	Pollensterilität	26
3.3	Samenansatz /Blütenkopf	27
3.4	Keimfähigkeit.....	30
3.5	Gesamtpflanzenschädigung	33
4	Diskussion.....	41
5	Zusammenfassung.....	43
6	Extended summary	45
7	Literaturverzeichnis	47
8	Abbildungsverzeichnis.....	50
9	Tabellenverzeichnis	52
10	Anhang.....	53

1 Einleitung und Fragestellung

Allgemeines über die Echte Kamille

Die Echte Kamille (*Matricaria recutita* [L.] Rauschert) ist eine zu den Korbblütlern (*Asteraceae*) zählende aromatische Pflanze. Sie ist eine einjährige Pflanze, die bis zu 50 cm hoch wird. Ihre Stängel sind verzweigt und aufrecht. Die Blätter sind wechselständig und 2- bis 3-fach gefiedert. Die Blütenköpfchen sind engständig und bestehen aus gelben Röhrenblüten, die von einem Kranz weißer Zungenblüten umgeben sind (Wichtl 2002).

Ursprünglich stammt die Echte Kamille aus Süd- und Osteuropa bzw. aus Vorderasien. Heutzutage ist sie fast in allen Ländern anzutreffen (Bundessortenamt 2002). Der Geruch der Echten Kamille ist angenehm aromatisch. Sie wächst vor allem an Wegrändern, auf Äckern, Böschungen und Schuttplätzen. Sie stellt keine hohen Ansprüche an ihren Wachstumsort (Boksch 1998).

Von den anderen Kamillenarten lässt sich die Echte Kamille vor allem wegen ihres kegelförmigen, hohlen Blütenkopfs und dem charakteristischen Geruch unterscheiden (Boksch 1998). Die am Anfang seitlich abstehenden Zungenblüten sind später nach unten hängend. Der spitz-kegelförmige Blütenboden ist hohl (Wichtl 2002, siehe Abbildung 1 (Abb. 1)). Die Frucht (Achäne) ist zwischen 0,8 mm und 2 mm lang, stielrund und hornartig gekrümmt. Der Grund ist leicht verschmälert und auf der konkaven Rückenseite 4- bis 5-streifig (Hegi 1987).

Ihre Inhaltsstoffe sind ätherische Öle, die sich aus Alpha-Bisabolol und Chamazulen aber auch Bisabololoxiden zusammensetzen. Es wurden aber auch einige Flavonoide wie z.B. Apigenin und Luteolin nachgewiesen (Bäumler 2021). Geerntet werden vor allem die Blütenköpfe der Kamille, da in den Blüten das ätherische Öl in höheren Gehalten vorhanden ist. Die Mehrheit der Röhrenblüten soll beim Erntezeitpunkt geöffnet sein, denn dann befindet sich der höchstmögliche Gehalt an Inhaltsstoffen in den Röhrenblüten (Bundessortenamt 2002).

Die überaus breite arzneiliche Anwendung wurde schon im Altertum verwendet. Wegen der wertvollen Inhaltsstoffe und der Vielzahl an Anwendungsgebieten zählt sie zu den bedeutsamsten Blütendrogen weltweit. Die Echte Kamille wird vor allem in der Frauenheilkunde während des Wochenbetts und zur Behandlung von Säuglingen oder auch Kleinkindern verwendet. Aber auch bei Magen-Darm-Beschwerden oder bei Mund- und Rachenentzündungen und zu Augenauswaschungen bei Augenentzündungen ist die Kamille ein Mittel der Wahl. Auch als Sitzbäder bei Reizerscheinungen im Anal- und Vaginalbereich wird die Wirkung der Kamille genutzt.

Die Kamille ist:

- entzündungshemmend,
- krampflösend,
- wundheilungsfördernd.

In der Kosmetik wird die Kamille zur Reinigung von entzündeter Gesichtshaut verwendet. Kamillenspülungen wirken auf das blonde Haar aufhellend (Boksch 1998).

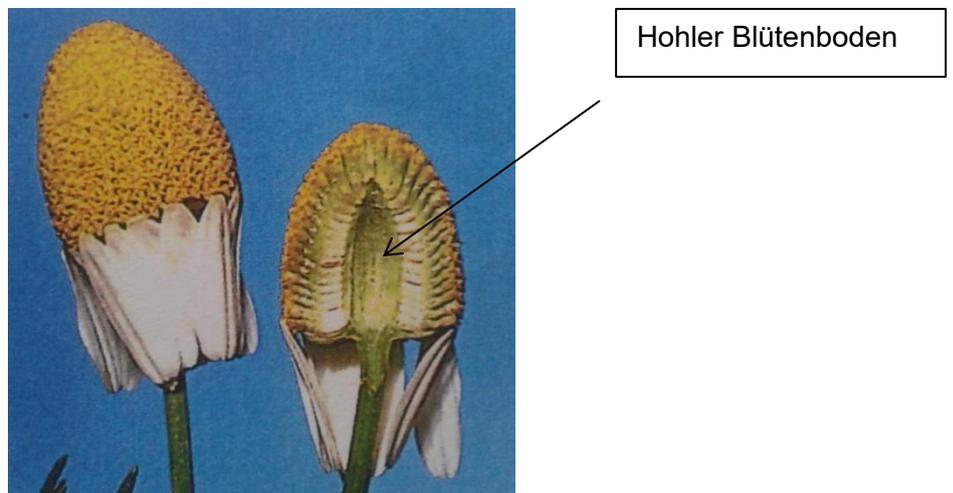


Abb. 1: Kamillenblüte und hohler Blütenboden (Boksch 1998)

Chemische Kastration von Pflanzen

In der bisherigen Forschungslandschaft finden sich Studien, die bisher zu Methoden und Möglichkeiten der chemischen Kastration von Korbblütlern, auch an der Kamille,

durchgeführt wurden und als Ausgangspunkt für das im Rahmen dieser Diplomarbeit entstandene Forschungsprojekt dienten. Bei der chemischen Kastration von Korbblütlern zeigte sich bisher die Verwendung von Gibberellinsäure als besonders wirksam (Schuster 1979). Die relevantesten Ergebnisse sollen im Anschluss überblicksmäßig dargestellt werden.

Untersuchungen nach Baydar et al. (2003) zeigten, dass die Verwendung von Gibberellinsäure zur chemischen Kastration bei Färbedisteln (*Carthamus tinctorius*), unter Anwendung einer dreifachen Besprühung mit einer Konzentration von 100ppm, die Pollenentwicklung von 81,6 % auf 6,7 % reduziert werden konnte (zitiert aus Fähnrich und Franz 2012).

Die statistische Erfassung der Reaktion der Echten Kamille auf Gibberellinsäure als Mittel zur chemischen Kastration war Gegenstand einer weiteren Untersuchung, um Mutterlinien als Basis für hybride Nachkommen zu züchten (Fähnrich und Franz 2012). Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden drei Kamillensorten auf Basis der Split-Plot-Methode in behandelte und unbehandelte Exemplare geteilt. Insgesamt wurden pro Pflanze zweimal vier Eigenschaften ausgewertet: „Prozentsatz betroffener Blütenköpfchen“, „Samen pro Blütenköpfchen“, „Prozentsatz der Keimung“ und „Prozentsatz der unfruchtbaren Pollen“. Die Analysen der Behandlung ergaben relevante Signifikanzen bezüglich der Lebensfähigkeit der Pollen und eine sichtbare Beeinträchtigung der Blütenköpfchen, aber keinen Einfluss auf die Samenanzahl oder die Keimrate. Weder die Sorten zeigten einen Einfluss, noch konnte eine Verbindung zwischen Sorte und Behandlung gezeigt werden. Gemäß dem Ziel, geeignete Verfahren zur Erzeugung männlich steriler Mutterlinien zu finden, sind Reaktionen, welche die männliche, aber nicht die weibliche Fruchtbarkeit betreffen sehr erwünscht, aber die wiederholte Anwendung zeigte ein zu großes Risiko der Gesamtpflanzenschädigung.

Schuster und Liu (1983) untersuchten die gametozide Wirkung von Gibberellinsäure auf unterschiedliche Genotypen der Sonnenblume. Beim Versuch, die männliche Sterilität bei der Sonnenblume auszulösen, wurden bei Beginn des Knospenstadiums

0,25 – 0,05 mg Gibberellinsäure pro Pflanze appliziert. Dabei ergaben sich teilweise geschädigte weibliche Blütenteile, sodass nur ein Viertel bis Dreiviertel der Fruchtzahl ausgebildet wurden. Schon bei vorangegangenen Versuchen ergaben sich Unterschiede der Wirkung bei einer Behandlung mit 0,5 mg Gibberellinsäure bei Inzuchtlinien (Schuster und Liu 1983). Daraus lässt sich schließen, dass es eventuell einer genetischen Bereitschaft bedarf, um mittels Gametoziden eine männliche Sterilität hervorzurufen, ohne die Gesamtfertilität zu beeinträchtigen (Napp-Zinn 1967, zitiert aus Schuster und Liu 1983).

Die Vermutung, dass bei Linien, die nur gering auf die Verminderung der männlichen Fertilität reagiert haben, keine genetische Bereitschaft vorliegt, zog bereits (Mirasimsadeh 1973 zitiert aus Schuster und Liu 1983) in Erwägung.

Fragestellung

In dem Projekt „Versuch zur chemischen Kastration der echten Kamille“ wurde versucht, die in der züchterischen Bearbeitung anderer Kulturpflanzen verwendeten Gametozide auf ihre Wirksamkeit bei der Echten Kamille zu überprüfen und gegebenenfalls deren Einsatz zu optimieren. Erwünscht wäre die Schädigung der zwittrigen Röhrenblüten unter gleichzeitiger Schonung der rein weiblichen Zungenblüten. Sollte dies gelingen, wäre das erwünschte Resultat männlich sterile Pflanzen. Die folgenden bekannten Gametozide sollen in dieser Arbeit untersucht werden: α -Naphthyllessigsäure, Ethephon, Gibberellinsäure und Trijobenzoesäure.

2 Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial

Für das Projekt mit dem Ziel, männliche sterile Mutterlinien der echten Kamille (*Matricaria recutita*) zu schaffen, wurden als Ausgangsmaterial insgesamt 100 Kamillenpflanzen von vier verschiedenen Sorten verwendet.

Manzana (MAN)

Hungarian 2 (HUN2)

Degumille (DEG)

Bona (BON)

Manzana, *Degumille* und *Bona* werden an der Veterinärmedizinischen Universität seit 20 Jahren durch Erhaltungszüchtung bereitgestellt und wurden aus Saatgut für diesen Versuch hochgezogen. Die Sorte *Hungarian 2* wurde von der Corvinus Universität Budapest - Faculty of Horticultural Science als Saatgut zur Verfügung gestellt und an der Veterinärmedizinischen Universität hochgezogen.

Alle Pflanzen wurden unter identen Glashausbedingungen gehalten (siehe Abb. 2 und Abb. 3).



Abb. 2: Außenansicht des Glashauses der Veterinärmedizinischen Universität Wien

2.1.1 Sortenbeschreibung (Bundessortenamt 2002)

Manzana

Manzana ist eine tetraploide Sorte. Die Blätter sind mittelgrün und mittelfein gefiedert. Die Blüte ist mittelgroß. Der Gehalt an ätherischen Ölen ist mittelhoch.

Bona

Bona ist eine diploide Sorte. Die Pflanze ist niedrig bis mittelhoch. Ihre Blätter sind mittel- bis dunkelgrün und mittel bis grob gefiedert. Die Blüte ist klein. Der Blütenertrag ist mittel bis hoch. Der Gehalt an ätherischen Ölen ist mittelhoch. Der Gehalt an Alpha Bisabolol ist sehr hoch.

Degumille

Degumille ist eine diploide Sorte. Die Pflanze ist niedrig bis mittelhoch und ihre Blätter sind mittelgrün und mittel bis grob gefiedert. Die Blüte ist klein bis mittelgroß. Der Gehalt an ätherischen Ölen ist mittelhoch.

Hungarian 2

Die diploide Sorte *Hungarian 2* ist keine registrierte Sorte. Daher gibt es auch keine offizielle Sortenbeschreibung.



Abb. 3: Innenansicht des Glashauses der Veterinärmedizinischen Universität Wien

2.2 Split-Plot Design

Die Pflanzen in Töpfen wurden nach einem Split-Plot Design aufgestellt und beschriftet. Aus vier Sorten (*Hungarian2*, *Manzana*, *Degumille*, *Bona*), fünf Behandlungen (Trijodbenzoesäure, α -Naphthylelessigsäure, Gibberellinsäure, Etephon, Nullvariante = ohne Behandlung), sowie jeweils fünf Wiederholungen pro Faktorkombination ergab sich ein Versuchsaufbau aus 100 Pflanzen. Im Glashaus der Veterinärmedizinischen Universität wurden diese nach Behandlung getrennt und innerhalb der Behandlung randomisiert aufgestellt. Alle anderen Einflussfaktoren wie Tageslänge, Wasser und Temperatur wurden für alle Pflanzen gleich gehalten. Für detaillierte Informationen zum Split-Plot Untersuchungsdesign siehe Anhang 1.

2.3 Chemikalien

Als Gametozide wurden α -Naphthylelessigsäure, Etephon, Gibberellinsäure und Trijodbenzoesäure getestet. Die Informationen zu Substanzen und Konzentrationen stammen unter anderem aus der Dissertation: „Untersuchungen über die Wirkungen verschiedener Gametozide zur Erreichung von männlicher Sterilität bei

unterschiedlichen Genotypen der Sonnenblume (*Helianthus annuus L.*)“ von Liu (2003).

Um das Mischen zu ermöglichen bzw. zu beschleunigen, wurden die Chemikalien mit Wasser vermischt und jeweils einige Tropfen 70% Ethanol zugesetzt und die Mischungen erwärmt.

α -Naphthyllessigsäure (NAP) (Sigma Aldrich Handels GmbH, Schnelldorf, Deutschland)

Die α -Naphthyllessigsäure (Abb. 4) ist sehr schlecht in Wasser löslich. Mit einigen Tropfen 70% Ethanol löst sie sich in Wasser (H_2O) gut auf. Es ist ein weißes Pulver mit säuerlichem Geruch.

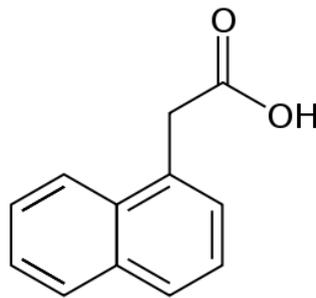


Abb. 4: Strukturformel der α -Naphthyllessigsäure (Sigma-Aldrich Handels GmbH 2013)

Vorbereitung für die Behandlung: 50 mg α -Naphthyllessigsäure wurden mit 500 ml H_2O und einigen Tropfen 70% Ethanol (Sigma Aldrich Handels GmbH, Schnelldorf, Deutschland) vermischt und im Kühlraum bis zur Verwendung gelagert.

Ethephon (ETH) (Sigma Aldrich Handels GmbH, Schnelldorf, Deutschland)

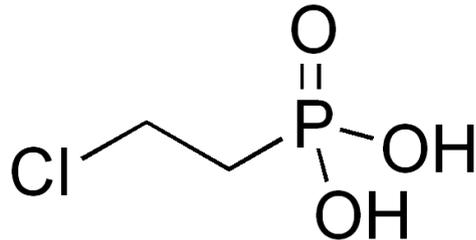


Abb. 5: Strukturformel von Ethephon (Bayer Crop Science Inc. 2013)

Ethephon (Abb. 5) ist ein Wachstumsregulator, der vor allem für Getreide verwendet wird. Er fördert auch die Reifung von Tomaten und Äpfeln. Außerdem beschleunigt er die Heidelbeerfärbung und Fruchtreife. Zudem lockert Ethephon die Kirschen zur besseren Ernte.

Ethephon dringt in die Pflanze ein. Dort baut es sich zu Äthylen ab. Äthylen wiederum beeinflusst das Wachstum der Pflanzen. Ethephon ist gesundheitsschädlich, wenn es verschluckt wird und kann die Augen schädigen (Bayer Crop Science Inc. 2013).

Ethephon ist ein farbloses, hygroskopisches Kristall mit charakteristischem Geruch und guter Wasserlöslichkeit.

Cerone (Bayer Agrar- Austria, Wien, Österreich)

Im Versuch wurde vorerst Ethephon als Reinsubstanz verwendet und dann wurde zum Fortfahren des Projektes das Handelspräparat Cerone mit dem Wirkstoff Ethephon verwendet. Cerone ist eine farblose bis hellgelbe Flüssigkeit, die fast geruchlos ist und mit Wasser vollkommen mischbar ist. Cerone wird im Gemüseanbau z.B.: zur Inhibition männlicher Blüten beim Ölkürbis, im Freilandanbau verwendet.

Vorbereitung für die Behandlung:

- 80 mg Ethephon wurden mit 500 ml H₂O gemischt und im Kühlraum gelagert
- Es wurden 121 µl Cerone in 500ml H₂O gelöst und im Kühlraum gelagert.

Gibberellinsäure (GIB) (Sigma Aldrich Handels GmbH, Schnelldorf, Deutschland)

In einem Projekt 2006 aus Bayern („Vergleichende morphologisch-anatomische Untersuchungen zur Wirkung der Wachstumsregulatoren Gibberellin GA3 und Prohexadione-Ca auf den Befruchtungsvorgang, die Samenentwicklung und die Differenzierung der Infloreszenzen bei unterschiedlich sensiblen Rebsorten“) wurde Gibberellinsäure zum Ertragsvorteil im Weinbau eingesetzt. Durch die Applikation von Gibberellinsäure kam es zu einer Lockerbeerigkeit und einem höheren Beerenansatz bei gleichzeitig kleineren Beeren (Böll et al. 2009).

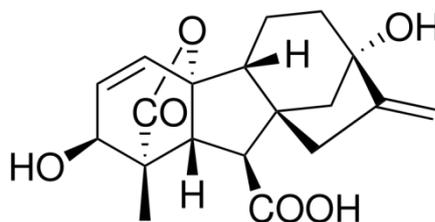


Abb. 6: Strukturformel der Gibberellinsäure (Sigma-Aldrich Handels GmbH 2013)

Vorbereitung für die Behandlung:

Gemischt wurden 50 mg Gibberellinsäure in 500 ml destilliertes H₂O. Gelagert wurde das Gemisch im Kühlraum bei 4 Grad Celsius.

Trijodbenzoesäure (TRI)

Beim Mischen der Trijodbenzoesäure ist aufgefallen, dass sie sich in reinem H₂O wenig bis gar nicht löst. Es blieben kleine Klumpen am Boden des Gefäßes übrig. Mit etwas zugemischtem Ethanol (70%) und Erwärmen löste sich die Trijodbenzoesäure sehr gut (Tittmann, pers. Kommunikation 2013).

Vorbereitung für die Behandlung:

100 mg Trijodbenzoesäure wurden mit 500 ml H₂O gemischt und im Kühlraum bei 4 Grad Celsius gelagert.

2.4 Geräte

Mikroskope

Für die Pollenanalyse wurde das Mikroskop Nikon, Labophot-2 verwendet (Nikon GmbH, Wien, Österreich).



Abb. 7: Nikon Labophot-2

Für die Samenzählungen wurde das Mikroskop Stereomikroskop Wild Heerbrugg M3Z verwendet (Heerbrugg AG, Heerbrugg, Schweiz).



Abb. 8: Stereomikroskop Wild Heerbrugg M3Z

Trockenschrank zur Aufbewahrung der geernteten Blütenköpfchen

Es wurden jeweils zwei Blütenköpfchen pro Pflanze geerntet und in kleine beschriftete Säckchen (Abb. 10) verschlossen in den Trockenschrank (Memmert GmbH Co.KG, Schwabach, Deutschland) gelegt und bei 35°C getrocknet. Hier verweilen die Blütenköpfchen mindestens eine Woche.



Abb. 9: Trockenschrank im Glashaus der Veterinärmedizinischen Universität Wien

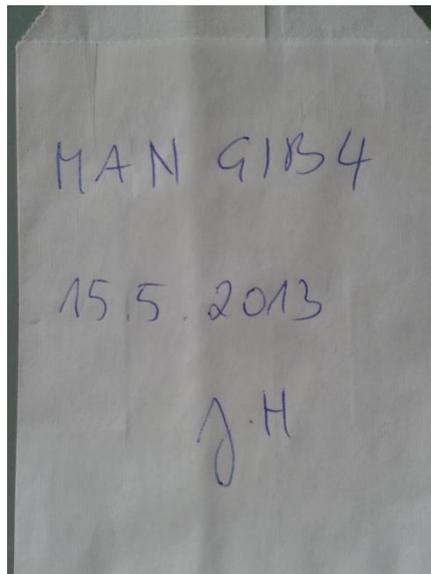


Abb. 10: beschriftetes Säckchen

2.5 Aufzucht

Die Pflanzenanzucht der Sorten erfolgte im Glashaus der Veterinärmedizinischen Universität. Die Samen der Pflanzen keimten in Pikierschalen und wurden dann in größere Töpfe umgetopft.

Nach dem Umtopfen, dem Beschriften der Töpfe (Abb. 11) und dem einzelnen Platzieren der Pflanzen nach einem vorgegebenen Schema, wurde alle zwei Tage kontrolliert, wie weit sie in ihrer Entwicklung standen.

Kurz nach dem Umtopfen zeigte sich bei den meisten Pflanzen der Echte Mehltau, der erfolgreich mit 'Netzschwefel' von Kwizda Pharmadistribution, Wien, Österreich, in der Konzentration 0,4% ein Mal behandelt wurde. Schon nach einigen Tagen zeigte sich keine Pilzbildung mehr.



Abb. 11: Beschrifteter Übertopf

2.6 Behandlungen

Während des ersten Knospenstadiums der Pflanzen wurden sie zum ersten Mal mit 10 ml der jeweiligen Substanz/Pflanze behandelt (Abb. 12). Dazu wurden die zuvor vorbereiteten Chemikalien aus dem Kühlraum genommen und in Sprühflaschen gefüllt. Nachdem die Substanzen Raumtemperatur angenommen hatten, wurde jede einzelne Pflanze behutsam und gleichmäßig behandelt. Nach einer Woche wurden die Pflanzen nochmals nach derselben Methode behandelt.

Eine Gruppe, die nicht behandelt wurden, diente als Kontrollgruppe.



Abb. 12: Behandlung bei erster Knospenbildung

2.7 Datensammlung

2.7.1 Bonitierung der geschädigten Blütenköpfchen

Nach der 2. Behandlung wurden die Blüten bzw. Blütenköpfe bonitiert. Jeweils zweimal in circa 2-wöchigen Abständen wurden die Knospen und Blüten der jeweiligen Pflanzen abgezählt. Abgezählt wurden die gesunden und beschädigten Blütenköpfchen bzw. die Gesamtanzahl vorhandener Blütenköpfchen und Knospen pro Pflanze. Als beschädigt wurden Blütenköpfchen bezeichnet, die mindestens deutlich braune Verfärbungen eines Teils der Röhrenblüten zeigten. Zusätzlich konnten auch alle Röhrenblüten verbräunt sein, die Zungenblüten reduziert, verkrümmt oder fehlend sein, sowie die Blütenköpfchen komplett verkümmert sein.

2.7.2 Pollenanalyse

Nachdem die Pflanzen Blüten gebildet hatten und genügend ausgereift waren, wurden pro Pflanze jeweils zwei Blütenköpfe geerntet und in kleine Säckchen gegeben. Unmittelbar nach der Entnahme wurde das Pollenmaterial mit Hilfe einer Pinzette auf einen Objektträger geklopft, mit 2%iger Karminessigsäure-Lösung eingefärbt, um lebende Pollen im Mikroskop sichtbar zu machen, und mit einem Deckglas versehen. Für die Karminessigsäure-Lösung wurde 2 g Karmin zusammen mit 100 ml 45%iger wässriger Essigsäure in einem ca. 500 ml fassenden Erlenmeyerkolben auf kleiner Flamme ca. 30 min lang gekocht. Dem Kolben wurde dabei ein Rückflusskühler aufgesetzt. Nach dem Erkalten wurde die Lösung gefiltert. Unter dem Mikroskop wurden die fertilen bzw. infertilen Pollen ausgezählt und dokumentiert (Abb. 13).

Fertile Pollen: mehr rötlich, rund, prall

Infertile Pollen: gelblich braun kollabiert

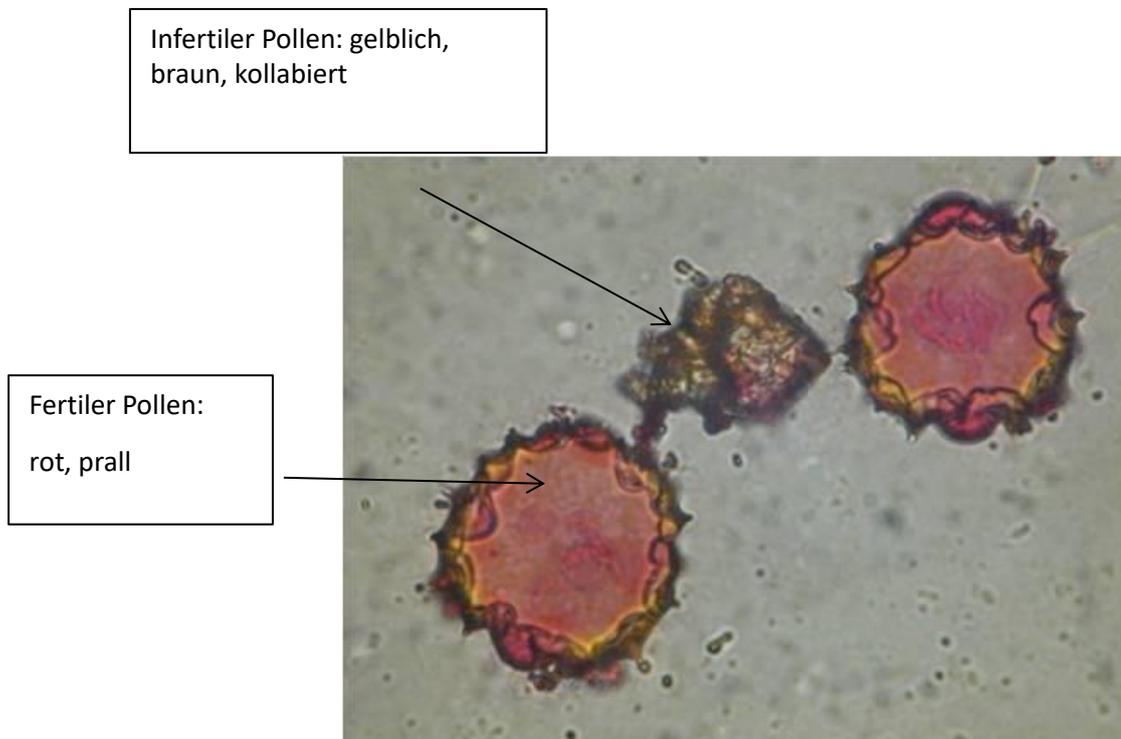


Abb. 13: Fertile und infertiler Pollen (Fährnich 2012, unveröffentlicht)

2.7.3 Überprüfung des Samenansatzes

Jeweils zwei reife Blütenköpfchen pro Pflanze wurden entnommen, um sie in kleine beschriftete Säckchen im Trockenschrank mindestens eine Woche zu trocknen und dann aufzubewahren, bis sie zur Weiterverarbeitung zum Keimtest verwendet wurden. Sobald die Blüten in einem geeigneten Stadium der Blühperioden waren, wurden sie geerntet. Der beste Zeitpunkt dafür ist, wenn die Köpfchen am unteren Rand teilweise bräunlich und die Zungenblüten nach unten gelegt sind. Nach einer Keimruhe von mindestens einem Monat wurden sie unter dem Mikroskop gesäubert.

Keimruhe (Dormanz) ist die Entwicklungsverzögerung der Keimung. Dabei wird das vorzeitige Keimen bei ungünstigen Bedingungen verhindert. Es wird sichergestellt, dass die Samen nur unter optimalen Bedingungen auflaufen. Damit wird die

Überlebenschance der jungen Pflanze erhöht. Deshalb besitzt das Saatgut bei manchen Arten direkt nach der Ernte nur eine schlechte Keimfähigkeit. Das ist sehr typisch für die Echte Kamille (Bloemer und Diekhoff 2013).

Eventuell vorhandene Zungenblüten, Stängel oder andere Bestandteile außer Achänen wurden mit der Pinzette entfernt. Das restliche Material wurde unter dem Mikroskop begutachtet und jene Achänen als fertile Samen gezählt, die kümmelartig gekrümmt und bräunlich gestreift waren (Abb. 14). Fertile Samen beinhaltende Achänen sind circa 1-2 mm lang und 0,3 mm breit. Die ausgezählten Samen wurden wieder in das beschriftete Säckchen gefüllt. Die Anzahl der unter dem Mikroskop ausgezählten fertilen Samen wurden am Säckchen schriftlich festgehalten.



Abb. 14: Auszählen der fertile Samen enthaltende Achänen (Fährnich 2013, unveröffentlicht)

2.7.4 Keimtests

Mithilfe von Filterpapier und Petrischalen wurden die Keimtests der Samen angelegt. Die Petrischalen wurden mit Sorte, Behandlung und dem Durchführungsdatum beschriftet. Die Filterpapiere wurden mit destilliertem Wasser befeuchtet und die entsprechenden Samen darauf verteilt. Jeweils ein Säckchen mit geernteten Achänen

/ Blütenköpfchen wurde in einer Petrischale angelegt. Danach wurden die Achänen befeuchtet. Die Keimtests wurden täglich auf Fortschritt kontrolliert und je nach Bedarf gegossen, damit das Filterpapier immer feucht blieb.

Eine Woche nach Beginn der Keimtests wurden die ersten Keimlinge ausgezählt und schriftlich vermerkt. Zwei Wochen nach Beginn wurde das zweite Mal unter dem Mikroskop ausgezählt. Gegebenenfalls inzwischen verstorbene Keimlinge wurden nicht mehr als gekeimt mitgezählt.

Diese Keimtests sind Standardtests (Heeger 1989) und wurden nach oben genannter Reihenfolge angelegt.

2.7.5 Gesamtpflanzenschädigung

Nach der zweiten Behandlung wurden alle Pflanzen auf generelle Schädigungen und/oder Wachstumsveränderungen kontrolliert. Starke Abweichungen vom normalen Wachstum der gesamten Pflanze, wie stark elongiertes, dünnes und blattarmes Wachstum in Zusammenhang mit verkrümmten, beschädigten, gebräunten Blüten mit auffälligen Veränderungen der Blütenblätter wurden subjektiv unter den Begriff Gesamtpflanzenschädigung eingereiht.

2.8 Statistische Auswertungen

Dem Versuchsdesign entsprechend gab es fünf Wiederholungen (d.h. fünf Einzelpflanzen) je Faktorkombination (für die Faktoren Sorte und Behandlung). Jedes Merkmal, mit Ausnahme der Gesamtpflanzenschädigung wurde zwei Mal pro Pflanze erfasst. Die Gesamtpflanzenschädigung wurde jeweils nur ein Mal pro Pflanze erfasst.

Analysierte Merkmale waren:

- % geschädigte Blütenköpfchen/ Pflanze
- % Pollensterilität
- Samenansatz/Blütenköpfchen
- % Keimung nach einer Woche
- % Keimung nach zwei Wochen
- Gesamtpflanzenschädigung

Die statistischen Auswertungen wurden mit folgenden Methoden berechnet.

2 -faktorielle Varianzanalyse

Die Merkmale % geschädigte Blütenköpfchen / Pflanze, % Pollensterilität, Samenansatz/ Blütenköpfchen und % Keimfähigkeit wurden mittels der 2-faktoriellen Varianzanalyse (univariates allgemeines lineares Modell) auf den Einfluss der beiden Faktoren Sorte und Behandlung und deren Wechselwirkung untersucht.

Chi-Quadrat Test

Bei dem ordinalskalierten Merkmal der Gesamtpflanzenschädigung wurde - als ja/nein-Entscheidung - über Kreuztabellen und dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson (Arrenberg 2019) überprüft, ob sich die Gruppierungen nach Sorte, bzw. nach Behandlung gemäß der Häufigkeit der Gesamtpflanzenschädigung signifikant voneinander unterscheiden. Mittels standardisierter Residuen wurde für die einzelnen Faktorenklassen die Signifikanz der Abweichung der beobachteten von der erwarteten Anzahl der Schädigungen bewertet (Bühl 2012).

Post-hoc Tests

Mittels Duncan Post-hoc-Tests wurden bei mehr als zwei Mittelwerten untersucht, welche Mittelwerte sich unterschieden, bzw. die Aufteilung der Mittelwerte in Untergruppen vorgenommen. Dieser Test wurde im Anschluss an die jeweilige Varianzanalyse (SPSS 20) durchgeführt (Bühl 2012).

3 Ergebnisse

3.1 Geschädigte Blütenköpfchen/Pflanze

Im Zeitraum einer Woche nach der zweiten Spraybehandlung wurden die Pflanzen auf geschädigte Blütenköpfchen geprüft und die Prozent geschädigter von der Gesamtblütenköpfchenzahl erfasst (Abb. 15).



Abb. 15: bräunlich verfärbtes Blütenköpfchen

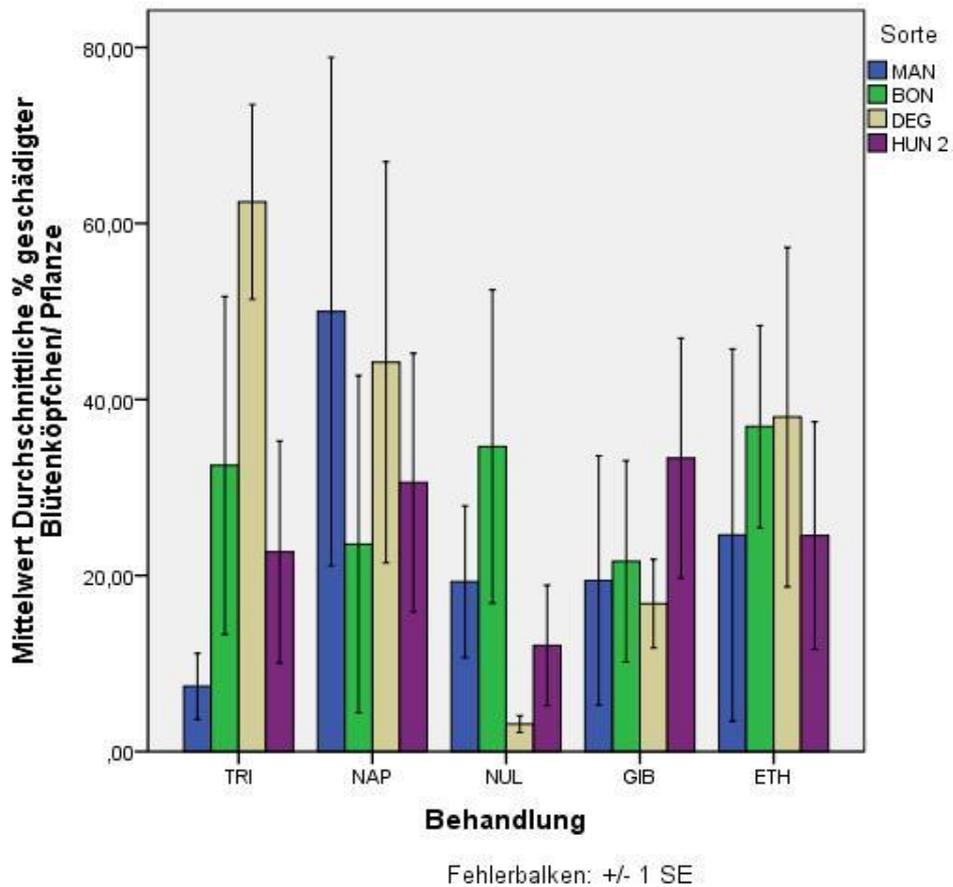


Abb. 16: Einfluss der Behandlung und Sorte auf die % geschädigter Blütenköpfchen/Pflanze

TRI = Trijodbenzoesäure, NAP = α -Naphthyllessigsäure, NUL = unbehandelte Nullvariante, GIB = Gibberellinsäure, ETH = Etephon.

Bei der 2-faktoriellen Varianzanalyse zeigten sich keine Signifikanzen beim Einfluss der Sorte ($p=0,752$), der Behandlung ($p=0,357$) oder der Wechselwirkungen zwischen Sorte und Behandlung ($p=0,494$) auf die Prozent der geschädigten Blütenköpfe/Pflanze. Die Darstellung der Mittelwerte der durchschnittlichen Prozent der geschädigten Blütenköpfchen/Pflanze (von 2 Boniturtagen mit ca. 14 Tagen Abstand an derselben Pflanze) zeigt dementsprechend ein sehr heterogenes Bild

(Abb. 16), an dem sich keine Tendenz einer Sorte oder Behandlungsart zum Auftreten der Blütenkopfschädigungen erkennen lässt.

Erwähnenswert ist auch, dass auch die unbehandelte Variante (NUL) in allen Sorten eine gewisse Schädigung der Blütenköpfchen unter 'normalen' Bedingungen zeigt. Die Durchschnittswerte der Behandlungen ergeben sich wie folgt: NUL: 17,28%; GIB: 22,97 %, ETH: 31,72 %; TRI: 33,91 % und NAP: 35,64 %.

3.2 Pollensterilität

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittel der Quadrate	F	Sig
Korrigiertes Model	5438,178a	16	339,886	1,258	,326
Konstanter Term	18954,305	1	18954,305	70,134	,000
Sorte	2494,562	3	831,521	3,077	,058
Behandlung	2117,262	4	529,315	1,959	,150
Sorte *Behandlung	1191,143	9	132,349	,490	,861
Fehler	4324,117	16	270,257		
Gesamt	38645,983	33			
Korrigierte Gesamtvariation	9762,295	32			

Tab. 1: Die prozentuelle Pollensterilität wurde nach Möglichkeit von zwei Blütenköpfchen /Pflanze festgestellt und jeweils der Durchschnitt berechnet

Bei der 2-faktoriellen Varianzanalyse zeigte sich ein p-Wert für den Faktor Sorte von $p = 0,058$ (Tab.1). Dies stellt einen Wert nahe an der Signifikanz ($< 0,05$) dar, doch bei den Duncan Post hoc-Tests zeigten sich keine Sortenunterschiede. Die Behandlung zeigte mit $p = 0,150$ keinen signifikanten Einfluss, Post-hoc-Tests wiesen jedoch eine

Unterscheidung von TRI und ETH aus (Abb.17). Die Interaktion von Sorte und Behandlung ergab $p = 0,861$ und deshalb keinen signifikanten Einfluss.

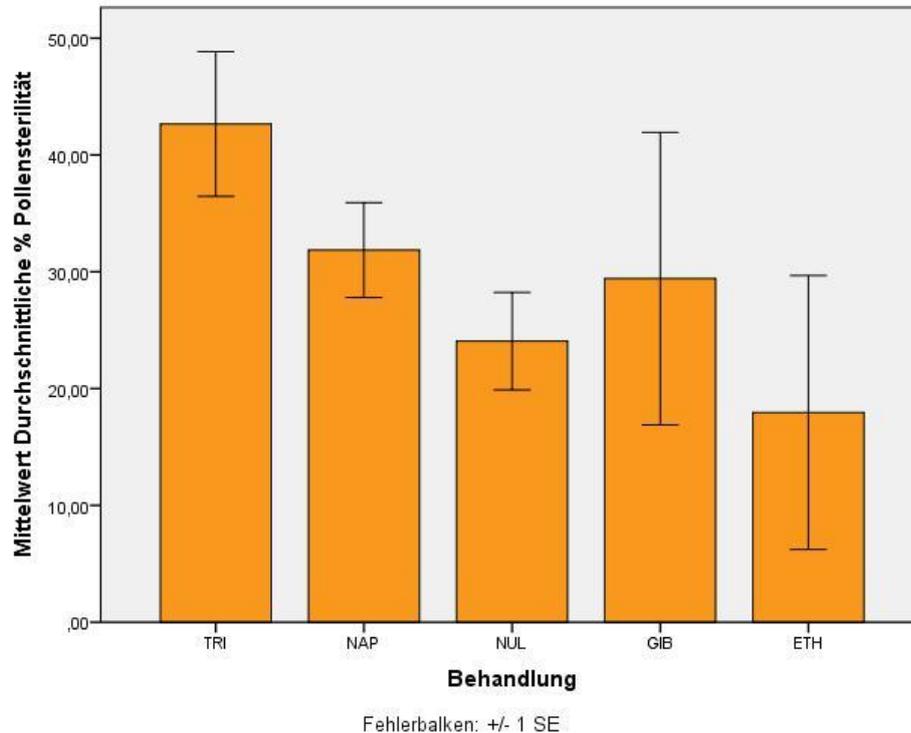


Abb. 17: Einfluss der Behandlung auf die durchschnittliche Pollensterilität

TRI = Trijodbenzoesäure, NAP = α -Naphthylelessigsäure, NUL = unbehandelte Nullvariante, GIB = Gibberellinsäure, ETH = Etephon.

3.3 Samenansatz /Blütenkopf

Der Samenansatz wurde als visuell als fertil einschätzbare Achänen pro Blütenkopf und dies an zwei Blütenköpfchen / Pflanze gemessen. Davon wurde jeweils der Durchschnitt berechnet. Bei der 2-faktoriellen Varianzanalyse ergaben sich weder für den Einfluss der Sorte ($p = 0,806$), noch für den Einfluss der Behandlung ($p = 0,732$) oder die Wechselwirkung ($p = 0,841$) Signifikanzen (Tab.2). Entsprechend ergab sich ein heterogenes Bild der Mittelwerte des Samenansatzes im Vergleich der Sorten und Behandlungen (Abb. 18).

Einzig ein sehr hoher Wert bei der unbehandelten *Manzana*-Sorte von durchschnittlich fast 20 fertilen Samen/Achänen pro Blütenköpfchen fiel auf. Durch eine sehr hohe Standardabweichung (38,3; Daten nicht extra ausgewiesen) und einen hohen Standardfehler (Abb. 18) relativiert sich jedoch die Sicherheit der Aussage.

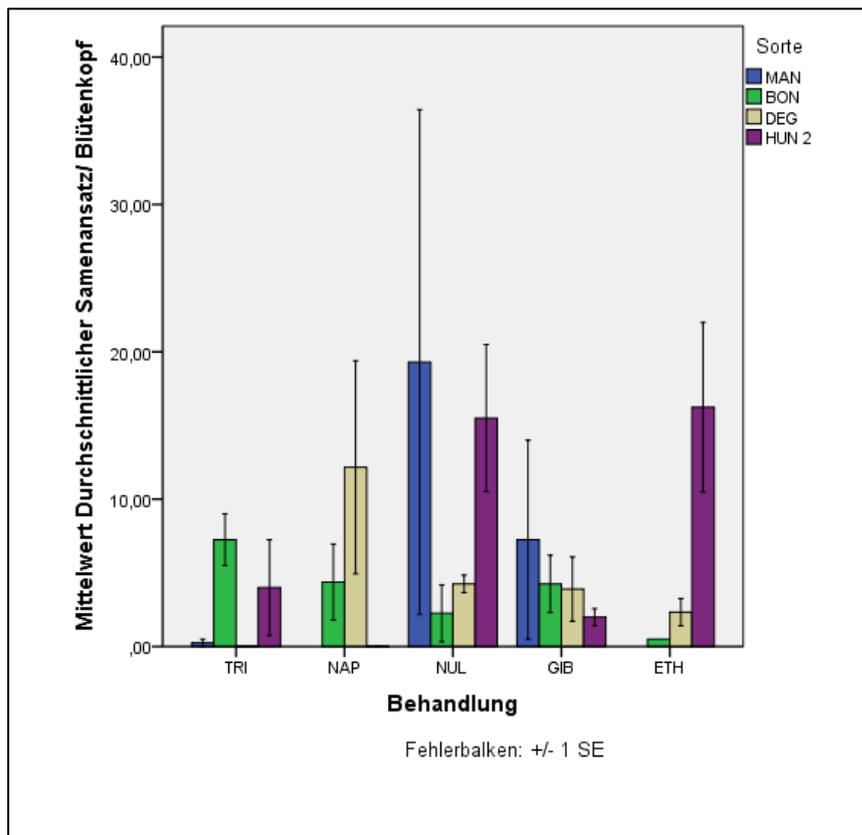


Abb. 18: Einfluss der Behandlung und Sorte auf den durchschnittlichen Samenansatz pro Blütenkopf. Sortenweise Veränderung der Keimung nach einer und nach zwei Wochen, über alle Behandlungen hinweg, in Prozent.

TRI = Trijodbenzoesäure, NAP = α -Naphthylelessigsäure, NUL = unbehandelte Nullvariante, GIB = Gibberellinsäure, ETH = Etephon.

Generell zeigte die Nullvariante mit durchschnittlich 10,85 und die Sorte *Manzana* bei NUL und GIB mit 12,39 Samen/Blütenkopf immer die stärksten Varianten, gegen einen Gesamtdurchschnitt (über alle Sorten und Behandlungen) von 6,71 Samen/Blütenkopf.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittel der Quadrate	F
Korrigiertes Model	1966,530a	17	115,678	,872
Konstanter Term	1530,959	1	1530,959	,008
Sorte	190,492	3	63,497	,806
Behandlung	392,081	4	98,020	,732
Sorte * Behandlung	1071,527	10	107,153	,841
Fehler	6982,271	36	193,952	
Gesamt	11382,250	54		
Korrigierte Gesamtvariation	8948,801	53		

Tab. 2: Tests der Zwischensubjekteffekte – Durchschnittlicher Samenansatz/Blütenköpfchen

3.4 Keimfähigkeit

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittel der Quadrate	F	Sig
Korrigiertes Model	4164,907a	16	260,307	1,322	,242
Konstanter Term	3635,196	1	3635,196	18,464	,000
Sorte	2061,264	3	687,088	3,490	,026
Behandlung	1671,408	4	417,852	2,122	,100
Sorte*Behandlung	2008,992	9	223,221	1,134	,368
Fehler	6497,185	33	196,884		
Gesamt	13166,854	50			
Korrigierte Gesamtvariation	10662,092	49			

Tab. 3: Keimfähigkeit Tests der Zwischensubjekteffekte

Der Einfluss der Sorte auf die Keimfähigkeit der ausgezählten Samen von zwei Blütenköpfchen pro Pflanze nach 2 Wochen wurde mittels der 2-faktoriellen Varianzanalyse berechnet und ergab einen p-Wert von 0,026. Die Sorte *Manzana* zeigte numerisch dabei die höchste durchschnittliche Keimfähigkeit (Abb.19).

Beim Einfluss der Behandlung ergab sich der Wert $p = 0,100$ und bei der Wechselwirkung $p = 0,368$, d.h.es zeigten sich hier keine Signifikanzen.

Der prozentuelle Unterschied der Keimung zwischen der 1. Woche und 2. Woche zeigten keine Signifikanzen beim Einfluss der Sorte ($p=0,098$), der Behandlung ($p=0,283$) oder der Wechselwirkung ($p=0,243$) (Tab.4). Abb. 19 zeigt das Verhalten der jeweiligen Sorte nach einer oder zwei Wochen der Keimung. Generell zeigte *Manzana* die beste Keimfähigkeit (\bar{x} 13,78 für 1. Woche, \bar{x} 13,47 für 2. Woche) über alle Behandlungen hinweg gegen eine \bar{x} Keimfähigkeit bei beiden Überprüfungswochen von 6,82). Negative Werte der Unterschiede zwischen erster und zweiter Woche zeigten ein Verlust/Absterben von bereits gekeimten Sämlingen an, positive Werte ein späteres Keimen erst in der zweiten Woche.

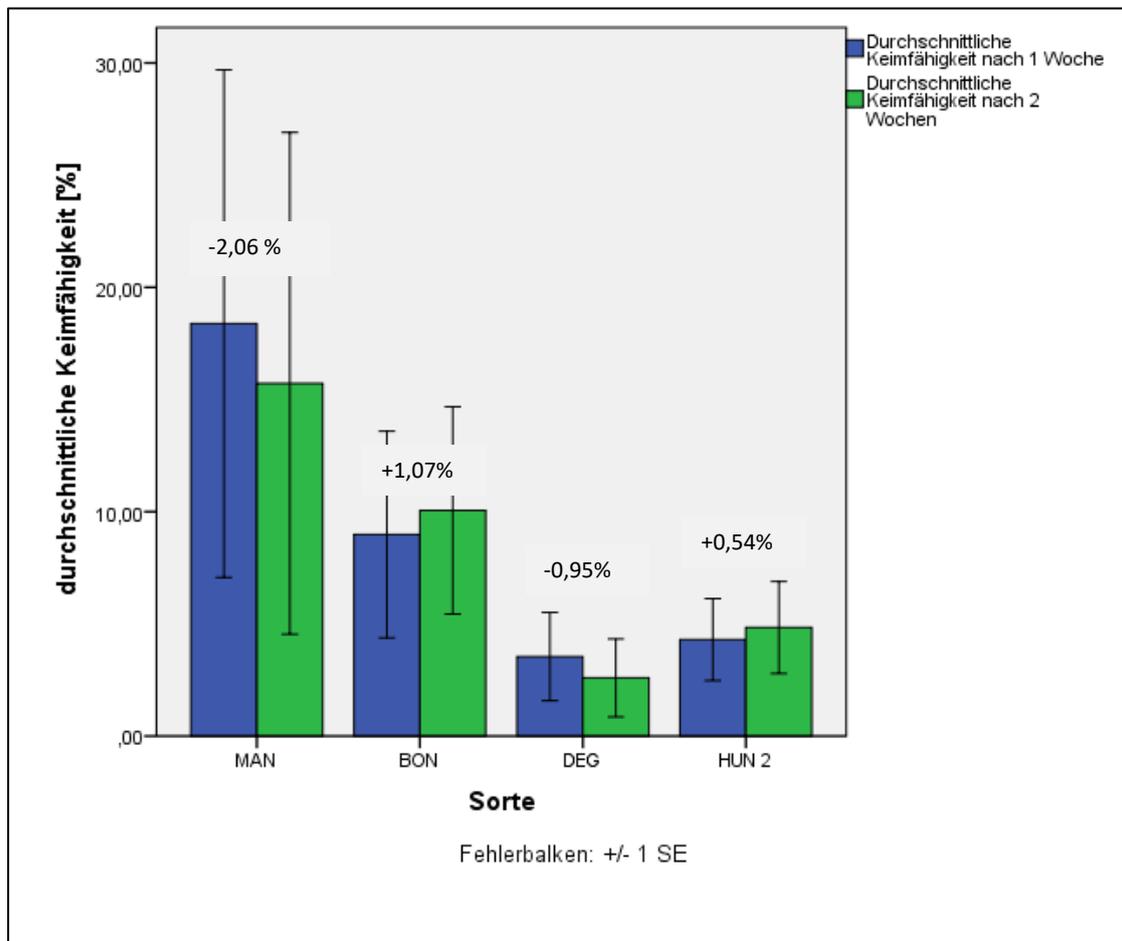


Abb. 19: Verhalten der Keimlinge zwischen erster und zweiter Woche je nach Behandlung

Auch hier gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen (auch nicht der Nullvariante). Die Ethephonbehandlung zeigte für beide Wochen die stärkste

Keimfähigkeit (\bar{x} 13,16 % für beide Wochen, gegen \bar{x} 6,82 % für alle Werte und beide Wochen) (Abb.20).

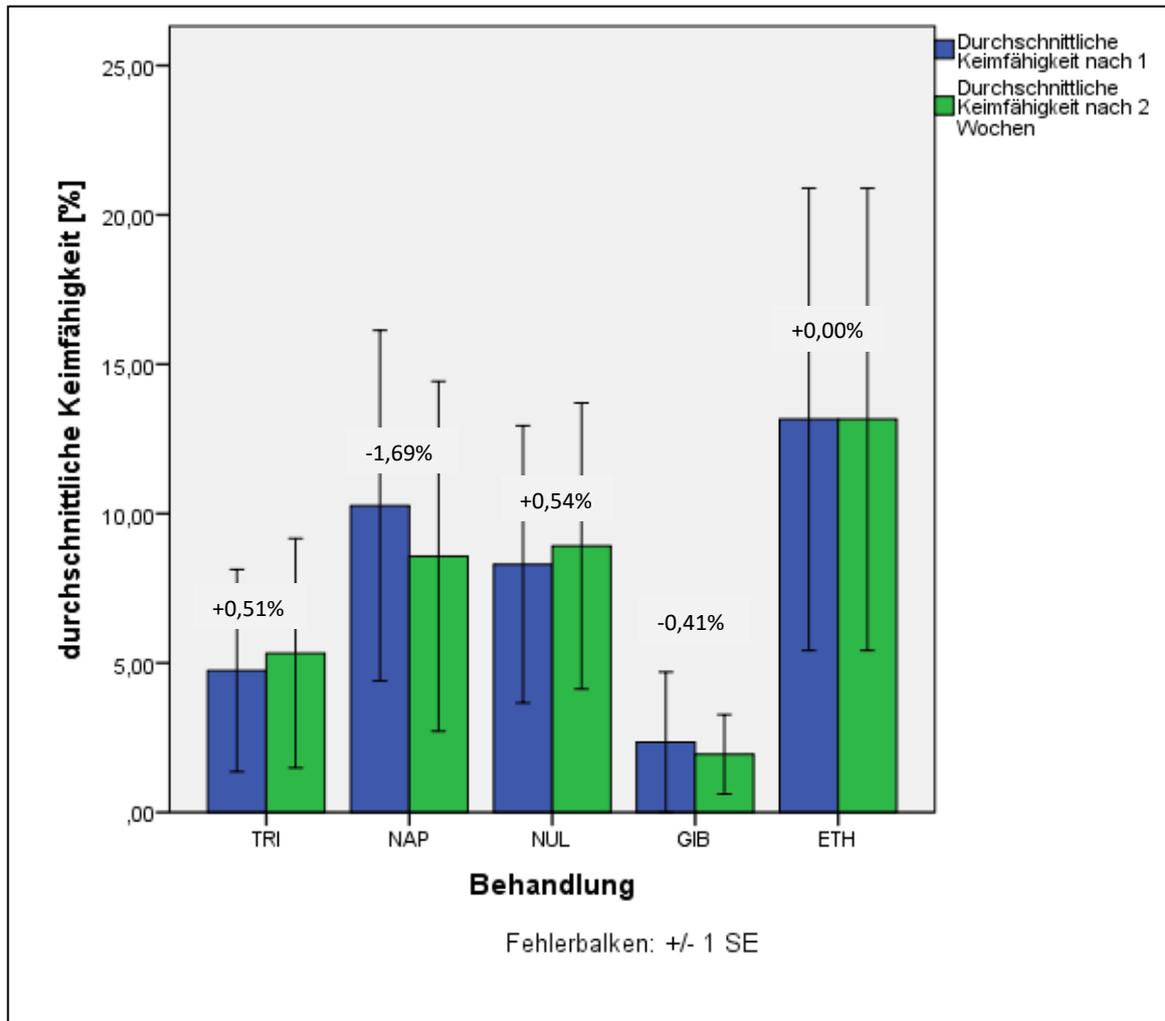


Abb. 20: Behandlungsweise Veränderung der Keimung nach einer und nach zwei Wochen, über alle Sorten hinweg, in Prozent

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	Df	Mittelwert der Quadrate	F	Sig
Korrigiertes Modell	301,556a	17	17,739	1,374	,208
Konstanter Term	16,687	1	16,687	1,292	,263
Sorte	87,706	3	29,235	2,2264	,098
Behandlung	67,946	4	16,986	1,316	,283
Sorte * Behandlung	174,537	10	17,454	1,352	,243
Fehler	451,898	35	12,911		
Gesamt	754,690	53			
Korrigierte Gesamtvariation	753,455	52			

Tab. 4: Tests der Zwischensubjekteffekte - Unterschied prozentueller Keimung zwischen erster und zweiter Woche

3.5 Gesamtpflanzenschädigung

Während der Bonitierung jeweils nach der ersten und zweiten Behandlung fiel auf, dass es zu Gesamtpflanzenschädigung gekommen ist. Zur Gesamtpflanzenschädigung zählen die gesamten verwelkten Blüten, das Fehlen von Zungenblüten oder die totale Verwelkung bzw. das Zugrundegehen der Pflanzen. Auf jeden Fall betraf die sichtbare Schädigung/abnormale Veränderung mehr als nur die Blütenkörbe, die ja auch bei der Bonitur der geschädigten Blütenköpfchen/Pflanze erfasst wurden. Abb. 21-23 zeigen typische Schädigungen, die während der Bonitur festgestellt werden konnten.



Abb. 21: Fehlen der Zungenblüten



Abb. 22: Verwelkte Blütenköpfe nach der zweiten Behandlung



Abb. 23: Verwelkte Blütenköpfe, vertrocknete Stängel nach der zweiten Behandlung

		Gesamtpflanzenschädigung		Gesamt
		Nein	ja	
Sorte	MAN	23	2	25
	BON	19	6	25
	DEG	13	12	25
	HUN2	22	3	25
	Gesamt	77	23	100

Tab. 5: Kreuztabelle zum Einfluss der Sorte auf die Gesamtpflanzenschädigung

		Gesamtpflanzenschädigung		Gesamt
		Nein	ja	
Behandlung	TRI	16	4	20
	NAP	16	4	20
	NUL	18	2	20
	GIB	16	4	20
	ETH	11	9	20
Gesamt		77	23	100

Tab. 6: Kreuztabelle zum Einfluss der Behandlung auf die Gesamtpflanzenschädigung

Der Einfluss der Behandlung auf die Gesamtpflanzenschädigung wurde mittels Kreuztabellen (Ja/Nein Aussage) (Tab.5 und Tab.6) und mittels Chi Quadrat Test nach Pearson berechnet (Tab.7).

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	13,721 a	3	,003
Likelihood-Quotient	13,399	3	,004
Zusammenhang linear-mit-linear	,906	1	,341
Anzahl der gültigen Fälle	100		

Tab. 7: Chi Quadrat-Test zum Einfluss der Sorte auf die Gesamtpflanzenschädigung

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	7,679a	4	,104
Likelihood-Quotient	7,278	4	,122
Zusammenhang linear-mit-linear	2,795	1	,095
Anzahl der gültigen Fälle	100		

Tab. 8: Chi-Quadrat-Tests zum Einfluss der Behandlung auf die Gesamtpflanzenschädigung

Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson der Kreuztabellen der geschädigten Pflanzen, zugeordnet zu den Behandlungen, ergab eine zweiseitige asymptotische Signifikanz von 0,104 und den χ^2 -Wert 7,679 (Tab.8). Damit war kein Einfluss der Behandlung auf die Gesamtpflanzenschädigung zu erkennen.

Dennoch ergab sich bei der Behandlung mit Ethephon das standardisierte Residuum von +2,1 für die Anzahl der geschädigten Pflanzen, das nach der üblichen statistischen Faustregel (≥ 2 , Bühl 2012) wesentlich zum Chi-Quadrat-Wert und zu einer

signifikanten Abweichung vom jeweiligen Erwartungswert (Produkt der Anzahl einer Behandlung und der Schädigung oder nicht / Gesamtsumme der Häufigkeit) beiträgt. Dieser Sachverhalt ist auch durch den hohen Balken von Ethephon in Abb. 24, bzw. in der Tab. 9 im Anhang S. 55, erkennbar.

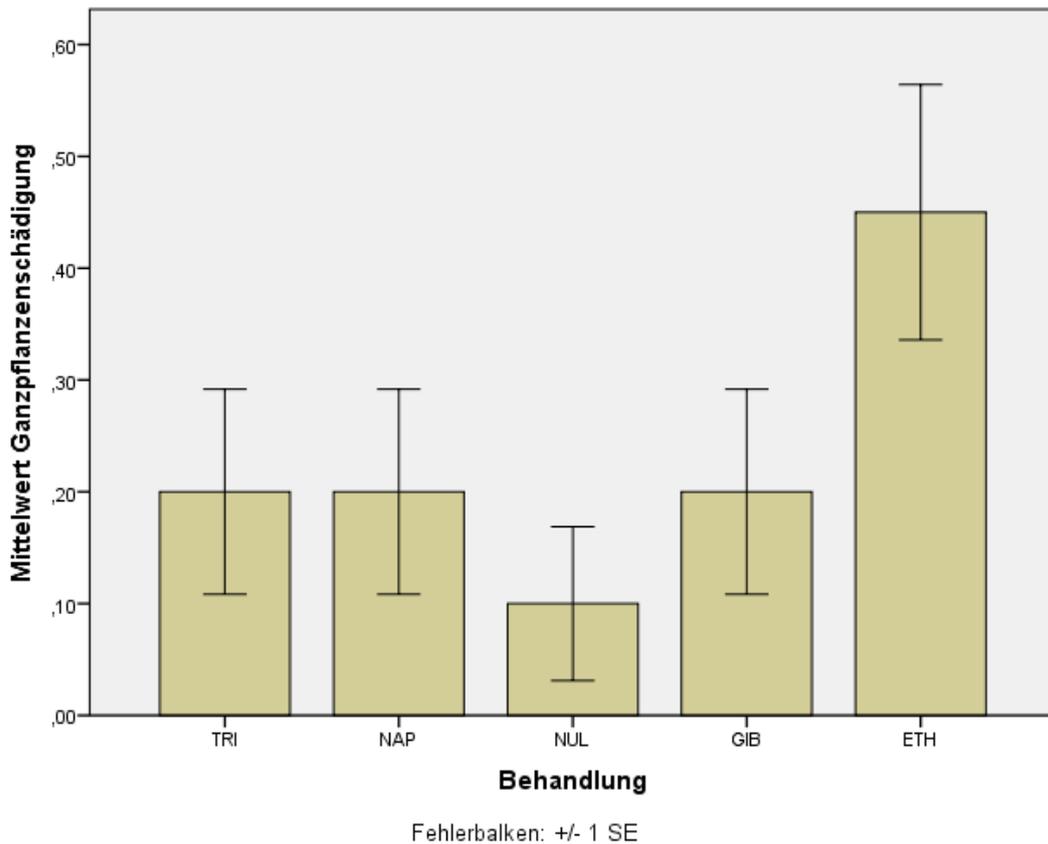


Abb. 24: Darstellung der Mittelwerte der Ganzpflanzenschädigung der fünf Behandlungen

TRI = Trijodbenzoesäure, NAP = Alpha-Naphtylessigsäure, NUL = Nullvariante, GIB = Gibberellinsäure, ETH = Ethephon.

Der Mittelwert ergibt sich zwischen 0 = keine Schädigung und 1 = geschädigt für eine Behandlung über alle Sorten hinweg durch die Anzahl der Pflanzen mit der entsprechenden Zuordnung.

Die Sorte hingegen hat offenbar einen Einfluss auf die Ganzpflanzenschädigung, gekennzeichnet durch eine zweiseitige asymptotische Signifikanz von 0,003 und einen χ^2 -Wert von 13,721.

Die standardisierten Residuen zeigen bei DEG den höchsten Wert von +2,6, wodurch sich wiedererkennen lässt, dass die Sorte DEG den höchsten Beitrag zum Chi-Quadrat-Wert liefert und es sich hier um eine signifikante Abweichung der beobachteten von der erwarteten Häufigkeit handelt (Bühl 2012). Anhand der Grafik in Abb. 25. kann man erkennen, dass *Manzana* am schwächsten und *Degumille* am stärksten betroffen ist.

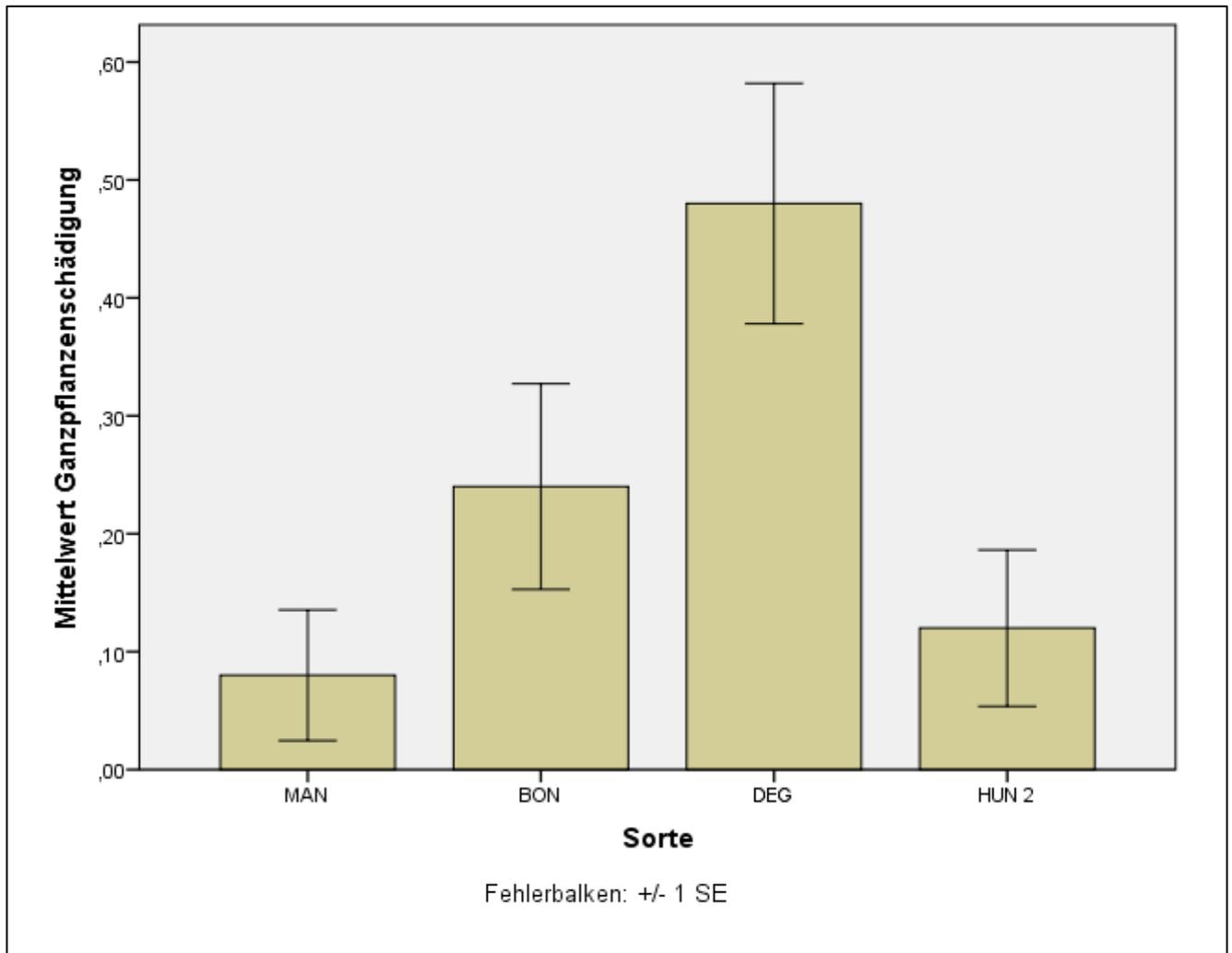


Abb. 25: Darstellung der Mittelwerte der Ganzpflanzenschädigung der vier Sorten

(MAN = *Manzana*, BON = *Bona*, DEG = *Degumille*, HUN2 = *Hungarian 2*). Der Mittelwert ergibt sich zwischen 0 = keine Schädigung und 1 = geschädigt für eine Sorte über alle Behandlungen hinweg durch die Anzahl der Pflanzen mit der entsprechenden Zuordnung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich zumeist unter den verwendeten Gametoziden Ethephon, Gibberellinsäure, Alpha-Naphtylessigsäure und Trijodbenzoesäure die Gibberellinsäure als zuverlässigstes Mittel erwies, obschon ihre Verwendung keine 100%ig zufriedenstellenden Resultate lieferte.

4 Diskussion

Um geeignete, männlich sterile Mutterlinien der echten Kamille für gezielte Kreuzungen zu entwickeln, könnten sich mehrere Methoden als gewinnversprechend erweisen. Eine davon ist die chemische Kastration mit Ethephon, Gibberellinsäure, Alpha Naphthyllessigsäure oder Trijodbenzoesäure, deren Anwendung Gegenstand dieser Diplomarbeit ist.

In früheren Projekten zur chemischen Kastration von Weizen (*Triticum aestivum* L.) wurden verschiedene gametozide Substanzen getestet (Liu 1981). Um die männliche Sterilität zu erreichen, wurde Ethrel angewendet. Bei der Behandlung mit 0,2 bis 1%iger Ethrellösung konnte eine Pollensterilität von 95 bis 100 % beobachtet werden. Jedoch kam es bei höherer Konzentration zu einer erheblichen Schädigung des Pflanzenwachstums nämlich zur Verzweigung der Pflanzen oder schlechtem Ährenaufgang (Rowell und Miller 1971).

Bei der Behandlung von Weizen mit Ethephon fiel auf, dass damit eine männliche Sterilität ohne signifikante Schädigung der weiblichen Fertilität hervorgerufen werden kann (Liu 1981).

Im Gegensatz dazu erwies sich jedoch bei den vorliegenden Versuchen Ethephon für die Kamille am ungeeignetsten, da es zur größten Gesamtpflanzenschädigung und gleichzeitig geringster Pollensterilität kam.

In der vorliegenden Arbeit zur chemischen Kastration der Echten Kamille zeigte sich auch die Gibberellinsäure nicht als vielversprechend, weil sich ein Absenken der Keimfähigkeit der Samen von behandelten Pflanzen gegenüber der Nullvariante zeigte. Es hat sich im Grunde kein Gametozid als Erfolg versprechend erwiesen, um eine männliche Sterilität unter gleichzeitiger Schonung der weiblichen Fertilität hervorzurufen.

Deshalb wird davon ausgegangen, dass die chemische Kastration mit den bisher getesteten Substanzen keine geeignete Methode ist, männlich sterile Mutterlinien der

Kamille für die gezielte Kreuzung zu etablieren. Es zeigten sich kaum Signifikanzen, somit gab es keine verlässlichen Ergebnisse, und ein zu großes Risiko der Allgemeinschädigung. Zusätzlich ist die Abhängigkeit von Umwelteinflüssen bei der Anwendung von Chemikalien am Feld (Abwaschung bei Regen, evtl. zu intensiver Wirkung bei Trockenheit usw.) zu beachten.

Auch stellte die gezielte Aufbringung zum richtigen Entwicklungszeitpunkt ein Problem dar, da die Kamille vielblütig über einen großen Zeitraum abblüht.

Andere Möglichkeiten männlich sterile Pflanzen zu entwickeln wären zum Beispiel eine CMS-Linie (cytoplasmatisch männliche Sterilität) oder als Alternative eine selbstinkompatible Gruppe zu entwickeln, die nur mit einer anderen Linie als Vaterlinie fruchtbar wäre. Das spontane oder induzierte Auftreten von Blütenanomalien (keine Röhrenblüten) käme ebenfalls in Frage. Dazu bedarf es aber weiterer empirischer Forschungsanalysen.

5 Zusammenfassung

Gegenstand dieser Diplomarbeit war der Versuch, durch die Anwendung von Gametoziden bei der echten Kamille eine männlich sterile Mutterlinie zu erzeugen, ohne die Fertilität der weiblichen Pflanzen zu beeinträchtigen. Die chemische Kastration durch Gametozide (Ethephon, Gibberellinsäure, Trijodbenzoesäure und Alpha Naphtylessigsäure) wurde anhand einer Versuchsreihe mit vier unterschiedlichen Kamillensorten (*Bona*, *Hungarian 2*, *Manzana* und *Degumille*) zu je 25 Pflanzen durchgeführt. Eine unbehandelte Gruppe diente als Kontrollgruppe. Mit einem Zeitabstand von jeweils einer Woche wurden die Gametozide auf die Pflanzen aufgetragen. Alle zehn Tage erfolgte eine Bonitierung, bei der die beschädigten/gesunden Blüten ausgezählt und deren Gesamtanzahl ermittelt wurde. Zudem wurde eine Pollenanalyse durchgeführt, bei der pro Pflanze zwei Blüten entnommen, und unter dem Mikroskop die infertilen und fertilen Pollen ausgezählt wurden. Im Rahmen eines Keimtest wurde die Keimfähigkeit des Saatguts untersucht. Um verlässliche Aussagen zum Einfluss der Gametozide, bzw. der Sorte auf die verschiedenen Merkmale zu erhalten, wurden die Ergebnisse statistisch ausgewertet.

Bei der Bonitierung stellte sich heraus, dass es im Vergleich zur Kontrollgruppe bei allen Sorten, unabhängig vom eingesetzten Gametozid, zu generellen Gesamtpflanzenschädigungen kam. In der Pollensterilität zeigte die Sorte einen leichten Einfluss, der aber nicht signifikant war. Der Samenansatz pro Blütenköpfchen wurde weder von der Sorte noch von der Behandlung beeinflusst. Auch bei der Keimfähigkeit konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten festgestellt werden, obschon die Keimfähigkeit bei *Manzana* am höchsten lag. Bei der Behandlung als Einflussfaktor, bzw. bei den Wechselwirkungen zwischen Behandlung und Sorte bestanden keine Signifikanzen.

Insgesamt zeigten die Versuche zur chemischen Kastration bei der Echten Kamille keinen Einfluss der ausgewählten Substanzen auf die für den Zweck der Kastration wichtigen Parameter Pollen- bzw. Samensterilität. Es zeigte sich bei den gewählten Konzentrationen bereits ein zu großes Risiko der Allgemeinschädigung der Pflanze,

daher ist auch keine Wiederholung der Versuche mit erhöhten Konzentrationen anzuraten. Deshalb ist die chemische Kastration der Echten Kamille mit den hier gewählten Substanzen kein geeigneter Weg, um männlich sterile Mutterlinien der Kamille für die gezielte Kreuzung zu etablieren.

Auffällig ist, dass Ethephon die größte Gesamtpflanzenschädigung und zugleich die geringste Pollensterilität bewirkt. Deshalb ist dieses Gametozid am ungeeignetsten.

6 Extended summary

The main objective of the following research-based thesis was to produce a male sterile parent line of chamomile by use of a chemical hybridization agent (gametocides) without affecting the fertility of the female plants.

Chemical castration by spraying gametocides (ethephon, gibberellic acid, triiodobenzoic acid and alpha naphthyl acetate) was performed in a series of experiments on four chamomile cultivars of twenty-five individuals each ('Bona', 'Hungarian 2', 'Manzana' and 'Degumille'). The experiment was set up as a split plot design in a greenhouse and included besides groups of treatments with the compounds mentioned above an untreated group of all cultivars. The gametocides were sprayed on the plants in intervals of one week. Consequently, an assessment was conducted every ten days: damaged and healthy flower heads were counted. Furthermore, an analysis for pollen viability was carried out. The germination of the seeds was evaluated according to a defined germination test. The results were statistically analysed in order to obtain reliable information on the impact of gametocides on the four chamomile cultivars.

The assessment shows that compared to the control group, all cultivars, regardless of the gametocide applied, had not fully developed their ray florets, showed damaged flower heads and in some cases, the plant was generally damaged. Some plants seemed to be unaffected. Pollens sterility and seed set per flower head did not show statistical significance for either variety or treatment. In terms of germination, no significant difference between the cultivars can be observed, although the germination of *Manzana* was the highest. No significances can be detected for treatment and mutual interaction. Overall, the study proved that chemical castration was not a suitable method to produce a male sterile parent line of chamomile for selective hybridization. The risks of damage and dependence on environmental influences in the field use (washing off by the rain, a probably too intensive impact of drought, etc.) were too high. Another problem was the timing of application because the multiflorous chamomile blooms over a long period of time.

Other methods of producing male sterile plants would for example be a CMS-line (cytoplasmic male sterility) or the development of a self-incompatible line, which would only be fertile with another line as paternal line. Another outcome could be the spontaneous or induced occurrence of flower abnormality (no tubular flowers). However, more empirical research is needed in this field.

7 Literaturverzeichnis

- Arrenberg J. (2019). Wirtschaftsstatistik für Bachelor. **3 Aufl.**, München: UVK Verlag, S.239.
- Bäumler S. (2021). Heilpflanzen Praxis und Heute. München: Urban und Fischer Verlag, S. 375.
- Baydar H., Gökmen O. (2003). Hybrid seed production in safflower (*Carthamus tinctorius*) following the induction of male sterility by gibberellic acid. *Plant breeding* **122**, S. 459-461.
- Bayer Crop Science Austria (2013). Liquid plant growth regulator. o.A.
- Blömer S., Diekhoff S. (2013). Optimierung und Beschleunigung von Keimung und Vegetationsentwicklung bei Böschungsansaaten im Erd- und Verkehrswegebau, *Straße und Autobahn* **6**, S. 2.
- Boksch M. (1998). Das praktische Buch der Heilpflanzen. **3.Aufl.**, München: Blv Buchverlag Gmbh & Co, S. 94-95.
- Böll S., Hofmann H., Schwappach, P. (2009). Wirkung von Gibb3 und Regalis auf verschiedene Rebsorten. *Obstbau & Weinbau* **2/2009**, S. 82-84.
- Bühl A. (2008). SPSS 20 Einführung in die moderne Datenanalyse. **11. Aufl.**, München: Pearson Deutschland, S. 263-264
- Bundessortenamt (2002). Beschreibende Sortenliste Arznei- und Gewürzpflanzen, Hannover: Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, S. 84-86.
- Fähnrich B., Franz Ch. (2012). Effects of gibberellic acid as a gametocide on different genotypes of German Chamomile (*Matricaria recutita* [L.] Rauschert). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, **85**, S. 73-74.

- Fährnich B., Franz Ch., Nemaz P. (2013). Self-incompatibility and male sterility in six *Matricaria recutita* varieties. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, **86**, S. 167-171.
- Heeger E. (1989). Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenanbaues, Drogengewinnung. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, S. 488.
- Hegi G. (1987). Illustrierte Flora von Mitteleuropa: Spermatophyta. Angiospermae, dicotyledones 4, **Bd. 6**, 4, Göttingen: Weissdorn-Verlag, S. 581-584.
- Liu, Y. (1981). Untersuchungen über die Wirkungen verschiedener Gametozide zur Erreichung von männlicher Sterilität bei unterschiedlichen Genotypen der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). [Dissertation]. Gießen: Justus-Liebig-Universität, S. 134-140.
- Mirasimsadeh, A. K. (1973). Untersuchungen über männliche Sterilität bei der Sonnenblume (*H. annuus* L.). [Dissertation]. Gießen.
- Rowell, P. L., Miller, D. G. (1971). Induction of Male Sterility with 2-Chloroethylphosphonic Acid (Ethrel). *Crop Science*, **11**, S. 629-631.
- Schuster W., Liu, S. (1983). Über die gametozide Wirkung von Gibberellinsäure auf unterschiedliche Genotypen der Sonnenblume, *Journal of Applied Botany and Food Quality*, **57**, S.85-98.
- Schuster, W. (1979). Männliche Sterilität und Anwendungsmöglichkeiten von Gametoziden bei Mais und Sonnenblumen. *Angewandte Botanik*, **53**, S.239-253.
- Tittmann K. (2013). Persönliches Telefonat, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Wichtl M., Czygan F.C. (2002). Teedrogen und Phytopharmaka. Ein Handbuch für die Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage, **4. Aufl.**, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, S. 369-370.

Internetquellen

Sigma A. (2011). Naphtylessigsäure http://de.wikipedia.org/wiki/1-Naphthylelessigs%C3%A4ure#cite_note-GESTIS-1 (Zugriff Mai 2023)

<http://www.agrar.bayer.at/Produkte/Pflanzenschutzmittel/Cerone> (Zugriff 7.5.2023)

http://www.wild-heerbrug.shop/index.php?cPath=1_9_38(Zugriff 6.5.2023)

https://www.nikon.at/de_AT(Zugriff 13 November 2013)

8 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Kamillenblüte und hohler Blütenboden (Boksch 1998).....	4
Abb. 2: Außenansicht des Glashauses der Veterinärmedizinischen Universität Wien.	8
Abb. 3: Innenansicht des Glashauses der Veterinärmedizinischen Universität Wien ..	9
Abb. 4: Strukturformel der α -Naphthyllessigsäure (Sigma-Aldrich Handels GmbH 2013)	10
Abb. 5: Strukturformel von Ethephon (Bayer Crop Science Inc. 2013).....	11
Abb. 6: Strukturformel der Gibberellinsäure (Sigma-Aldrich Handels GmbH 2013) ..	12
Abb. 7: Nikon Labophot-2.....	13
Abb. 8: Stereomikroskop Wild Heerbrugg M3Z	14
Abb. 9: Trockenschrank im Glashaus der Veterinärmedizinischen Universität Wien.	15
Abb. 10: beschriftetes Säckchen	15
Abb. 11: Beschrifteter Übertopf	16
Abb. 12: Behandlung bei erster Knospenbildung	17
Abb. 13: Fertile und infertiler Pollen (Fährnich 2012, unveröffentlicht)	19
Abb. 14: Auszählen der fertile Samen enthaltende Achänen (Fährnich 2013, unveröffentlicht).....	20
Abb. 15: bräunlich verfärbtes Blütenköpfchen	24
Abb. 16: Einfluss der Behandlung und Sorte auf die % geschädigter Blütenköpfchen/Pflanze.....	25
Abb. 17: Einfluss der Behandlung auf die durchschnittliche Pollensterilität. Unterschiedliche Buchstaben (a, b) kennzeichnen unterschiedliche Untergruppen nach Duncan Post hoc Tests.	27

Abb. 18: Einfluss der Behandlung und Sorte auf den durchschnittlichen Samenansatz pro Blütenkopf. Sortenweise Veränderung der Keimung nach einer und nach zwei Wochen, über alle Behandlungen hinweg, in Prozent.	28
Abb. 19: Verhalten der Keimlinge zwischen erster und zweiter Woche je nach Behandlung	31
Abb. 20: Behandlungsweise Veränderung der Keimung nach einer und nach zwei Wochen, über alle Sorten hinweg, in Prozent.....	32
Abb. 21: Fehlen der Zungenblüten	34
Abb. 22: Verwelkte Blütenköpfe nach der zweiten Behandlung.....	35
Abb. 23: Verwelkte Blütenköpfe, vertrocknete Stängel nach der zweiten Behandlung	35
Abb. 24: Darstellung der Mittelwerte der Ganzpflanzenschädigung der fünf Behandlungen	38
Abb. 25: Darstellung der Mittelwerte der Ganzpflanzenschädigung der vier Sorten..	40

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Die prozentuelle Pollensterilität wurde nach Möglichkeit von zwei Blütenköpfchen /Pflanze festgestellt und jeweils der Durchschnitt berechnet	26
Tab. 2: Tests der Zwischensubjekteffekte – Durchschnittlicher Samenansatz/Blütenköpfchen	29
Tab. 3: Keimfähigkeit Tests der Zwischensubjekteffekte.....	30
Tab. 4: Tests der Zwischensubjekteffekte - Unterschied prozentueller Keimung zwischen erster und zweiter Woche	33
Tab. 5: Kreuztabelle zum Einfluss der Sorte auf die Gesamtpflanzenschädigung.....	36
Tab. 6: Kreuztabelle zum Einfluss der Behandlung auf die Gesamtpflanzenschädigung	36
Tab. 7: Chi Quadrat-Test zum Einfluss der Sorte auf die Gesamtpflanzenschädigung	37
Tab. 8: Chi-Quadrat-Tests zum Einfluss der Behandlung auf die Gesamtpflanzenschädigung	37
Tab. 9: Behandlung Gesamtpflanzenschädigung Kreuztabelle	55
Tab. 10: Sorte Gesamtpflanzenschädigung Kreuztabelle	57

10 Anhang

Anhang 1: Split Plot Design

Anhang 2: Tab. 9: Sorte Gesamtpflanzenschädigung Kreuztabelle

Anhang 3: Tab.10: Sorte Gesamtpflanzenschädigung Kreuztabelle

Anhang 1: Split Plot Design

MAN TRI 1	MAN TRI 5	BON TRI 3	DEG TRI 4
HUN-2 TRI 1	MAN TRI 2	HUN 2 TRI 3	BON TRI 1
DEG TRI 1	BON TRI 4	DEG TRI 3	HUN 2 TRI 4
HUN 2 TRI 5	HUN-2 TRI 2	MAN TRI 3	DEG TRI 5
BON TRI 5	MAN TRI 4	DEG TRI 2	BON TRI 2

MAN NAP 1	DEG NAP 4	MAN NAP 2	HUN-2 NAP 4
HUN-2 NAP 1	BON NAP 3	BON NAP 2	DEG NAP 1
BON NAP 5	HUN-2 NAP 2	HUN-2 NAP 3	BON NAP 1
MAN NAP 4	BON NAP 4	DEG NAP 2	DEG NAP 3
DEG NAP 5	MAN NAP 5	HUN-2 NAP 5	MAN NAP 3

HUN-2 NUL 2	MAN NUL 1
MAN NUL 2	DEG NUL 2
DEG NUL 1	DEG NUL 4
BON NUL 1	HUN-2 NUL 1
MAN NUL 5	BON NUL 2

HUN-2 NUL 4	DEG NUL 3
BON NUL 3	MAN NUL 3
HUN-2 NUL 5	BON NUL 5
MAN NUL 4	HUN-2 NUL 3
BON NUL 4	DEG NUL 5

MAN GIB 1	HUN-2 GIB 3	DEG GIB 1	DEG GIB 2
HUN-2 GIB 1	MAN GIB 2	HUN-2 GIB 4	DEG GIB 5
BON GIB 1	HUN-2 GIB 2	MAN GIB 4	BON GIB 4
BON GIB 2	BON GIB 3	DEG GIB 3	HUN-2 GIB 5
BON GIB 5	MAN GIB 3	DEG GIB 4	MAN GIB 5

HUN-2 ETH 1	DEG ETH 1	MAN ETH 2	HUN-2 ETH 5
DEG ETH 3	MAN ETH 1	HUN-2 ETH 3	DEG ETH 5
BON ETH 1	HUN-2 ETH 2	MAN ETH 3	BON ETH 3
MAN ETH 4	BON ETH 2	BON ETH 4	MAN ETH 5
DEG ETH 4	HUN-2 ETH 4	DEG ETH 2	BON ETH 5

Eine Pflanze pro Kastchen, Ziffer nach der Behandlung bezeichnet Nummer der Wiederholung

Behandlungen: TRI = Trijodbenzoesaure, NAP = α -Naphtylessigsaure, GIB = Gibberellinsaure, ETH = Ethephon, NUL = Nullvariante

Sorten: MAN = 'Manzana', HUN 2 = 'Hungarian 2', DEG = 'Degumille', BON = 'Bona'

Anhang 2

		Ganzpflanzenschädigung		Gesamt	
		keine Schädigung	geschädigt		
Behandlung	TRI	Anzahl	16	4	20
		Erwartete Anzahl	15,4	4,6	20,0
		Standardisiertes Residuum	,2	-,3	
	NAP	Anzahl	16	4	20
		Erwartete Anzahl	15,4	4,6	20,0
		Standardisiertes Residuum	,2	-,3	
	NUL	Anzahl	18	2	20
		Erwartete Anzahl	15,4	4,6	20,0
		Standardisiertes Residuum	,7	-1,2	
	GIB	Anzahl	16	4	20
		Erwartete Anzahl	15,4	4,6	20,0
		Standardisiertes Residuum	,2	-,3	
	ETH	Anzahl	11	9	20
		Erwartete Anzahl	15,4	4,6	20,0
		Standardisiertes Residuum	-1,1	2,1	
Gesamt	Anzahl	77	23	100	
	Erwartete Anzahl	77,0	23,0	100,0	
	Erwartete Anzahl	77,0	23,0	100,0	

Tab. 9: Behandlung Gesamtpflanzenschädigung Kreuztabelle

Anhang 3

Sorte * Ganzpflanzenschädigung Kreuztabelle

		Ganzpflanzenschädigung		Gesamt	
		keine Schädigung	geschädigt		
Sorte	MAN	Anzahl	23	2	25
		Erwartete Anzahl	19,3	5,8	25,0
		Standardisiertes Residuum	,9	-1,6	
	BON	Anzahl	19	6	25
		Erwartete Anzahl	19,3	5,8	25,0
		Standardisiertes Residuum	-,1	,1	
	DEG	Anzahl	13	12	25
		Erwartete Anzahl	19,3	5,8	25,0
		Standardisiertes Residuum	-1,4	2,6	
	HUN 2	Anzahl	22	3	25
		Erwartete Anzahl	19,3	5,8	25,0
		Standardisiertes Residuum	,6	-1,1	
Gesamt	Anzahl	77	23	100	
	Erwartete Anzahl	77,0	23,0	100,0	

Tab. 10: Sorte Gesamtpflanzenschädigung Kreuztabelle