



Abteilung Gartenbau

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Universität für Bodenkultur Wien

Masterarbeit

Antioxidative Eigenschaften von Sonnenblumenblüten (*Helianthus* sp.) als  
Funktion der Sorte, des Trocknungsverfahrens und der Vorbereitungsart

gestellt von:

Keutgen Anna, Uni.-Prof. Dipl.-Ing. sc. agr. Dr. sc. agr.

Keutgen Norbert, Priv.-Doz. Dr.

von:

Thorsten Jakobitsch

Wien, November 2018



# Antioxidative Eigenschaften von Sonnenblumenblüten (*Helianthus sp.*) als Funktion der Sorte, des Trocknungsverfahrens und der Vorbereitungsart

Thorsten Jakobitsch

## Zusammenfassung

Die Nutzung der Sonnenblume (*Helianthus sp.*) als Heilpflanze hat eine lange Tradition, die bei den Ureinwohnern des nordamerikanischen Kontinents ihren Ursprung hat. Heute wird die Sonnenblume nur mehr lokal als Heilmittel in Form von Tee aus Blütenblättern verwendet. Um den Wert der Sonnenblumenblüten als Teezugabe zu überprüfen, wurden in der vorliegenden Arbeit Inhaltsstoffe, insbesondere sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und die antioxidative Kapazität der Blüten untersucht. Es wurden 10 verschiedene Sorten von Ziersonnenblumen mittels UV / VIS Spektralphotometrie auf Chlorophyll, Carotinoide, Anthocyane, Flavonoide und die antioxidative Kapazität untersucht. Außerdem wurden Gesamtzucker, reduzierende Zucker und Nitratgehalt der Blüten gemessen. Um die geeignetste Trocknungsart und Vorbereitungsart der Blüten ermitteln zu können, wurden die Blüten jeweils frisch, gefriergetrocknet und im Trockenschrank getrocknet sowie vermahlen oder als ganze Blüten verglichen. Die Untersuchung zeigte, dass Sonnenblumenblüten einen hohen Gehalt an Carotinoiden enthalten. Außerdem besitzen sie eine hohe antioxidative Kapazität. Zwischen den Sorten besteht vor allem bei den Carotinoiden ein signifikanter Unterschied, wobei die Sorten 'Buttercream' und 'Vanilla Ice' die niedrigsten Gehalte aufweisen. Diese Sorten haben weissegelbe Blüten, was auf den geringen Carotinoidgehalt zurückzuführen ist. Weitere Unterschiede sind im Chl a-Gehalt, den Flavonoiden und im Nitratgehalt zu finden. Als Trocknungs- und Vorbereitungsart erwies sich die Methode ‚gefriergetrocknet und vermahlen‘ als die Methode, die die wertgebenden Inhaltsstoffe am besten konserviert und diese gut extrahieren lässt.

## Antioxidative properties of sunflower ligulate flowers (*Helianthus sp.*) as function of variety, drying process, and preparation procedure

Thorsten Jakobitsch

## Abstract

The utilization of the sunflower (*Helianthus sp.*) as a medical plant has a long tradition, which originates from the Native Americans. Today the sunflower is only being used locally as a medicinal plant in form of tea made from the flower's petals. To test the value of sunflower petals for tea preparations, this work investigated the ingredients of the ligulate flowers, especially the secondary metabolites and the antioxidative capacity. Ten different cultivars of ornamental sunflowers were investigated by the means of UV / VIS spectrophotometry for their content of chlorophyll, carotenoids, anthocyanins, flavonoids and their antioxidative capacity. In addition their content in sugars, reducing sugars and nitrate was measured. To determine the most suitable method for drying and preparing, they were compared as fresh, freeze-dried, oven-dried petals as well as grinded and intact petals. The investigation showed that sunflower ligulate flowers are rich in carotenoids. Additionally they have a high antioxidative capacity. The cultivars do not significantly differ in their content of investigated compounds, except in their content of carotenoids, where 'Buttercream' and 'Vanilla Ice' had the lowest contents. These cultivars have white-yellow ligulate flowers, which derives from the low carotenoid content. Further differences were found in the Chl a-content, the flavonoids and the nitrate-content. Freeze-drying and grinding the ligulate flowers proved to be the method which preserves and extracts the valuable ingredients best.



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Betreuerin Frau Prof. Dr. Anna Keutgen und bei meinem Zweitbetreuer Herrn Dr. Norbert Keutgen für die freundliche und kollegiale Unterstützung bedanken. Vielen Dank für die Bereitstellung dieses interessanten Themas und danke für die Möglichkeit, meine Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur durchführen zu können.

Mein besonderer Dank gilt Frau Ing. Heike Foditsch, die mich bei den chemischen Analysen unterstützt hat. Sie ermöglichte mir mit ihrer Geduld und ihrer freundlichen Art ein besseres Verständnis von Chemie.

Der größte Dank gilt meiner Mutter und meiner Partnerin, die immer an mich geglaubt haben, mich unterstützt haben und mir immer mit aufmunternden Worten zur Seite gestanden sind.



# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Abstract .....	I
Danksagung .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	V
1. Einleitung.....	1
2. Literaturübersicht.....	3
2.1. Die Sonnenblume ( <i>Helianthus annuus</i> ).....	3
2.2. Anbau .....	7
2.3. Nutzung und Inhaltsstoffe .....	8
2.4. Ausgewählte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe .....	10
2.5. Antioxidative Kapazität und weitere Inhaltsstoffe.....	13
2.6. Tee und teeähnliche Getränke .....	15
2.7. Trocknungsverfahren .....	18
3. Material und Methoden .....	21
3.1. Standort.....	21
3.2. Klima.....	21
3.3. Versuchsaufbau .....	22
3.4. Sortenbeschreibung .....	23
3.5. Methoden .....	30
3.6. Statistische Auswertung.....	37
4. Ergebnisse .....	39
4.1. Farbmessungen .....	39
4.2. Trockenmasse.....	40
4.3. Chlorophyll a.....	42
4.4. Chlorophyll b .....	45
4.5. Gesamtchlorophyll .....	48
4.6. Carotinoide .....	51
4.7. Flavonoide .....	54
4.8. Anthocyane .....	57
4.9. Reduzierende Zucker.....	60
4.10. Gesamtzucker .....	63
4.11. Gesamtphenole .....	66
4.12. Nitrat .....	69
4.13. Antioxidative Kapazität.....	71
5. Diskussion.....	75
6. Schlussfolgerung.....	79
7. Literaturverzeichnis.....	81
Eidesstattliche Erklärung.....	85



## 1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit soll zeigen, welche wertvollen, antioxidativen Inhaltsstoffe Sonnenblumenblüten beinhalten. Es wird im Besonderen darauf eingegangen, wie sich diese Inhaltsstoffe in den verschiedenen Sorten unterscheiden, und wie sich eine Weiterverarbeitung der Blüten in Form der Trocknung und Zerkleinerung auf die Inhaltsstoffe auswirkt. Der Grundgedanke dahinter ist eine mögliche Nutzung der Sonnenblume als Teepflanze für teeähnliche Getränke mit antioxidativen Eigenschaften, die der Gesundheit förderlich sind.

Um diese Fragen zu klären wurden im praxisorientierten Teil der Arbeit 10 verschiedene Sorten von Ziersonnenblumen angebaut, und über einen Zeitraum von 6 Wochen wurden einmal wöchentlich die Zungenblüten der Sonnenblumen geerntet.

Daraufhin wurde ein Teil der Blüten als frische Blüten belassen und ein Extrakt der Blüten auf seine Inhaltsstoffe analysiert. Des Weiteren wurden Blüten gefriergetrocknet und ganz belassen, sowie gefriergetrocknet und fein vermahlen. Die jeweiligen Extrakte wurden auf ihre Inhaltsstoffe geprüft. Schließlich wurden Blüten im Trockenschrank getrocknet und ganz belassen, sowie im Trockenschrank getrocknet und vermahlen. Auch hier wurden die jeweiligen Extrakte geprüft.

Die Inhaltsstoffe, die in dieser Arbeit in den Sonnenblumenblüten untersucht wurden, waren folgende: Carotinoide, Chlorophylle, Anthocyane, Gesamtflavonoide sowie die antioxidative Kapazität. Diese Inhaltsstoffe sollen einen gesundheitlichen Mehrwert der Blüten bei deren Konsumierung als Teegetränk aufzeigen. Um auch geschmackliche Eigenschaften zu analysieren wurden Gesamtzucker sowie reduzierende Zucker gemessen, und um gesundheitliche Risiken durch Nitrat bei Verwendung der Blüten ausschließen zu können, wurde der Nitratgehalt in den Blüten gemessen.

Die Literaturanalyse der Arbeit soll die Ergebnisse dieser Arbeit ergänzen und Vergleiche aufzeigen. Es sollen auch wichtige Inhaltsstoffe der *Asteraceae*n, nämlich Sesquiterpenlactone, in einer Literaturrecherche behandelt werden, da diese Inhaltsstoffe im Rahmen dieser Arbeit nicht analysiert wurden.

Daraus ergeben sich folgende Forschungshypothesen:

1. Die unterschiedlichen Sorten der Ziersonnenblumen unterschieden sich im Gehalt ihrer Inhaltsstoffe.
2. Die verschiedenen Arten der Blütenkonservierung (frisch, Gefriertrocknung, Schranktrocknung) entscheiden in Kombination mit verschiedenen Vorbereitungsarten (ganze Blüten, vermahlen) über die Konzentrationen der Inhaltsstoffe.  
Bei hohen Konzentrationen wertgebender Inhaltsstoffe besteht eine besonders gute Eignung der Blüten für teeähnliche Getränke.



## 2. Literaturübersicht

### 2.1. Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*)

Die Sonnenblume ist eine einjährige Pflanze aus der Familie der *Asteraceae*, früher *Compositae* genannt, und gehört der Unterfamilie *Tubuliflorae* sowie der formenreichen Gattung *Helianthus* an (MARQUARD & SCHUSTER, 2003; ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

Der Name der Gattung leitet sich vom griechischen ab: *helios* für Sonne und *anthos* für Blume oder Blüte, benannt nach dem auffälligen Heliotropismus der Blüten und den meist gelben, strahligen Zungenblüten [Abb. 1] (GENAUST, 2012).



Abbildung 1: Sonnenblume mit gelben Zungenblüten, Sorte 'Goldener Neger' (eigenes Foto, 2017)

Die Gattung *Helianthus* besteht aus 49 Arten, alle stammen ursprünglich aus Nordamerika. Wirtschaftlich wichtig sind aus dieser Gattung die Sonnenblume (*Helianthus annuus*), die als Öl-, Futter- und Zierpflanze angebaut wird, und Topinambur (*Helianthus tuberosus*), deren Knollen als Gemüse und als Futter, sowie für industrielle Zwecke zur Inulin- und Alkoholgewinnung, angebaut werden. Des Weiteren werden Wildarten aus dieser Gattung für Züchtungszwecke in der Sonnenblumenzüchtung genutzt. Eigenschaften der Wildarten, wie zum Beispiel Krankheitsresistenzen, Trockenheitstoleranz oder andere Fettsäuremuster der Samen sind dabei von besonderem Interesse für Züchter (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

Älteste Nachweise einer Domestikation der einjährigen Sonnenblume (*Helianthus annuus*) stammen von einer Fundstelle in Zentral-Tennessee in den USA. Verkohlte Sonnenblumensamen mit einer durchschnittlichen Länge von circa 6,9 mm wurden hier gefunden – deutlich größere Samen als die der wilden Sonnenblumen. Eine Datierung der Samen ergab, dass sie 4265 Jahre alt sind. Das Gebiet, in dem sich die Fundstelle befindet, liegt zudem nicht im Gebiet der Verbreitung von wilden Sonnenblumen, das heißt, sie müssen dort eingeführt worden sein. Wilde Sonnenblumen kommen heute vor allem in den Great Plains und den westlichen Staaten der USA vor (SMITH, 1998). Weitere Funde aus prähistorischer Zeit stammen aus den heutigen Staaten Arkansas, Nord- und Süddakota, Kentucky,

Missouri, Nebraska, Ohio, Ontario und Pennsylvania. Man geht auch davon aus, dass diese ersten Kulturformen durch eine natürliche Hybridisierung von *H. annuus* mit anderen *Helianthus*-Arten entstanden sein könnte – zum Beispiel durch eine Kreuzung mit *H. petiolaris* (MARQUARD & SCHUSTER, 2003). Kultiviert wurde die Sonnenblume von den ackerbautreibenden Indianervölkern als Nahrungs- und Arzneipflanze, sowie auch für rituelle Zwecke. Nach der Entdeckung Amerikas durch die Europäer gelangte die Sonnenblume im 16. Jahrhundert mit spanischen Seefahrern nach Europa, wo sie zunächst nur als Zierpflanze angebaut wurde. Erst im 17. Jahrhundert wurde damit begonnen, die Samen als Nahrung zu nutzen – die Samen wurden in Bäckereien verwendet und geröstet als Kaffeeersatz genutzt. 1716 ließ der Engländer Bunyan sogar schon eine Methode zur Ölgewinnung aus Sonnenblumensamen patentieren, aber diese Nutzungsart wurde in Europa nicht weiter verfolgt. In Russland hingegen begann man um 1830 / 1840 mit der Ölgewinnung und Ölnutzung. Es begann sogar ein kommerzieller Anbau, der sich auf die angrenzenden Balkanländer und zum Teil auf Nordeuropa ausbreitete. Durch das wachsende Interesse und vor allem auch durch umfassende Züchtungserfolge weitete sich der Anbau immer mehr aus, und im 20. Jahrhundert wurde sie dann schon weltweit – vor allem in China, den USA, Argentinien und Europa – angebaut (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

Die Morphologie der Sonnenblume ist sehr vielfältig, bedingt durch ihre Genetik und durch Umwelteinflüsse. Die Wurzel der Sonnenblumen bildet zunächst eine senkrecht in den Boden wachsende Hauptwurzel, die sich später stark verzweigt. Ausgewachsene Sonnenblumen bilden in Abhängigkeit der Bodenverhältnisse und des Wasserangebots ein mehr oder weniger tief reichendes und verzweigtes Wurzelsystem. Das Wurzelsystem der Sonnenblume kann bis zu 5 Meter in die Tiefe reichen. Diese große Anpassungsfähigkeit der Wurzeln ermöglicht es der Sonnenblume auch an trockenen Standorten und sogar in Halbwüsten und Steppen zu wachsen.

Eine noch größere Variabilität in der Morphologie zeigt der Stängel: er kann in seiner Wuchslänge von 0,4m bis 5m variieren. Auch die Verzweigung des Stängels ist unterschiedlich und reicht von einstängelig bis stark verzweigt. Die Internodienlänge am Stängel, die Blattanzahl und die Behaarung des Stängels unterscheiden sich oft sehr stark, und die Dicke liegt in Abhängigkeit der Wuchslänge zwischen 1cm und 10cm. Die Korbhaltung variiert von straff aufrecht bis stark überhängend. Sonnenblumen, die für die Kornnutzung angebaut werden sind vorwiegend Zwerg- und Halbzwergformen bis mittelhohe Typen (150cm – 180cm Höhe), da diese Typen eine bessere Standfestigkeit aufweisen und leichter maschinell zu ernten sind. Jedoch kann sich die Wuchshöhe durch Umwelteinflüsse stark ändern. Besonders starken Einfluss üben Temperatur, Tageslänge (Aussaatzeit), Wasser- und Nährstoffversorgung aus (MARQUARD & SCHUSTER, 2003). Sonnenblumen, die zur Samen- und Ölnutzung angebaut werden sind unverzweigt und bilden nur einen Blütenkorb aus, damit der Kornertrag höher ist und die Abreife gleichzeitig geschieht. Wildarten und Ziersonnenblumen hingegen sind hauptsächlich verzweigt. Bei der Art der Verzweigung kann man 4 Typen unterscheiden:

1. Basalverzweigung
2. Verzweigung nur im oberen Bereich des Sprosses
3. Volle Verzweigung, ohne dass ein Hauptkorb gebildet wird
4. Volle Verzweigung, wobei ein Hauptkorb gebildet wird

Die Blätter der Sonnenblume haben einen großen Einfluss auf die Photosyntheseleistung – besonders die Anzahl und Größe der Blätter. Im Allgemeinen haben Sonnenblumen durch das Hinwenden der Blätter zur Sonne (Heliotropismus) eine um 9% gesteigerte Photosyntheseleistung im Vergleich zu Pflanzen, die diese Fähigkeit nicht besitzen. Die Sonnenblume gehört im Hinblick auf die Photosynthese zu den  $C_3$ -Pflanzen (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998). Das sind all jene Pflanzen, die das  $CO_2$  aus der Luft über den Calvin-Cyclus fixieren. In der ersten Phase des Calvin-Cyclus geschieht die  $CO_2$ -Fixierung – auch Carboxylierung genannt. Hier wird  $CO_2$  in einen Zucker mit 5 C-Atomen und

zwei Phosphatgruppen (Ribulosebisphosphat) eingebaut. Es entsteht ein 6 C-Atom, das aber so instabil ist, dass es in 2 Moleküle mit je 3 C-Atomen (Phosphoglycerat) zerfällt. Von diesen 3 C-Atomen haben die C<sub>3</sub>-Pflanzen ihren Namen. Katalysiert wird die CO<sub>2</sub>-Fixierung vom Enzym Ribulosebisphosphat-Carboxylase-Oxygenase (RUBISCO), welches aber nicht nur CO<sub>2</sub>, sondern auch O<sub>2</sub> umsetzt – d.h. CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> konkurrieren am aktiven Zentrum um die Reaktion mit Ribulosebisphosphat. Daher ist der C<sub>3</sub>-Weg der Photosynthese vergleichsweise langsam und arbeitet nicht bei voller Substratsättigung. Im Vergleich dazu verarbeiten C<sub>4</sub>-Pflanzen (wie z.B. Mais) das CO<sub>2</sub> viel effektiver, welches hier nicht an RUBISCO, sondern an das Enzym PEP-Carboxylase gebunden wird, das eine wesentlich höhere Affinität zu CO<sub>2</sub> besitzt als RUBISCO (KÖNIGSHOFER, s.a.). Dennoch weist besonders die Sonnenblume eine hohe Nettophotosyntheseleistung auf, da das Blatt einen geringen Diffusionswiderstand für Kohlendioxid besitzt – was aber zu einer höheren Wasserverdunstung führt. Die Morphologie der Sonnenblumenblätter ist genauso variabel wie schon bei Wurzel und Stängel: Die Blattanzahl variiert zwischen 20 und 40 Blätter, ihre Länge beträgt 10 bis 40cm. Die Blattform kann herzförmig bis lanzettlich sein, der Blattrand ist gezähnt bis glatt, und auch die Behaarung kann stark ausgeprägt sein oder ganz fehlen. Spaltöffnungen sind an der Ober- und Unterseite der Blätter zu finden. Die Blätter sind wechselständig angeordnet, nur das erste echte Blattpaar ist gegenständig.

Der Blütenkorb besteht aus Zungen- und Röhrenblüten und wird von 2 bis 3 Reihen grüner Hochblätter umgeben. Der Boden des Blütenkorbes wird aus einem stark markhaltigen Gewebe gebildet. Die für die Sonnenblume typischen Zungenblüten stehen in 1 bis 2 Reihen, wobei es nie mehr als 100 Zungenblüten pro Blüte gibt. Sie variieren stark in ihrer Farbe, sind aber zumeist gelb gefärbt. Sie können 7-10cm lang und 2-3cm breit sein. Eine Zungenblüte wird aus 3 verwachsenen Blütenblättern gebildet, und an ihrer Basis sind noch 2 weitere, zurückgebildete Blütenblätter (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998). Die Zungenblüten werden auch Schaublüten oder Randblüten genannt. Sie sind immer steril und ihr großer, flacher Fruchtknoten enthält keine Samenanlage. Nach Inzüchtung oder auch nach Verletzungen an der Knospe können auch in der Korbmitte Zungenblüten entstehen [Abb. 2] (MARQUARD & SCHUSTER, 2003).



Abbildung 2: Zungenblüten in der Korbmitte bei Sorte 'Buttercream' (eigenes Foto, 2017)

Im Inneren des Blütenkorbes stehen 800 bis 3000 Röhrenblüten – auch Scheibenblüten genannt – die in spiraligen Schrägzeilen am Blütenboden angeordnet sind und die Form einer Röhre haben. Die Kelchblätter, welche bei der Sonnenblume als Pappus bezeichnet werden, sind stark reduziert und

umfassen 5 Staubblätter, deren Staubbeutel (Antheren) zu einer Röhre verwachsen sind, die den Griffel umschließt (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998). Es werden Sorten von Ziersonnenblumen gezüchtet, deren Röhrenblüten zum Teil oder ganz zungenförmig sind und somit einen gefüllten Kopf aufweisen [z.B. Sorte 'Sonnengold' - Anm. d. Verf.] [Abb. 3].



Abbildung 3: gefüllter Blütenkopf der Sorte 'Sonnengold' (eigenes Foto, 2017)

Entscheidend für Ziersonnenblumen ist auch die Farbe der Zungenblüten. Sie kann von weiß bis zitronengelb und rot bis dunkelschwarzrot reichen. Die rote Färbung kommt von Anthocyan und ist meist auch mit einer Anthocyanfärbung an Blättern, Stängel und Achänen genetisch verbunden. Dies wird aber nicht nur durch die Gene bestimmt, sondern ist auch von Umweltfaktoren abhängig: rote Sonnenblumenblüten, die erst im Herbst aufblühen, haben eine intensivere und dunklere Rotfärbung (MARQUARD & SCHUSTER, 2003).

Die Blüten der Sonnenblume werden hauptsächlich durch Honigbienen, Hummeln und Schlupfwespen bestäubt. Da der Pollen recht schwer ist und oft zusammenklebt – bedingt durch die stachelige Oberfläche der Pollenkörner [Abb. 4] und den Pollenkitt – kommt eine Windbestäubung nicht in Frage, oder zumindest nur in sehr geringem Ausmaß. Die Sonnenblume ist ein Fremdbefruchter, was durch ihre Vormännlichkeit und teilweise durch Selbstinkompatibilität garantiert wird (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998, 26). Vormännlichkeit oder Protandrie bedeutet, dass die männlichen Blütenteile vor den weiblichen reifen und aufblühen. Bei der Selbstinkompatibilität wird der eigene Pollen entweder vom Griffel nicht erkannt, oder am Durchwachsen verhindert (DIEPENBROCK et al., 2012).



Abbildung 4: Pollen der Sonnenblume auf Griffel (eigenes Foto, 2018)

Nach erfolgreicher Befruchtung bilden sich die Samen aus. Sonnenblumensamen sind Achänen, d.h. eine nussartige Schließfrucht, bei denen Samen- und Fruchtschale zum Perikarp verwachsen sind. Im Perikarp befindet sich der Embryo mit seinen großen Keimblättern, in denen Öl und Eiweiß gespeichert sind. Die unten zugespitzten und oben abgerundeten Achänen weisen in Längsrichtung verlaufende Rillen auf. Die Färbung der Samen kann sehr unterschiedlich ausgeprägt sein: vollständig schwarz, schwarz mit grauen Streifen, schwarz mit weißem Rand, weiß mit grauen Streifen, vollständig weiß oder weiß mit grauen Punkten oder wie bei Wildtypen braun, marmoriert und behaart. Auch das Tausendkorngewicht kann sehr unterschiedlich sein und liegt bei kultivierten Sonnenblumen zwischen 40 und 200g (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

## 2.2. Anbau

Die Ansprüche der Sonnenblumen gelten als relativ hoch. Anbauwürdig ist sie in Europa aber dennoch auf mittleren Standorten und sogar in Maisgrenzlagen. Wichtig für den Standort sind eine mäßige Bodenfeuchtigkeit und Niederschläge von 300 bis 500 mm während der Vegetationszeit. Für die Körnerproduktion ist Trockenheit während der Abreife unabdingbar. Insgesamt ist der Wärmebedarf der Pflanzen hoch: je nach Sorte (Früh- oder Spätsorten) werden Wärmesummen von 1500 °C bis 1700 °C benötigt. Ideale Böden für den Anbau sind nährstoffreiche, tiefgründige, warme Löß- und Lößlehmböden, die gut vorbereitet und locker sein sollten (SNEYD, 1995).

Wirtschaftlich wichtig im Anbau sind Sonnenblumen als Ölpflanzen, aber auch als Speisepflanzen. Man unterscheidet daher im landwirtschaftlichen Anbau den Öltyp und den Speisetyp. Der Speisetyp hat größere Körner, die als Knabberartikel oder als Zusatz in Gebäcken verwendet werden. Der Öltyp

hat geringere Schalenanteile als der Speisetyp und eine bestimmte Zusammensetzung des Fettsäuremusters. Sonnenblumenöl hat entweder einen hohen Ölsäuregehalt oder einen hohen Linolsäuregehalt. Im landwirtschaftlichen Anbau werden Sonnenblumen in Mitteleuropa zwischen Ende März und Mitte April ausgesät. Sie verlangen eine Bodentemperatur von mindestens 6 – 7 °C und werden 5cm tief gesät. Die Saatlösung beträgt zwischen 5 und 12 keimfähiger Körner pro m<sup>2</sup> und die Sonnenblume braucht für eine optimale Entwicklung Reihenweiten von 45 – 75 cm. Im konventionellen Anbau wird empfohlen, schon im Herbst eine Pflugfurche anzulegen. Nur auf Böden, die zur Dichtlagerung neigen, wie zum Beispiel verschlämmende Lössböden oder sandige Böden, sollte das Pflügen erst im Frühjahr erfolgen. Grundsätzlich sollte das Saatbett rückverfestigt und feinkrümelig sein. Ausgesät wird mit dem Einzelkornsäegerät. Wichtig ist dabei eine angepasste Fahrgeschwindigkeit von 5 – 6 km pro Stunde und genau eingestellte pneumatische Geräte mit speziellen Sonnenblumenscheiben, da selbst bei kalibriertem Saatgut die Kornablage durch die doch recht unterschiedlichen Formen der einzelnen Samen beeinträchtigt werden kann. Nur so können die Samen in gleichen Tiefen und Abständen abgelegt und ein gleichmäßiger Aufgang gewährleistet werden. Die Bestandespflege im Sonnenblumenanbau besteht unter anderem aus der Unkrautbekämpfung. Da die Entwicklung der Sonnenblume hauptsächlich von der Temperatur abhängig ist, bei vielen Unkrautarten jedoch nicht, kann es schnell zu Konkurrenzsituationen kommen. Daher muss der Bestand von Anfang an bis zum Schließen des Bestandes unkrautfrei gehalten werden. Durch die weiten Reihen ist der Einsatz einer Maschinenhacke möglich. Zusätzlich kommt es im konventionellen Anbau zu einer Herbizidanwendung direkt bei der Saat. Die Düngung ist im Anbau ein entscheidender Faktor für den Ertrag, besonders bei Ölsonnenblumen. Eine Stickstoffdüngung schon während der Blütenanlage erhöht nämlich die Anzahl der Körner pro Korb. Wie auch bei anderen ölreichen Körnerfruchtarten sind bei den Pflanzenschutzmaßnahmen im Sonnenblumenanbau vor allem Fungizide von großer Bedeutung. Vor allem Blattkrankheiten wie zum Beispiel Falscher Mehltau (*Plasmopara helianthi*) und Echter Mehltau (*Erysiphe polygoni*) oder auch der Sonnenblumenrost (*Puccinia helianthi*) sind ein wichtiges Thema im Pflanzenschutz. Bei den tierischen Schädlingen sind körnerfressende Vögel von besonderer Bedeutung. Die Ernte erfolgt im Pflückdrusch- und im Mähdruschverfahren. Die Samen sind bei einem Wassergehalt von 25% erntereif (AUFHAMMER, 1998).

Weltweit wurden Sonnenblumen zur Samennutzung bzw. Ölnutzung im Jahr 2016 auf einer Fläche von über 26 Mio. Hektar angebaut. Dabei wurde eine totale Menge von 47,3 Mio. Tonnen geerntet. Im Vergleich dazu wurden in der Europäischen Union Sonnenblumen auf 4 Mio. Hektar angebaut und circa 8,5 Mio. Tonnen geerntet. In Österreich betrug die Anbaufläche im Jahr 2016 circa 18 Hektar, geerntet wurden knapp 60 Tonnen (FAOSTAT, 2018)

Die Aussaat von Ziersonnenblumen kann in Beeten oder auch in Töpfen erfolgen. Ein Vereinzeln der Keimlinge nach dem Aufgang ist wichtig, damit sich die Pflanzen im späteren Wachstum nicht bedrängen oder behindern. Ausgesät wird im Freien zwischen Ende März und Juli. Je nach Aussaattermin blühen die Pflanzen zwischen Juli und Oktober. Werden bei mehrtriebigen Sonnenblumen die Blüten regelmäßig ausgeschnitten, fördert man die Bildung neuer Knospen und somit neuer Blüten, womit man die Blühdauer verlängern kann. Will man Sonnenblumen nicht selber aus Samen ziehen, so kann man im Gartenfachhandel auch Jungpflanzen im Topf erwerben (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

### **2.3. Nutzung und Inhaltsstoffe**

Im Vordergrund der Nutzungsarten der Sonnenblume steht die Nutzung als Ölpflanze. Das Öl, das einen Linolsäuregehalt von 70% aufweist, dient als hochwertiges Speiseöl und der Margarineherstellung. Daneben gibt es durch den Züchtungsfortschritt noch so genannte High-oleic-Formen mit einem Ölsäuregehalt von mindestens 90%, deren Öl als Frittierfett und für industrielle Zwecke genutzt wird

(DIEPENBROCK et al., 2012). Neben Linol- und Ölsäure sind auch Stearin- und Palmitinsäure mit 5 – 6% enthalten. Vitamine im Sonnenblumenöl sind die Vitamine A, D, K und E (Tokopherol). Sonstige Inhaltsstoffe der Samen sind – neben rund 49% Öl – Eiweiß mit einem Gehalt von ca. 23% und Kohlenhydrate mit ca. 12%. Die bei der Ölerzeugung anfallenden Rückstände stellen ein wertvolles Viehfutter dar, das 40 – 50% Rohprotein enthält (GEISLER, 1991).

Traditionell als „Knabbersonnenblumen“ werden die geschälten Kerne besonders in den Ländern des Orients, in Russland, den USA und in Kanada verwendet. Diese Nutzung gewinnt auch in Österreich immer mehr an Bedeutung – vor allem durch das wachsende Gesundheitsbewusstsein. Kerne, die direkt verzehrt werden, sind leicht geröstet und gesalzen, oder sie werden in Brot und Gebäck verarbeitet. Die Sonnenblumenkerne gelten als gesundheitsfördernd, da sie viel Eiweiß und essentielle Aminosäuren enthalten (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

SNEYD (1995) nennt noch weitere Nutzungsarten von Sonnenblumen, vor allem als Futterpflanze. So können Sonnenblumen als Grünfutter verwendet werden, das aber aufgrund der Behaarung am Stängel und an den Blättern angewelkt werden sollte. Im Gemenge können Sonnenblumen mit Mais und anderen Futterpflanzen gut siliert werden. Eine weitere Futternutzung in Form der Wildäsung wird genannt: besonders die Knospen und Blätter sind bei Hasen und Hochwild sehr beliebt, daher wird die Sonnenblume gern gemeinsam mit Pflanzen wie Ölrettich, Mais, Alexandrinerklee und anderen Arten angebaut. Andere Nutzungen der Sonnenblumen als Bienenweide, Vogelfutter, Brennstoff- und Aschedünger, zur Gelierpektinengewinnung, als Kaffeeersatz und zur Papier- und Dämmplattenherstellung werden beschrieben. Besonders erwähnenswert ist auch die Empfehlung, die Blüten als Tee zu verwenden (SNEYD, 1995).

Sonnenblumenblüten-Tee wird aus getrockneten Blütenblättern hergestellt. Er soll gegen Fieber wirksam sein, wobei die Heilwirkung nicht überzeugend ist. Als Hausmittel kann Sonnenblumenblüten-Tee aber mit Lindenblüten gemischt werden. Dieser Tee gilt als Grippemittel, wobei die Lindenblüten das Immunsystem stärken und die Sonnenblumenblüten das Fieber senken. Wirksamer hingegen ist eine Tinktur, die aus den frischen Blütenblättern hergestellt wird. Diese soll bei Fieber helfen, das durch Malaria hervorgerufen wird, selbst dann noch, wenn hohe Chinin-Dosen nicht mehr wirken. Sie soll auch bei fiebernden Lungenkranken angewendet werden und wirksam sein. Die Tinktur wird aus Sonnenblumenblüten, denen auch Stängelteile beigemischt werden können, und 70 %igem (manchmal auch 35 %igem) Alkohol in einem Mischungsverhältnis von 1:10 hergestellt. Man lässt die Tinktur dann 10 bis 20 Tage ziehen (PAHLOW, 2006).

In vielen europäischen und asiatischen Ländern wird die Sonnenblume lokal als Heilmittel verwendet. Die Samen werden bei Kehlkopf- und Lungenentzündung verwendet, sie dienen auch zur Behandlung von bronchialem Husten und Keuchhusten. In Mexiko wird die Sonnenblume als Medizin zur Beruhigung von Brustschmerzen verwendet. Auch der Stamm kann zerstoßen werden und schützt so, wenn er auf Wunden aufgelegt wird, vor Infektionen der Wunde. Außerdem soll die Wunde schneller abheilen. Sonnenblumenöl wird vielfach für die Haut verwendet und kann gegen Akne helfen und die Haut sogar vor Radikalen schützen, die Krebs hervorrufen können. Die Blätter werden in Russland gegen Fieber verwendet und in Amerika zur Behandlung der Nieren. In Indien werden die Blüten und Blätter gegen Bronchiektasie angewendet. Durch die vielen Anwendungsbereiche in der Medizin, die der Sonnenblume zugeschrieben werden, wurde sie vermehrt auf ihre pharmakologischen Wirkungen untersucht. Diese umfassen entzündungshemmende, anti-asthmatische, antioxidative, antigene, antihyperglykämische und antibakterielle Wirkungen, die durch verschiedene biologisch aktive Verbindungen zustande kommen. Diese wichtigen sekundären Inhaltsstoffe sind: Flavonoide, Flavanoide, Tannine, Saponine, Alkaloide und Phytosterole. Besonders die Blütenblätter enthalten viele phenolische Verbindungen (BASHIR et al., 2015).

Die häufigsten Flavonoide, die in der Familie der Korbblütler vorkommen sind Flavone und Flavonole. In den Blüten der Sonnenblume kommt das untypische Auron 5-Hydroxy-4,6,4'-Trimethoxyauron und Nevadensin vor. In einer anderen Studie wurden Chalkone, die mit den Flavanonen verwandt sind, und das Flavonol Tambulin in einer Sonnenblumensorte identifiziert, welche allelopathische Funktionen haben. Unter den Chalkonen wurde eine Form entdeckt, die bislang als natürlich vorkommendes Chalkon unbekannt war. Dieses wurde „Heliannon A“ genannt. Ein zu diesem neuen Chalkon zugehöriges Flavanon, das bislang auch nicht bekannt war, wurde entdeckt und daraufhin „Heliannon C“ genannt (BOHM & STUESSY, 2001). Daneben nennt BASHIR et al. (2015) noch das Flavanon „Heliannon B“ (BASHIR et al., 2015).

Ausführliche Daten zum Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen von Blüten geben PETROVA et al. (2016). Der Flavonoidgehalt in Blüten der Topinambur-Pflanze, einer *Helianthus*-Art, wurde gemessen. Ein Extrakt frischer Blüten mit 95%igem Ethanol enthielt  $3,79 \pm 0,04 \text{ mg g}^{-1}$  FM Flavonoide beziehungsweise  $3,32 \pm 0,09 \text{ mg g}^{-1}$  FM in einem Wasser-Extrakt. Der höchste Gehalt an Flavonoiden wurde in einem 80%igem Methanol-Extrakt gemessen und lag bei  $8,89 \pm 0,05 \text{ mg g}^{-1}$  FM. Auch der gesamte Phenolgehalt wurde in Topinambur-Blüten gemessen und betrug  $3,03 \pm 0,03 \text{ mg g}^{-1}$  FM in 95%igem Ethanol sowie  $6,35 \pm 0,02 \text{ mg g}^{-1}$  FM in Wasser.

Blüten enthalten Pigmente, nämlich Chlorophyll und Carotinoide, die für ihre grüne und gelbe Färbung verantwortlich sind. Blütenextrakte frischer Blüten von Topinambur (*Helianthus tuberosus*) in 95%igem Ethanol enthalten beispielsweise  $0,2 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$  FM Chlorophyll a,  $0,3 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$  FM Chlorophyll b sowie  $15,6 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$  FM Gesamt-Carotinoide. Im Vergleich dazu enthalten Blüten der gold-gelben Ringelblume (*Calendula officinalis*)  $17,9 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$  FM Chlorophyll a,  $4,6 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$  FM Chlorophyll b und  $57,2 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$  FM Gesamt-Carotinoide (PETROVA et al., 2016).

Weitere sekundäre Inhaltsstoffe, die in der Gattung *Helianthus* vorkommen, sind Terpene. Diese Verbindungen spielen eine wichtige Rolle als Abwehrstoffe gegen verschiedene Schädlinge. Drei Gruppen von Terpenen wurden in Sonnenblumen identifiziert: Sesquiterpenlactone, Diterpene und Triterpene. Sesquiterpenlactone kommen in allen *Helianthus*-Spezies vor. Es gibt 18 verschiedene Verbindungen der Sesquiterpenlactone, die in 3 Strukturtypen eingeteilt werden können: Germacrolide, Eudesmanolide und Guaianolide. Sesquiterpenlactone dienen als fraßverhindernde Stoffe zum Schutz vor Insekten und wurden in allen Wildformen von Sonnenblumen gefunden (GERSHENZON et al., 1981). Neben dieser Funktion schützen Sesquiterpenlactone die Sonnenblume auch vor Pathogenen und haben eine Funktion in der Unterdrückung von Unkräutern. Auch in kultivierten Sorten der Sonnenblume wurden diese Inhaltsstoffe gefunden: in Drüsentrichomen der Einzelblüten kommen 3 verschiedene Sesquiterpenlactone vor, nämlich Agrophyllon B, Niveusin B und 15-Hydroxy-3-Dehydrodesoxyfruticin (CONRAD et al., 2015). Diterpene kommen in vielen Pflanzengattungen vor. Die meisten der 13 Diterpene, die in der Gattung *Helianthus* vorkommen, sind Carboxylsäuren. Triterpenoide Verbindungen, die in *Helianthus*-Arten identifiziert wurden, sind Triterpene und Steroide (GERSHENZON et al., 1981).

#### 2.4. Ausgewählte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

Sekundäre Pflanzenstoffe, im Englischen auch Phytochemicals genannt, sind in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus der Forschung gerückt, da sie zu einer gesundheitlichen Aufwertung von Lebensmitteln beitragen. Positive Wirkungen auf die Gesundheit umfassen antioxidative, anticancerogene, antimikrobielle und immunmodulierende Wirkungen. Allerdings gibt es auch einige sekundäre Pflanzenstoffe, die negative Effekte auf den Menschen haben können oder sogar giftig sind, wie zum Beispiel cyanogene Glycoside. In der Pflanze selbst sind sekundäre Pflanzenstoffe Moleküle, die zur Anpassung an Umweltbedingungen dienen. Es sind zum Beispiel Abwehrstoffe gegen Fressfeinde

und Pathogene, Botenstoffe für Symbiosen, Keimungskontrollen für Samen, Farbstoffe oder auch Stoffe mit allelopathischer Wirkung, d.h. sie unterdrücken konkurrierende Nachbarpflanzen. Im Gegensatz zu den primären Stoffen einer Pflanze, wie zum Beispiel Kohlenhydrate, Proteine und Fette, die dem Aufbau der Pflanze dienen, kommen sekundäre Stoffe nur in geringen Konzentrationen in der Pflanze vor und tragen nicht zum eigentlichen Stoffwechsel der bei (MAKKAR et al., 2007; BALTES & MATISSEK, 2011).

### *Chlorophylle*

Das Farbpigment, das Blättern und anderen Organen von Pflanzen die grüne Farbe verleiht, ist das Chlorophyll. Es befindet sich in den Chloroplasten – den Zellorganellen, die für die Photosynthese zuständig sind. Es gibt zwei Arten von Chlorophyll in Pflanzen: Chlorophyll a und Chlorophyll b. In ihrer Zusammensetzung sind die Chlorophylle wie Porphyrine aufgebaut. Sie sind den Häm-Pigmenten sehr ähnlich, wie zum Beispiel Myoglobin, jedoch unterscheiden sie sich vom Häm prinzipiell durch ein zentrales Magnesium-Ion (anstelle eines Eisen-Ions). Chlorophyll befindet sich in den Membranen der Chloroplasten, wo es durch den Porphyrin-Ring gut an die hydrophoben Proteine des Chloroplastenmembrans bindet. Chlorophyll ist in Wasser nicht löslich, jedoch entstehen zum Beispiel beim Kochen in Wasser Derivate von Chlorophyll. Durch das Erhitzen verliert das Molekül seine Phytol-Seitenkette und es entstehen die Chlorophyllide a und b. Weitere Derivate entstehen, wenn Chlorophyll sein zentrales Magnesium-Ion verliert, was besonders in sauren Milieus passiert, da das Magnesium Ion durch andere Ionen ersetzt wird. Hierbei entstehen die braunen Pigmente Pheophytin a und b. Werden Pflanzenteile erhitzt, so tritt Saft aus den Vakuolen aus. Dieser hat ein saures Milieu und verursacht die Bildung von Pheophytinen (COULTATE, 1996). Über die antioxidativen Eigenschaften von Chlorophyll und dessen Derivate gibt es verschiedene Ergebnisse. Je nach analytischer Methode wurden entweder starke oder schwache antioxidative Eigenschaften festgestellt. Ein großes Problem bei der Analyse stellt die chemische Instabilität von Chlorophyll dar. Chlorophyll a zeigte in Studien nur eine Wirkung als Antioxidans, wenn es in hohen Konzentrationen vorhanden war. Nachdem die meisten Pflanzenteile aber viel Chlorophyll enthalten, dürfte es eine gewisse Rolle spielen (LANFER-MARQUEZ et al., 2005).

### *Carotinoide*

Carotinoide sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe aus der Gruppe der Terpene. Die Grundeinheit der Terpene ist das Isopren. Je nachdem, wieviele Isopren-Einheiten vorhanden sind, unterscheidet man zwischen Mono-, Di-, Tri- oder Tetraterpenen u.v.m. Die Carotinoide gehören zur Untergruppe der Tetraterpenen. Es sind gelbe und orange Farbpigmente, die in allen photosynthetisch aktiven Pflanzenorganen vorkommen. Man unterscheidet zwischen zwei Gruppen von Carotinoiden: die Kohlenwasserstoffe namens Carotine und die Sauerstoff enthaltenden Xanthophylle. Das wichtigste Carotin ist das  $\beta$ -Carotin, das Haupt-Carotin in Karotten. Es kommt auch in allen Blättern von Blattgemüsen vor, in einer Konzentration von 200 bis 700  $\mu\text{g g}^{-1}$  Trockenmasse. Das Carotin, das die einfachste chemische Struktur aufweist, ist das Lycopin – das Haupt-Carotin der Tomate. Durch Hydroxylierung der Carotine entstehen Xanthophylle, wie zum Beispiel das Lutein oder Zeaxanthin. (COULTATE, 1996). Ringelblumenblüten (*Calendula officinalis*) beispielsweise enthalten 0,02 – 4,0 % Lutein und Zeaxanthin, die für die Lebensmittelindustrie als Farbstoffe gewonnen werden. Auch die Studentenblume (*Tagetes erecta*) enthält eine Vielzahl an Carotinoiden, die für die Lebensmittelindustrie von Bedeutung sind. Sie werden zum Einfärben von Nudeln, Butter und Margarine verwendet. Der Gehalt an Xanthophyll in Studentenblumen liegt bei 6000 – 12000  $\text{mg kg}^{-1}$  (DACHLER & PELZMANN, 2017). Carotinoide haben eine wichtige Schutzfunktion in Pflanzen: Sie nehmen überschüssige Lichtenergie und UV-Strahlung auf und geben sie als Wärme wieder ab (KÖNIGSHOFER, s.a.). Auch für die menschliche Ernährung spielen Carotinoide eine wichtige Rolle und sind als Vorläufersubstanz von Vitamin A wichtig für die Sehkraft. Außerdem schützen sie vor Tumoren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen und

sie wirken präventiv gegen Lichtdermatosen. Besonders erwähnenswert ist auch, dass ihre Bioverfügbarkeit, also die Aufnahmefähigkeit des menschlichen Körpers mit der Nahrung, durch Erhitzen verbessert wird. So wird zum Beispiel Lycopin aus Tomaten in Form von Ketchup besser aufgenommen als durch das Essen von ungekochten Tomaten (BALTES & MATISSEK, 2011).

### *Sesquiterpenlactone*

Eine wichtige Gruppe von Terpenen sind die Sesquiterpenlactone (STL). Erwähnenswert und relevant für diese Arbeit sind sie, da sie in Korbblütlern (Asteraceae) besonders häufig vorkommen, und eine Gefahr für die Gesundheit darstellen können (NOVAK, 2018). In der Pflanzenfamilie der Korbblütler kommen an die 4000 verschiedene STL vor. Aber auch in *Apiaceae*, *Magnoliaceae*, *Lauraceae* und in einigen Moosen sind sie verbreitet. Die wichtigsten Gruppen von STL in *Asteraceae* sind Germacranolide, Eudesmanolide, Guaianolide, Pseudoguaianolide und deren Derivate. Aufgebaut werden sie durch eine exozyklische Methylen-Gruppe, die mit einer  $\gamma$ -Lacton-Carbonyl-Gruppe verbunden ist. Dazu kommt häufig noch eine Verbindung mit Ketonen. In der Pflanze haben die STL eine Schutzfunktion gegen Fraßfeinde wie herbivore Vertebraten, Mollusken und Insekten, aber auch gegen Pilze und Bakterien. Von medizinischen Interesse sind ihre Wirkungen auf Zellfunktionen: Enzyme und Makromoleküle werden inhibiert, was ihren Einsatz gegen Entzündungen und sogar gegen Krebs möglich macht. Allerdings ist dieser Wirkmechanismus sehr unspezifisch, was sie genauso toxisch wirken lässt. Medizinische sowie auch toxische Wirkungen treten schon bei geringsten Mengen auf – im mikromolaren bis nanomolaren Bereich. Ihre toxische Wirkung wurde schon mehrfach bei Weidetieren beobachtet, die gewisse Pflanzen mit STL zu sich genommen hatten. Der toxische Wirkungsbereich der STL umfasst negative Einflüsse auf das zentrale Nervensystem und auf das Herz-Kreislaufsystem, Schäden am Gewebe des Verdauungstraktes, Irritationen an der Haut bis hin zu Kontaktdermatitis und sogar mutagene Wirkungen und DNA-Schäden. Eine genaue Untersuchung all jener STL, die medizinisch in Verwendung sind, ist nötig, um solche Nebenwirkungen ausschließen zu können. Dies gelang zum Beispiel bei Artemisinin, einem Malaria-Mittel, das aus *Artemisia annua* gewonnen wird (SCHMIDT, 1999). Eine Pflanze aus der Familie der Korbblütler, nämlich der Alant (*Inula helenium*), war schon in der Antike eine weit verbreitete und vielfach genutzte Medizinalpflanze, von der allerdings seit kurzem abgeraten wird sie zu verwenden. Sie enthält die STL Alantolacton und Isoalantolacton, die gemeinsam den Hauptwirkstoff Helenin bilden. Die Wirksamkeit von Helenin ist nicht ausreichend belegt, und es kann zu allergischen Kontaktdermatiden und Schleimhautreizungen führen (DACHLER & PELZMANN, 2017). Einer Studie zufolge haben aber STL aus *Inula helenium* und *Inula japonica* eine Wirkung gegen menschliche Krebszellen. LI et al. (2011) konnten aufzeigen, dass die STL Isoalantolacton und Santamarin, die sie aus den Wurzeln von *Inula helenium* und aus den Blüten von *Inula japonica* isoliert haben, starke Wachstumshemmungen an Krebszellen verursachen. Im Vergleich dazu hatten 6 weitere STL aus den beiden *Inula*-Arten nur eine schwache Wirkung. Beim Vergleich der STL konnten sie feststellen, dass Isoalantolacton und Santamarin einen  $\alpha$ -Exomethylen- $\gamma$ -Lacton-Ring besitzen, welcher für die antitumorale Wirkung verantwortlich ist (LI et al., 2011). Eine weitere, aktuelle Studie zeigte sogar positive Wirkungen von *Inula helenium*-Extrakten gegen neuroinflammatorische Erkrankungen und somit eine Möglichkeit der Vorbeugung gegen Alzheimer, Parkinson oder auch ALS (Amyotrophe Lateralsklerose). Die hohe antioxidative Kapazität der Inhaltsstoffe, die für diesen therapeutischen Effekt verantwortlich ist, kommt vor allem von der hohen Menge an Sesquiterpenlactonen, Flavonoiden und Phenolen, die in *Inula helenium* vorhanden sind (LEE et al., 2016).

### *Phenolische Verbindungen*

Phenole sind sehr weit verbreitete sekundäre Pflanzenstoffe, die in Pflanzengewebe oft in mehreren g pro kg vorkommen. Ihre Synthese in der Pflanze wird durch Faktoren wie mikrobielle Infektionen, UV-Licht oder chemische Stressoren eingeleitet. Sie schützen die Pflanze vor Fraßfeinden und

Pathogenen sowie vor UV-Strahlung, dienen der Stabilisierung des Gewebes (Lignin), spielen eine Rolle im Informationsaustausch mit Symbionten, und sind maßgeblich für die Färbung von Blüten verantwortlich. Die wichtigste phenolische Verbindung in Pflanzen ist Lignin, das die Zellen stabilisiert. Andere wichtige Verbindungen sind Flavonoide, Stilbene, Coumarine und Polyflavonoide, auch kondensierte Tannine genannt. Bei den Flavonoiden kennt man derzeit mehr als 4000 chemische Stoffe. Ein wichtiges Beispiel wären die Catechine Epicatechin und Epigallocatechin, die in grünem Tee vorkommen. Die Funktion der Flavonoide beinhaltet UV-Schutz, Blütenfärbung und Schutz vor Bakterien und Pilzen. Die Flavonoide haben auf die Gesundheit des Menschen positive sowie auch negative Effekte, je nach chemischer Struktur und aufgenommener Menge. Vielfach haben Studien jedoch gezeigt, dass die positiven Effekte überwiegen. Zu ihnen zählen blutgefäßerweiternde Wirkungen, Schutz vor Oxidation von LDL, was zu einer Reduktion von arteriosklerotischem Plaque führt, sowie entzündungshemmende Wirkungen. Flavonoide kommen in fast allen pflanzlichen Lebensmitteln vor, und ihre tägliche Aufnahme in glykosidischer Form liegt bei circa 1g pro Tag. Schon allein der tägliche Konsum von Cola, Kakao, Kaffee und Tee führt zu einer Aufnahme von etwa 420mg pro Tag. Das wichtigste Flavonol aus der Gruppe der Flavonoiden ist das Quercetin. Es kommt in den meisten Gemüsen vor und liegt hauptsächlich in glykosidischer Form vor – dem Rutin. Fermentierter Tee beispielsweise enthält 12 – 25mg l<sup>-1</sup> Rutin, grüner Tee enthält sogar 1g l<sup>-1</sup>. Die bereits oben erwähnten Chalkone zählen auch zu den Flavonoiden. Sie werden durch Coumaronyl-CoA und 3 Molekülen Malonyl-CoA gebildet und können vom Enzym Chalkon-Isomerase in Flavonone umgewandelt werden (DANIEL et al., 1999). Eine weitere wichtige Gruppe der Flavonoide sind Anthocyane. Sie sind wichtige Farbstoffe in Blüten und Früchten und färben diese rot, violett und blau. Anthocyane verändern ihre Farbe in Abhängigkeit des pH-Wertes, so kann zum Beispiel Cyanin, der rote Farbstoff in der Rose, auch für die Blaufärbung der Kornblume verantwortlich sein (BALTES & MATISSEK, 2011). Strukturell gesehen gehören die Anthocyane zu den Flavanoiden. Sie kommen als Glykoside vor und enthalten Aglykone, die Anthocyanidine genannt werden. Sie sind die eigentlichen Farbstoffe: Cyanidin, Delphinidin, Pelargonidin, Peonidin, Malvidin und Petunidin. Die pH-Abhängigkeit der Farbe resultiert aus dem Austausch von Protonen aus ihrer Grundstruktur. Bei einem pH-Wert von 1 liegt das Anthocyanidin in seiner rot gefärbten Flavyliumkation Struktur vor. Steigt der pH-Wert so verliert diese Grundstruktur ein Proton, das durch ein Wassermolekül ersetzt wird und so die Carbinol-Pseudobase formt. Sie ist farblos, weshalb die Rotfärbung bei steigendem pH an Intensivität verliert. Über einem pH-Wert von 3 formt sich eine bläuliche chinoide Struktur. Gleichzeitig entstehen bei weiterer pH-Erhöhung aus der Carbinol-Pseudobase Chalkone, die bei noch weiter steigendem pH immer mehr vorherrschen (COULTATE, 1996). Durch eine Akkumulierung von Chalkonen (und Auroenen) kommt es dann zu einer gelben Pigmentierung (BOHM & STUESSY, 2001). Ein oben bereits erwähntes Flavonoid aus den Blüten der Sonnenblume ist Nevadensin. Es gehört zu den 8-o-methylierten Flavonoiden, d.h. eine Methoxygruppe hängt am C8-Atom der Flavonoid-Grundstruktur. Nevadensin kommt auch in Pfefferminze und Basilikum vor und hat positive Wirkungen auf die Gesundheit: es wirkt gegen Entzündungen, gegen Tuberkulose verursachende Bakterien, als hustenlinderndes und schleimlösendes Mittel und es hat pestizide Wirkungen (FOODB, 2018).

## **2.5. Antioxidative Kapazität und weitere Inhaltsstoffe**

### *Antioxidative Kapazität*

Als Nebenprodukt des menschlichen Stoffwechsels können reaktive Formen von Sauerstoff entstehen. Die Bildung von Sauerstoffradikalen wird durch Einflüsse von außen verstärkt, zum Beispiel durch Strahlen, Ozon, Stickoxide aus Abgasen, Rauchen oder Pestizide. Im Durchschnitt wird jedes 17. Sauerstoffatom im Körper in ein Radikal umgeformt. Zu diesen Radikalen, auch reaktive Sauerstoffspezies (ROS – reactive oxygen species) genannt, zählen unter anderem Singulett-Sauerstoff (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>),

Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ), Hydroperoxide (ROOH) und weitere Radikale wie zum Beispiel das Superoxidradikal. Diese Radikale wirken stark oxidierend. Kommen im Körper zu viele ROS vor, die nicht mehr abgebaut werden können, so spricht man von oxidativem Stress. Dieser führt hauptsächlich zu Lipidoxidationen, die in weiterer Folge zu Entzündungen sowie Schädigungen an Zellen und am Nervensystem führen. Enzyme zum Abbau der ROS sind Superoxiddismutase, Katalase und Glutathionperoxidase. Daneben gibt es noch nicht-enzymatische Verbindungen, wie Vitamin C und E, Ubichinon, Selen Zink, Mangan und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, wie zum Beispiel die bereits erwähnten Carotinoide und Phenole (SCHEK, 2002). Diese Fähigkeit, freie Radikale zu fangen und abzubauen, wird antioxidative Kapazität genannt. Sie ist durch die Ferric reducing antioxidant power-Methode (FRAP-Assay) messbar (KEUTGEN & PAWELZIK, 2007). Im Teil *Material und Methoden* wird näher auf die FRAP-Methode eingegangen.

### *Nitrat*

Nitrat selbst ist keine stark toxische Verbindung, sie kann aber durch Bakterien auf Lebensmitteln, im Speichel oder im Verdauungstrakt zu Nitrit reduziert werden. Nitrit wird im Körper schnell ins Blut aufgenommen und bindet an Hämoglobin, woraus Methämoglobin entsteht, das keinen Sauerstoff mehr transportieren kann. Nitritvergiftungen haben daher dieselben Konsequenzen wie Sauerstoffmangel und können im schlimmsten Fall zum Tod führen. Säuglinge sind besonders gefährdet, da ihre geringe Blutmenge schon durch eine kleine Nitritmenge beeinflusst wird. Bei Erwachsenen führen in etwa 500mg zu einer Vergiftung. Stickstoff ist für jede Pflanze wichtig und wird zumeist in Form von Nitrat aufgenommen. Unter gewissen Umweltbedingungen sammeln einige Pflanzen erhöhte Mengen an Nitrat an: Trockenstress, Beschattung, Herbizideinsatz und vor allem aber Dünger. Hierbei kann es sowohl bei Kunstdüngern als auch bei organischen Düngern zu erhöhten Nitratgehalten kommen. Es gibt aber auch Pflanzen mit natürlich hohen Nitratwerten, da sie Nitrat speichern. Das bekannteste nitratreiche Gemüse ist Spinat. Die Gehalte an Nitrat in Pflanzengewebe variieren im Tagesverlauf, da Nitrat durch Lichtreaktionen in andere stickstoffhaltige Verbindungen umgewandelt wird. Bei Spinat wurden morgens mehr als 1600 mg Nitrat  $kg^{-1}$  Frischmasse gemessen, am Abend waren es nur mehr 830 mg  $kg^{-1}$ . Zulässige Höchstmengen an Nitrat in Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft werden gesetzlich geregelt, wie zum Beispiel in der Verordnung (EG) Nr. 1881 / 2006. Pflanzen, die viel Nitrat enthalten sind Raps, Sorghum und Gräser, sowie manche Gemüse wie Spinat, Rote Rüben, Mangold, Rucola, Rettich, Radieschen und Salat. Gehalte in Kopfsalat [Familie *Asteraceae* – Anm. d. Verf.] liegen zwischen 230 und 6610 mg Nitrat  $kg^{-1}$  (BALTES & MATISSEK, 2011; MAKKAR et al., 2007). Laut EU Verordnung (2011) wird die Gefahr einer erhöhten Nitrataufnahme durch Spinat als gering eingeschätzt, wobei ein Risiko für Säuglinge, die mehrmals am Tag Spinat essen, dennoch bestehen kann. Dennoch gelten pflanzliche Lebensmittel als sicher, da die Verarbeitung von Lebensmitteln (Waschen, Kochen) zu einem weiteren Nitratverlust führen kann, und daher die Nitratbelastung oft überschätzt wird. Salat wird generell als sicheres Lebensmittel angesehen, auch für Kinder. Es wird auch darauf hingewiesen, dass Nitratgehalte durch Umweltbedingungen stark schwanken können, da vor allem Klimafaktoren wie Sonneneinstrahlung den Gehalt abändern, welche von Landwirten nicht verhindert werden können. Außerdem wird berücksichtigt, dass der gesundheitliche Wert von Salat und Gemüse (antioxidative Wirkung), die negativen Eigenschaften von Nitrat aufheben. Es überwiegen im Allgemeinen die positiven Wirkungen und eine Gefahr einer zu hohen Nitratexposition ist sehr gering. Höchstwerte für frischen Spinat liegen laut der Verordnung aktuell bei 3500 mg Nitrat  $kg^{-1}$ , für frischen Salat zwischen 4000 und 5000 mg Nitrat  $kg^{-1}$  und für 'Eisberg'-Salat wurden Höchstwerte bei Freilandanbau von 2000 mg Nitrat  $kg^{-1}$  und für Folienanbau 2500 mg Nitrat  $kg^{-1}$  festgelegt. Rucola sollte weiterhin auf Nitrat geprüft werden, da seine Nitratwerte generell hoch sind. Derzeit gilt ein Höchstwert von 6000 – 7000 mg Nitrat  $kg^{-1}$  als sicher. Für Kindernahrung gilt ein deutlich geringerer Wert: Beikost für Säuglinge und Kleinkinder darf höchstens 200 mg Nitrat  $kg^{-1}$  enthalten (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011).

## Kohlenhydrate

Mehr als die Hälfte einer Pflanze besteht aus Kohlehydraten. Zucker (ein Teil der Kohlenhydrate) hat als geschmackgebender Stoff eine große Bedeutung in der Anwendung von Blüten als Teezugabe. Bei den Kohlenhydraten unterscheidet man grundsätzlich zwischen Mono-, Oligo- und Polysacchariden. Monosaccharide bestehen aus 5 oder 6 C-Atomen und werden demnach Pentose oder Hexose genannt. Sie verursachen den süßen Geschmack. Zwei oder mehrere Monosaccharide bilden – wenn sie durch eine glykosidische Verbindung zusammengehalten werden – Oligosaccharide, die auch reduzierende Eigenschaften haben können. Zu den Oligosacchariden zählen Di-, Tri-, Tetrasaccharide und viele mehr. Ganze Anhäufungen von Monosacchariden bilden Polysaccharide wie zum Beispiel Stärke, Zellulose oder Pektin (LEE et al., 1970). Bei der Photosynthese entstehen hauptsächlich die Monosaccharide Glucose und Fructose sowie die Disaccharide Sucrose und Maltose. Sie fungieren in der Pflanze als Energieträger und Transportmoleküle, sind Bausteine für Proteine, Polysaccharide, Öle und holzige Materialien, und sie spielen als Signalmoleküle eine Rolle. Eine Carbonylgruppe, die in Glucose und Fructose vorkommt, verleiht ihnen die reduzierende Eigenschaft. Auch das Disaccharid Maltose hat eine reduzierende Eigenschaft, da eine ihrer Glucose-Einheiten in einer offenen Kettenform bestehen kann. Sucrose ist kein reduzierender Zucker, da Sucrose aus Glucose und Fructose besteht, und beide Einheiten durch einen anomeren Kohlenstoff verbunden sind und hier keine freie Kettenstruktur vorliegen kann. Sucrose wird hauptsächlich in photosynthetisch aktiven Geweben synthetisiert, kann aber in praktisch allen pflanzlichen Geweben hergestellt werden. Stärke, Fructan und Zellulose sind Polysaccharide, die verschiedene Funktionen in der Pflanze haben. Während Stärke und Fructan als Speicher-Polysaccharide dienen, ist Zellulose ein wichtiger Bestandteil der Zellwände (HALFORD et al., 2010).

### 2.6. Tee und teeähnliche Getränke

Tee beschreibt ein Aufgussgetränk, das hauptsächlich aus Blättern, Knospen und Blüten der Tee-pflanze *Camellia sinensis* zubereitet wird. Wird ein Aufgussgetränk aus Kräutern oder Früchten hergestellt, so handelt es sich dabei nicht um Tee im eigentlichen Sinne, sondern man bezeichnet das Getränk korrekterweise als teeähnliches Getränk. Bei *Camellia sinensis* handelt es sich um eine sehr alte Kulturpflanze. In China wurde sie schon vor ungefähr 5000 Jahren beschrieben. Erst 1610 gelangte Tee durch niederländische Händler nach Europa. Knapp 50 Jahre lang waren die Niederländer die wichtigsten Händler für Tee in Europa, bis schließlich die Engländer diese Rolle übernahmen. Tee braucht ein tropisches bis subtropisches Klima mit Temperaturen zwischen 18 und 30°C und ausreichend Niederschlag. Es werden in Plantagenkultur zwei Unterarten angebaut: *Camellia sinensis* var. *sinensis*, der China-Tee, und *Camellia sinensis* var. *assamica*, der Assam-Tee. Hauptanbauländer sind China, Indien, Indonesien, die Türkei, Sri Lanka, Thailand und einige afrikanische Länder. Geerntet werden für handelsüblichen Tee nur Blattknospen, junge Blätter und junge Triebe (RIMBACH et al., 2010). Bei der Ernte von Tee unterscheidet man zwischen 4 verschiedenen Qualitätsstufen: Werden nur die ersten beiden, nicht vollständig entwickelten Blätter mitsamt Knospe an der Triebspitze geerntet, so spricht man vom „Flowery Orange Pekoe“. Die Blätter, die dahinter am Trieb liegen bezeichnet man als „Orange Pekoe“ und sie zeichnen sich durch ein kräftiges, blumiges Aroma aus. Wieder eine Stufe dahinter geerntete Blätter werden als Pekoe bezeichnet, und die letzte Stufe nennt man „Souchong“. Des Weiteren wird Tee nach seiner Verarbeitung unterschieden. Es gibt grundsätzlich zwei Sorten, nämlich Grünen Tee und Schwarzen Tee. Der Grüne Tee wird nach der Ernte mit heißem Wasser behandelt, die Blätter werden gerollt, ihr Saft wird ausgeknetet und schließlich werden sie bei 70°C getrocknet. Bei dieser Prozedur werden Enzyme, nämlich Polyphenoloxidasen, abgetötet, wodurch die besonderen Inhaltsstoffe erhalten bleiben. Diese Inhaltsstoffe, nämlich Catechine, Flavanole, Flavonole, Flavonolglucoside und Leucoanthocyanine, verschaffen

Grünem Tee seine antioxidative und antimutagene Wirkung. Schwarzer Tee unterscheidet sich von Grünem Tee durch eine Fermentation der Blätter. Die Blätter werden dazu angewelkt, gerollt und bis zu 25 cm hoch aufgeschichtet. Dann werden sie unter Luftabschluss bei 45°C fermentiert, wobei sich die Blätter dunkel verfärben. Durch die Fermentation werden Oxidations- und Kondensationsreaktionen von Catechinen eingeleitet, wodurch sie zu Theaflavinen und Thearubigenen katalysiert werden. Nach der Fermentation werden die Blätter noch mit Heißluft getrocknet, und dabei verfärbt sich die der Tee schwarz (BALTES & MATISSEK, 2011). Eine Spezialität unter Teesorten stellt Weißer Tee dar. Der Name kommt von der weißen Behaarung der Blätter, die durch die schonende Verarbeitung erhalten bleibt. Dieses Qualitätsmerkmal kommt aber nicht nur von der speziellen Herstellung des Tees, sondern auch von den besonderen *Camellia*-Sorten, die verwendet werden. Auch Weißer Tee hat eine lange Kulturgeschichte, die bis in 6. Jahrhundert zurückreicht, und ihm werden auch Eigenschaften wie antioxidative, antimikrobielle und antikarzinogene Effekte zugeschrieben. Weißer Tee wird geerntet wenn die Blätter noch nicht vollständig geöffnet sind und sie noch mit den charakteristischen weißen Haaren bedeckt sind. Sie werden nach der Ernte nur minimalst bearbeitet: Anwelken und Trocknen. Dadurch behält der Tee auch seinen süßlichen Geschmack, der ihn von anderen Teesorten unterscheidet. Die wichtigsten Inhaltsstoffe sind auch beim Weißen Tee Polyphenole. Sie verursachen den bitteren und zusammenziehenden Geschmack. Etwa 70% der Polyphenole in Weißem Tee sind Catechine. Wie auch beim Grünen Tee ist Chlorophyll auch in Weißem Tee vorhanden und gibt ihm die grüne Farbe. An der Ausprägung der Farbe und des Aromas sind auch Kohlenhydrate verantwortlich, die bei der Verarbeitung mit gewissen Aminosäuren reagieren. Beim Trocknen des Tees wurde festgestellt, dass sich der Gehalt an Inhaltsstoffen – insbesondere der Gehalt an Kohlehydraten und Chlorophyll – je nach Trocknungsart verändert. Durch den Einfluss von Hitze mit gleichzeitig hoher Lichtintensität kommt es beim Trocknen an der Sonne zu einer geringeren Reduktion von Kohlehydraten. Dies betrifft reduzierende sowie auch nicht-reduzierende Zucker. Chlorophyll verhält sich ähnlich: Der Chlorophyllgehalt bleibt beim Trocknen an der Sonne höher als beim Trocknen in Körben. Im Vergleich zu Grünem und Schwarzen Tee enthält Weißer Tee den höchsten Gehalt an Flavonen. Man glaubt daher auch dass der Weiße Tee bessere gesundheitliche Effekte hat als die anderen Sorten, da Flavone die stärkste antioxidative Eigenschaft unter den Polyphenolen haben. Er enthält auch weniger Koffein: Schwarzer Tee enthält in etwa 40mg Koffein, Grüner Tee 20mg und Weißer Tee 15mg (JIANG, 2009).

Es gibt noch weitere Sorten von Tee, die aus *Camellia sinensis* hergestellt werden, worauf aber hier nicht näher eingegangen werden soll. Den nächsten Abschnitt über teeähnliche Getränke – insbesondere Kräutertees – möchte ich etwas ausführlicher gestalten, da der Grundgedanke hinter dieser Arbeit eine Möglichkeit der Teeherstellung mit Blüten der Sonnenblume ist.

Teeähnliche Getränke sind, wie bereits erwähnt, Aufgussgetränke, die auf eine ähnliche Weise wie Tee zubereitet werden. Dazu zählen Getränke wie Kräutertee, Früchtetee, Mate-Tee, Rotbusch-Tee und andere. Es werden für die Zubereitung solcher Tees Blätter, Früchte, Wurzeln und weitere Teile von verschiedenen Pflanzen verwendet (RIMBACH et al., 2010). Wird Tee für eine pharmazeutische Verwendung hergestellt, so unterliegt er verschiedenen Gesetzen: EU-weit gilt beispielsweise das Europäische Arzneibuch Pharmacopoeia Europea, zusätzlich gelten in Österreich das Österreichische Arzneibuch (ÖAB) und in Deutschland das Deutsche Arzneibuch. Daneben dürfen aber auch bestimmte Arzneimittel in Apotheken oder Drogerien von Gewerbetreibenden im Kleinverkauf angeboten werden. Die Liste dieser Arzneimittel sowie Bestimmungen zu deren Kennzeichnung findet man in der „Abgrenzungsverordnung 2004“. Für teeähnliche Getränke, die nicht dem Arzneibuchgesetz unterliegen, gelten die Bestimmungen des „Österreichischen Lebensmittelbuches“, das ein eigenes Kapitel für „Tee und teeähnliche Erzeugnisse“ enthält. Im Lebensmittelbuch kann man in einer umfangreichen Liste nachschlagen, welche Pflanzen und Pflanzenteile für teeähnliche Erzeugnisse verwendet werden dürfen, und welche nicht zu verwenden sind (DACHLER & PELZMANN, 2017). Pflan-

zen für heilende Zwecke oder für Teezubereitungen können auch im Hausgarten angepflanzt und geerntet werden. Es gibt einige Zierpflanzen, die auch zur Teeherstellung genutzt werden können: Lavendel, Alant, Rosen, und so weiter. Manche Teepflanzen werden auch aus Wildbeständen gesammelt. Je nachdem, welcher Pflanzenteil für den Tee gesammelt wird, gelten gewisse Faustregeln. Wird das ganze Kraut gesammelt, so sollte man es zur Blütezeit ernten. Dabei ist darauf zu achten, dass es nicht nass ist – man erntet also an trockenen Tagen, und nicht in der Früh wenn die Pflanzen noch taunass sind. Blüten werden genauso an trockenen Tagen gesammelt. Man darf sie beim Pflücken nicht zerdrücken, und da sie sich oft nicht gleichzeitig öffnen muss immer wieder nachgepflückt werden. Wurzeln werden im Herbst oder Winter geerntet, Früchte nur dann, wenn sie vollreif sind und Samen etwas vor der Vollreife, damit sie nicht vorm Ernten ausfallen. Rinden und Knospen werden im Frühjahr gesammelt. Das Erntegut wird zur Haltbarmachung getrocknet. Für den Hausgebrauch gilt, dass grobe Pflanzenteile wie Rinde, Wurzeln und Samen in der Sonne getrocknet werden dürfen, wohingegen Blätter und Blüten im Schatten getrocknet werden. Man kann die geernteten Teekräuter aber auch künstlich am Herd oder in Dörrapparaten trocknen, wobei eine Temperatur von 60°C nicht überschritten werden darf. Aufbewahrt werden die absolut trockenen Pflanzenteile am besten in Leinenbeuteln, Blechdosen oder in verschließbaren Gläser – und zwar höchstens ein Jahr lang, da ihre Wirksamkeit mit der Zeit verloren geht (BOROS, 1980).

Kräutertees können aus Teilen von nur einer Pflanze bestehen, oder verschiedene Pflanzen bzw. deren Teile werden vermischt, je nach gewünschter medizinischer oder gesundheitsverbessernder Wirkung, die erwünscht wird. Solche Wirkungen können sein: Entspannung, Unterstützung der Gesundheit, Abhilfe bei Magen- und Verdauungsbeschwerden, reinigende Wirkung auf den Körper, Stärkung des Immunsystems, Stressabbau, antioxidative Wirkungen und viele mehr. Kamillentee beispielsweise ist einer der meistgetrunkenen Kräutertees. Er hat eine beruhigende, entzündungshemmende und krampflösende Wirkung. Außerdem kann er bei Magenproblemen helfen. Zu diesem Zweck wird Kamilla oft mit Pfefferminze kombiniert, die auch bei Magenproblemen hilft. Darüber hinaus wirkt Pfefferminze schlechtem Atem entgegen und reduziert Stress. Ein anderes Beispiel ist Hagebuttentee: er enthält viel Vitamin C und Flavonoide. Die Inhaltsstoffe haben eine positive Wirkung auf die Leber und Nieren und der Tee hilft bei Erkältungen, Husten und Müdigkeit. Nebenwirkungen sind beim Genuss von Kräutertees nur selten zu befürchten. Dennoch kann es bei Kamillentee zu Problemen kommen, wenn man gegen Pflanzen aus der Familie der *Compositae* allergisch ist. Auch Schwangere sollten keinen Kamillentee konsumieren, da er Uteruskontraktionen hervorrufen kann. Pfefferminztee sollte von Männern nicht übermäßig genossen werden, da er den Testosteronspiegel senkt und die Fruchtbarkeit einschränken kann. Solche Nebenwirkungen von Kräutertees sind aber selten und meistens treten sie nur sehr abgeschwächt auf (RAVIKUMAR, 2014).

CHAN et al. (2010) haben antioxidative Eigenschaften an Tees aus 13 tropischen und 5 Pflanzen aus der gemäßigten Zone untersucht, und diese mit den Eigenschaften von Tees aus *Camellia sinensis* verglichen. Die untersuchten Teekräuter aus dem gemäßigtem Klima sind Oregano (*Origanum vulgare*), Minze (*Mentha spicata*), Pfefferminze (*Mentha piperita*) und Rosmarin (*Rosmarinus officinalis*), die allesamt den *Lamiaceae* angehören, sowie Kamille (*Matricaria recutita*) aus der Familie der *Asteraceae*. Verglichen wurden sie unter anderem mit Blättern der Guave (*Psidium guajava*) oder auch Zitronengras (*Cymbopogon citratus*). Die Tees wurden jeweils mit einem Pulver der jeweiligen Pflanze von 1g mit 50ml kochendem Wasser aufgegossen und für eine Stunde unter ständigem Rühren hergestellt. Unter den tropischen Tees erzielten die Pflanzen aus der Familie der *Myrtaceae*, wie zum Beispiel die Guave, die höchsten Werte an totalem Phenolgehalt und FRAP. Der totale Phenolgehalt der Guave betrug 5930 mg 100g<sup>-1</sup> und die „ferric-reducing power“ 35 mg g<sup>-1</sup>. Der Gesamtphenolgehalt der temperaten *Lamiaceae* lag zwischen 2810 und 5860 mg 100g<sup>-1</sup>, bei der Kamille betrug er 1370 mg 100g<sup>-1</sup>. Der FRAP-Wert von Oregano, Minze, Pfefferminze und Rosmarin variierte von 20-49 mg g<sup>-1</sup> und bei Kamille lag er bei 8,1 mg g<sup>-1</sup>. Im Vergleich dazu war der Phenol-

gehalt eines Grüntees mit  $14120 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  um einiges höher, und demnach der FRAP-Wert mit  $143 \text{ mg g}^{-1}$  auch höher. Der geringste Phenolgehalt war bei Zitronengras zu finden: er betrug lediglich  $644 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , und ihr FRAP-Wert  $3,1 \text{ mg g}^{-1}$ . Die hohen Gehalte an Phenolen und antioxidativen Eigenschaften der temperaten *Lamiaceae*n lassen sich auf ihre Gemeinsamkeiten an Inhaltsstoffen zurückführen: Rosmarinsäure und andere Phenolsäuren. Sie hatten unter allen verglichenen Kräutern hohe Werte. Bei *Camellia sinensis* liegt die starke antioxidative Eigenschaft an den Catechinen. Die Antioxidantien wirken entweder primär, indem sie freie Radikale (ROS) unschädlich machen oder sekundär, durch Verhindern der Entstehung von ROS (CHAN et al., 2010).

Besonders in China ist das Teetrinken seit tausenden von Jahren sehr beliebt. Aber nicht nur Tee aus *Camellia sinensis* wird gerne genossen, sondern auch Kräutertees. Besonders geschätzt werden in China der Geschmack von Tee, die Anwendungsmöglichkeiten als therapeutische Mittel, positive Gesundheitseffekte und antioxidative Eigenschaften. Als besonders alt und dennoch sehr geschätzt gilt das chinesische Konzept, dass das Essen Medizin sein soll, sowie auch die Medizin Essen sein soll. Auch die große klimatische Weite von China und die damit verbundene Vielfalt an Pflanzen haben dazu geführt, dass es eine Vielzahl von Kräutertees in diesem Land gibt. Es gibt unter den chinesischen Pflanzen auch Teepflanzen, deren antioxidative Kapazität gleich hoch oder höher ist als bei Grüntee. Grund dafür ist ein Gesamtphenolgehalt, der ähnlich bzw. höher ist als in Blättern von *Camellia sinensis*. Zu diesen Kräutern zählen: Blätter von *Ilex kudingcha* (*Aquifoliaceae*), Blüten von *Paeonia lactiflora* (*Paeoniaceae*), Blüten von *Amygdalus davidiana* (*Rosaceae*), Blüten von *Rosa chinensis* (*Rosaceae*), Blätter von *Adinandra nitida* (*Theaceae*) und Stängel sowie Blätter von *Ampelopsis grossedentata* (*Vitaceae*). Die Blüten der Chinesischen Rose (*Rosa chinensis*) werden in der Traditionellen Chinesischen Medizin schon lange verwendet. Ihr Gesamtphenolgehalt übersteigt den des Grünen Tees. Hauptinhaltsstoffe sind Flavonole und Gallotannine, die auf die hohe antioxidative Kapazität zurückzuführen sind. Auch bei *Ampelopsis grossedentata* überstieg die antioxidative Kapazität die des Grünen Tees. In Südchina wird die als Teng Cha bezeichnete Pflanze ebenfalls schon lange in der Medizin verwendet. Ihre heilenden Wirkungen werden bei erhöhtem Blutdruck angewendet, die Pflanze wirkt gegen Thrombosen und gegen Entzündungen und sie wirkt antibakteriell. Die überragende antioxidative Kapazität von Teng Cha ist auf den hohen Gehalt von Dihydromyricetin und Myricetin (20-30% sowie 1,5-3,0% in der Trockenmasse) zurückzuführen (JIN et al., 2016).

## 2.7. Trocknungsverfahren

Das Trocknen von geernteten Pflanzenteilen dient in erster Linie der Haltbarmachung. Sie muss schnell durchgeführt werden, denn nur so kann man verhindern, dass sich Mikroorganismen am Erntegut ausbreiten. Eine schnelle Trocknung erhält auch die Farben. Die Pflanzenteile werden je nach Pflanzenart bis auf 10-14 % Wassergehalt getrocknet. Im gewerblichen Anbau wird nicht auf geringere Wassergehalte getrocknet, da dies zu höheren Kosten führt und auch den Geschmack verändern kann. Als natürliche Trocknung wird das Trocknen an der Luft bezeichnet. Diese Methode lohnt sich für Kleinproduzenten und kleinere Erntemengen. Dafür werden Trockenhorden benötigt: Man spannt Holzrahmen mit feinen Kunststoffgittern, auf denen das Erntegut ausgebreitet wird. Die Rahmen sollten nicht größer als  $2 \text{ m}^2$  sein. Diese Rahmen werden dann zur besseren Platzeinsparung übereinander in Gestelle geschoben – immer in einem Abstand von 25 cm. Diese sogenannten Gestellhürden werden am besten in gut durchlüfteten Scheunen, Hallen oder Dachböden aufgestellt, in denen die Raumtemperatur  $42^\circ\text{C}$  nicht übersteigt. Um die Horden mit Pflanzenmaterial zu befüllen, werden sie aus dem Regal gezogen und das Erntegut wird seicht auf dem Gitter verteilt. Bei der Trocknung von Blüten dürfen pro Quadratmeter nicht mehr als 0,5 kg frische Blüten in der Horde verteilt werden, bei Blättern 1-1,5 kg und bei Wurzeln 2-2,5 kg. Während der Trocknung sollte bei Bedarf gewendet werden und der Feuchtigkeitszustand sollte regelmäßig kontrolliert werden. Die

künstliche Trocknung erfolgt mit verschiedenen Trocknungsanlagen. Hier spielt die Trocknungstemperatur eine wichtige Rolle. 32-34°C sind ideale Temperaturen für eine besonders schonende Trocknung. Werden Pflanzen mit ätherischen Ölen getrocknet, so darf die Trocknungstemperatur 42°C nicht überschreiten, da sonst ätherisches Öl verloren geht. Für die Trocknung von Blüten verwendet man am besten Temperaturen zwischen 35-40°C, da bei zu hohen Temperaturen neben einem möglichen Inhaltsstoffverlust auch braune Verfärbungen entstehen können (DACHLER & PELZMANN, 2017). Da eine künstliche Trocknung auch mit hohen Kosten verbunden ist, werden für viele Medizinalpflanzen optimale Trocknungstemperaturen erprobt. Inhaltsstoffe werden am besten bei Temperaturen zwischen 30 und 50°C erhalten, jedoch erhöht sich mit einer geringen Trocknungstemperatur auch die Zeit für die Trocknung. Am Beispiel von Salbei (*Salvia officinalis*) konnte gezeigt werden, dass eine Trocknungstemperatur von 50°C ideal ist, da die Trocknungszeit im Vergleich zu 45°C um 60% reduziert werden konnte. Damit verbunden fiel der Energieverbrauch um 35% geringer aus. Bei höheren Temperaturen (über 50°C) kam es bereits zu unerwünschten Verfärbungen der Salbeiblätter. Besonders bei Teepflanzen spielt die Farbe eine wichtige Rolle. Um braune Verfärbungen zu verhindern kann auch eine dreistündige Vortrocknung ausreichend sein. Wird nach der Vortrocknung die Temperatur auf 60°C erhöht, kommt es zu keiner Verfärbung bzw. Verbräunung mehr (MÜLLER & HEINDL, 2006).



### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Standort

Der Anbau der Sonnenblumen für diese Arbeit erfolgte in den Monaten Mai bis September 2017 im Lehr- und Versuchszentrum Jedlersdorf der Universität für Bodenkultur. Dieser liegt auf 48,29 geographischer Breite und 16,43 geographischer Länge (MAPCOORDINATES, 2018). Die Versuchsgartenanlage befindet sich in der Sowinetzgasse 1 im 21. Wiener Gemeindebezirk auf einer Seehöhe von 162 m. Der Boden in Jedlersdorf ist ein sandiger Lehm auf Donauschotter, und das Klima ist pannonisch, also durch trocken-warme Sommer und mäßig kalte Winter geprägt. Die mittlere Jahrestemperatur in der Versuchsgartenanlage beträgt 9,8° C und der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 500 und 600 mm (UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR, 2016).

#### 3.2. Klima

Im Anbaujahr 2017 verzeichnete die nächstgelegene Wetterstation der Zentralanstalt für Meteorologie (ZAMG) in Wien – Donauefeld ein Jahresmittel der Lufttemperatur von 11,8° C mit einer absoluten Maximaltemperatur von 38,1° C. Die Jahressumme des Niederschlags betrug 533 mm, die Jahressumme der Sonnenscheindauer 2070 Stunden. Die Wetterstation befindet sich auf 48,26 geographischer Breite und 16,43 geographischer Länge (ZAMG, 2017a).

Der Sammelzeitraum der Sonnenblumenblüten erstreckte sich über die Monate Juni, Juli und August. Die Wetterstation Wien – Donauefeld verzeichnete für den Monat Juni 2017 eine mittlere Lufttemperatur von 22,7° C, eine mittlere relative Luftfeuchte von 51 % und 42 mm Niederschlag. Im Juni gab es insgesamt 10 Tropentage – das sind Tage mit einem Lufttemperaturmaximum von mehr als 30° C. Der Monat Juli hatte dieselbe mittlere Lufttemperatur von 22,7° C, mit 14 Tagen über 30°C. Die mittlere relative Luftfeuchte betrug 56 % und die Niederschlagssumme war mit 71 mm höher als im Juni. Der Monat August war wärmer: Der Mittelwert der Lufttemperatur betrug 23,1° C und im August gab es 16 Tropentage. Die relative Luftfeuchte lag im Durchschnitt bei 57 % und der Niederschlag war in Summe mit 41 mm ähnlich wie im Juni. Ein absolutes Maximum der Lufttemperatur wurde am 3. August erreicht mit 38,1° C [Tab. 1] (ZAMG, 2017b).

Tabelle 1: Klimadaten der Monate Juni, Juli und August 2017, aufgenommen an der ZAMG-Station Wien - Donauefeld (ZAMG, 2017b)

Parameter	Juni 2017	Juli 2017	August 2017
Mittelwert der Lufttemperatur (°C)	22,7	22,7	23,1
absolutes Max. der Lufttemperatur (°C)	35	34,1	38,1
Tag des absoluten Maximums der Lufttemperatur	22	20	3
mittlere relative Luftfeuchte (%)	51	56	57
Monatssumme des Niederschlags (mm)	42	71	41

### 3.3. Versuchsaufbau

Für den Anbau der Sonnenblumen wurde Saatgut von 10 verschiedenen Sonnenblumen-Ziersorten über die Firma N.L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH bezogen. Die 10 Sorten waren folgende: 'Buttercream', 'Vanilla Ice', 'Herbstschönheit', 'Goldene Neger', 'Sunrich Orange', 'Sonnengold', 'Soraya', 'Abendsonne', 'Ring of Fire' und 'Chocolat'. Aufgrund des späten Erhalts des Saatgutes wurden die Samen nicht direkt ins Feld gesät, sondern im Glashaus der BOKU am Standort Türkenschanze im 18. Wiener Bezirk ausgesät. Die Samen wurden am 28.03.2017 in einer Substratmischung aus 1 Teil Quarzsand und 3 Teilen Kräutereerde in Aussaatkisten gesät. Nach der Aufzucht der Jungpflanzen im Glashaus wurden diese am 22.05.2017 im Versuchsgarten Jedlersdorf ausgepflanzt. Die Auspflanzung erfolgte in einem Reihenabstand von 1 Meter und einem Pflanzabstand von 30 cm in der Reihe. Die Anzahl der Pflanzen pro Sorte fiel unterschiedlich aus [Tab. 2]:

Tabelle 2: Anzahl der Pflanzen pro Sorte im Versuchsgarten Jedlersdorf

Sorte	Anzahl der Pflanzen
Buttercream	159
Vanilla Ice	74
Herbstschönheit	129
Goldene Neger	54
Sunrich Orange	32
Sonnengold	129
Soraya	64
Abendsonne	145
Ring of Fire	148
Chocolat	99

Die Auspflanzung erfolgte randomisiert. Es wurden immer alle Pflanzen einer Sorte in 1-2 Reihen ausgepflanzt [Abb. 5]. Eine Wiederholung der Sorten-Reihen gab es lediglich bei den Sorten Buttercream und Soraya. Das Versuchsfeld wurde während der Vegetationsperiode der Sonnenblumen weder gedüngt, noch bewässert, noch wurden Ackerbeikräuter beseitigt (KEUTGEN, 2018a).



Abbildung 5: Das Versuchsfeld im Versuchsgarten Jedlersdorf (eigenes Foto, 2017)

### 3.4. Sortenbeschreibung

Für eine Sortenbeschreibung wurden die Sonnenblumen am Feld beschrieben. Ein Vergleich mit Sortenbeschreibungen in der Literatur zeigt, dass die Sonnenblumen am Versuchsfeld in ihrem Habitus und in morphologischen Merkmalen zum Teil andere Ausprägungen zeigten. Die Sorte 'Goldene Neger' beispielsweise erreicht laut Literatur eine Gesamthöhe von 250 bis 350 cm, jedoch wurde am 26.07.2017 eine Höhe von maximal 160 cm gemessen, die bis zum Ende des Anbaus nur mehr um wenige Zentimeter überschritten wurde (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998). Der Grund dafür mag die fehlende Düngung oder die starke Konkurrenz durch Ackerbeikräuter sein, oder eine Kombination aus diesen Faktoren und dem späten Anbautermin. In der eigenen Sortenbeschreibung wurde auch die Pflückbarkeit der Zungenblüten berücksichtigt, da diese für einen planmäßigen Anbau zur Blüterernte von großer Bedeutung ist. Die Zungenblüten an kleinen Blütenköben lassen sich relativ leicht von Hand abernten, da die Zungenblüten allesamt mit der Hand umfasst und in einer Bewegung abgepflückt werden können. Bei großen Blütenköben war die Ernte aufwändiger, da die Zungenblüten einzeln bzw. nur in kleinen Mengen abgepflückt werden konnten. Der Durchmesser der Blütenkörbe wurde immer mitsamt der Zungenblüten gemessen. Zusätzlich zu den Beschreibungen des Wachses und der Pflückbarkeit wurden auch die reifen Samen (Achänen) der Sonnenblumen gesammelt und beschrieben, und ihr Tausendkorngewicht (TKG) wurde mittels einer Feinwaage bestimmt.

#### 1. *Helianthus annuus* 'Buttercream'

Die Sorte 'Buttercream' erreichte im Versuchsfeld eine Höhe von circa 110 – 130 cm. Die Zungenblüten waren hellgelb bis weißgelb, die inneren Röhrenblüten waren rötlich bis rotbraun gefärbt [Abb. 6]. Die Zungenblüten hatten zum Teil eine streifige Anthocyanfärbung in Rot bis Lila. Es waren viele Blüten pro Stängel vorhanden. Diese Sorte erwies sich als die beste Sorte zum Pflücken: Der Blütenkorb war mit einem Durchmesser von 8 – 15 cm (inklusive Zungenblüten) eher klein und die Zungenblüten liessen sich alle umfassen und mit einer

Handbewegung ernten. Die Blüten saßen auch nicht so fest am Korb wie dies bei anderen Sorten der Fall war. Die Achänen der Sorte waren 8 – 10 mm lang und 5 mm breit. Ihre Farbe war schwarz und das Perikarp war mit feinen, braunen Härchen bedeckt [Abb. 7]. Das TKG betrug circa 53 g.



Abbildung 6: 'Buttercream' (eigenes Foto, 2017)



Abbildung 7: Achänen der Sorte 'Buttercream' (eigenes Foto, 2017)

## 2. *Helianthus debilis* 'Vanilla Ice'

Diese Sonnenblume ist die einzige unter den 10 Sorten des Versuches, die keine Sorte der Art *H. annuus* ist, sondern eine Sorte der Art *H. debilis*. Sie wächst buschig und stark verzweigt, und wird bis zu 150 cm hoch. Alle Pflanzen dieser Sorte erreichten einheitlich am Feld diese Größe. Der Korbdurchmesser betrug 8 – 12 cm und war im Vergleich zu den anderen Sorten eher klein. Die Zungenblüten waren sehr lang, ihre Farbe variierte stark von orange-gelb bis weißgelb. Auch die Farbe der Röhrenblüten war variabel: Sie reichte von gelb bis dunkelbraun [Abb.8]. Die Achänen waren klein, zwischen 5 und 6 mm lang und 2 mm breit. Die Farbe war schwarz-weiß gefleckt oder schwarz-rot gefleckt mit feinen weißen oder rötlichen Haaren [Abb. 9]. Das TKG betrug in etwa 6 g.



Abbildung 8: 'Vanilla Ice' (eigenes Foto, 2017)



Abbildung 9: Achänen der Sorte 'Vanilla Ice' (eigenes Foto, 2017)

### 3. *Helianthus annuus* 'Herbstschönheit'

Die Sorte 'Herbstschönheit' erreichte eine Höhe von 180 – 200 cm. Sie wuchs verzweigt mit dünnen und langen Seitentrieben. Die Blütenfarbe war braun bis dunkelrot [Abb. 10] (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

Der Korb hatte einen Durchmesser von 8 – 18 cm und die Blüten waren leicht zu pflücken, da sie nicht sehr fest am Korb hafteten. Die Achänen waren 6 – 7 mm lang und 3 mm breit. Sie waren schwarz mit einer rötlich-braunen Behaarung. Zum Teil hatten die Achänen auch rot-braune Längsstreifen auf der Testa [Abb. 11]. Das TKG betrug circa 32 g.



Abbildung 10: 'Herbstschönheit' (eigenes Foto, 2017)

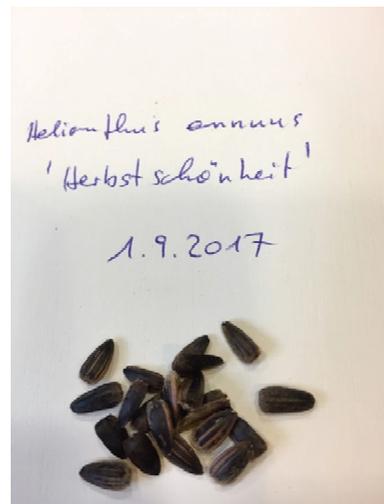


Abbildung 11: Achänen der Sorte 'Herbstschönheit' (eigenes Foto, 2017)

### 4. *Helianthus annuus* 'Goldener Neger'

Diese Sorte erreichte eine durchschnittliche Höhe von circa 120 – 160 cm. Der Durchmesser des Korbes lag zwischen 6 und 16 cm. Die Farbe der Zungenblüten war gelb und sehr einheitlich [Abb. 12]. Da die Zungenblüten stark am Korb hafteten erwies sich die Ernte dieser Sorte

als schwierig. Die Achänen waren 6 – 9 mm lang und 5 mm breit. Sie waren glänzend schwarz mit wenig rötlicher Behaarung [Abb. 13]. Das TKG betrug in etwa 39 g. Unter guten Wuchsbedingungen kann diese Sorte eine Wuchshöhe von bis zu 350 cm erreichen (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

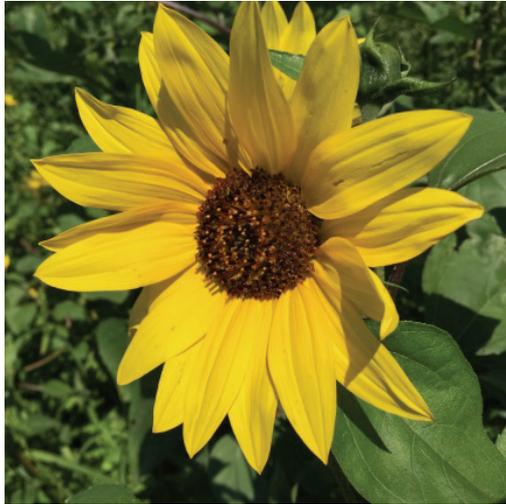


Abbildung 12: 'Goldener Neger' (eigenes Foto, 2017)



Abbildung 13: Achänen der Sorte 'Goldener Neger' (eigenes Foto, 2017)

#### 5. *Helianthus annuus* 'Sunrich Orange'

'Sunrich Orange' ist eine kleine Sonnenblumensorte. Ihre Wuchshöhe betrug im Versuchsfeld nur 55 – 65 cm, was im späteren Vegetationsverlauf dazu führte, dass sie von Ackerbeikräutern überwuchert wurde. Auch die Blütenkörbe waren mit einem Durchmesser von 4 – 8 cm (inkl. Zungenblüten) sehr klein [Abb. 14]. Aufgrund der schwachen Konkurrenzfähigkeit gegen Beikräuter zeigten die Pflanzen einen kümmerlichen Wuchs und nur sehr wenige Blüten. Die Achänen waren 7 mm lang und 4 – 5 mm breit. Sie waren weiß-schwarz gestreift und hatten ein TKG von 26 g [Abb. 15].

Laut ÖSTERREICHISCHEN AGRARVERLAG (1998) beträgt die Wuchshöhe der Sorte 'Sunrich Orange' 120 – 150 cm. Sie wächst eintrieblich und hat orange-gelbe Blüten mit einem dunklen Korb. Als Besonderheit wird erwähnt, dass die Sorte sehr gleichmäßig blüht und pollenstaubfrei ist. Sie wird daher als Schnittblume empfohlen (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).



Abbildung 14: 'Sunrich Orange' (eigenes Foto, 2017)

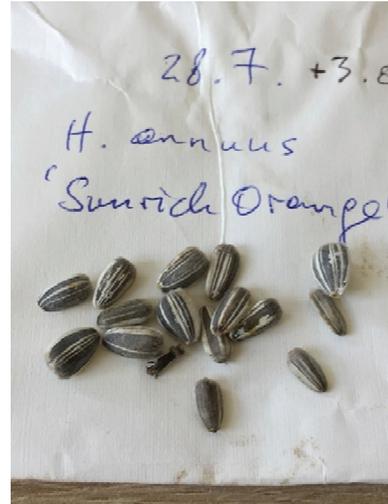


Abbildung 15: Achänen der Sorte 'Sunrich Orange' (eigenes Foto, 2017)

#### 6. *Helianthus annuus* 'Sonnengold'

Diese ist die einzige Sorte mit gefüllten Blüten aus dem Versuch [Abb. 16]. Ihre Höhe betrug 80 – 110 cm und die Blütenköpfe waren in Größe und Ausprägung recht unterschiedlich: der Durchmesser betrug 3 – 10 cm und nicht alle Blüten hatten den typischen gefüllten Charakter, obgleich das Original-Saatgut verwendet wurde. Bei einigen Pflanzen waren die inneren Röhrenblüten nicht lang, sondern sehr kurz wie bei den übrigen Sorten. Bei 'Sonnengold' wurden nicht nur die äußeren Zungenblüten, sondern auch die langen Röhrenblüten geerntet. Dies erwies sich als schwierig und aufwändig, da die Blüten stark am Korb hafteten. Die Achänen dieser Sorte waren 6 – 9 mm lang und 4 – 5 mm breit. Ihre Grundfarbe war grauweiß, teilweise hatten die Achänen schwarze und graue Flecken [Abb. 17]. Das TKG beträgt 28 g.



Abbildung 16: 'Sonnengold' (eigenes Foto, 2017)

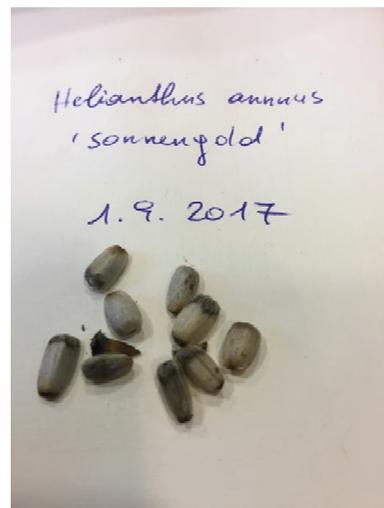


Abbildung 17: Achänen der Sorte 'Sonnengold' (eigenes Foto, 2017)

7. *Helianthus annuus* 'Soraya'

Ähnlich wie 'Sunrich Orange' war auch die Sorte 'Soraya' am Versuchsfeld eher klein und daher nicht konkurrenzfähig gegen Ackerbeikräuter. Die Wuchshöhe betrug im Durchschnitt 80 – 100 cm und die Blüten hatten einen Durchmesser von 8 – 15 cm [Abb. 18]. Durch den kleinen Durchmesser des Blütenkorbes waren die Zungenblüten leicht mit einer Hand zu umfassen und zu ernten. Die kleinen Achänen waren 4 – 5 mm lang und 2 mm breit. Sie waren glänzend schwarz und hatten ein TKG von rund 15 g [Abb. 19].



Abbildung 18: 'Soraya' (eigenes Foto, 2017)

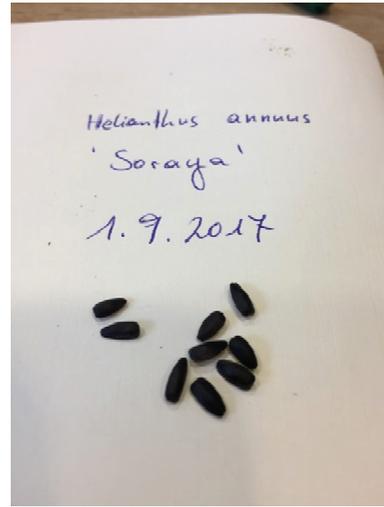


Abbildung 19: Achänen der Sorte 'Soraya' (eigenes Foto, 2017)

8. *Helianthus annuus* 'Abendsonne'

'Abendsonne' wächst verzweigt und wird 180 – 200 cm hoch. Die Blütenfarbe ist blutrot bis dunkelbraun [Abb. 20]. Aufgrund der dünnen und langen Seitentriebe eignet sich diese Sorte gut für die Ernte von Schnittblumen (ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, 1998).

Im Versuchsfeld wuchs 'Abendsonne' 150 – 190 cm hoch mit Blütenkorb-Durchmessern von 12 – 25 cm. Die Blütenfarbe variierte vom typischen dunkelrot bis gelb. Die Zungenblüten lösten sich leicht vom Korb, dennoch war die Ernte durch die relativ großen Blütenkörbe aufwändig. Die Achänen waren groß: Sie waren 8 – 10 mm lang und 5 mm breit. Die Farbe der Achänen war sehr unterschiedlich: Weiß mit grauen Längsstreifen, rotbraun mit schwarzen Längsstreifen, schwarz mit rötlichem Schimmer aufgrund von Härchen oder schwarz mit kaum erkennbaren dunklen Längsstreifen [Abb. 21]. Das TKG betrug 65 g. Diese Sorte produzierte somit die größten Achänen in diesem Versuch.



Abbildung 20: 'Abendsonne' (eigenes Foto, 2017)



Abbildung 21: Achänen der Sorte 'Abendsonne' (eigenes Foto, 2017)

#### 9. *Helianthus annuus* 'Ring of Fire'

Laut CHRESTENSEN (2018) ist 'Ring of Fire' eine feurig goldgelb bis rotbraune Sorte [Abb. 22]. Sie blüht mittelfrüh und ihr Wuchs ist verzweigt bei einer Gesamthöhe von 150 cm (CHRESTENSEN, 2018).

Im Versuchsfeld erreichte diese Sorte eine Höhe von 65 – 115 cm. Die Blütenkörbe waren mit einem Durchmesser von 8 – 15 cm eher klein. Sie produzierte sehr viele Blüten, jedoch ließen sich die Zungenblüten nur schwer pflücken, da sie sehr kurz sind und der Blütenboden im Vergleich dazu recht groß war. Die Achänen waren 6 – 9 mm lang, 2 – 4 mm breit und sie waren schwarz-braun mit weißer Behaarung [Abb. 23]. Das TKG betrug 32 g.



Abbildung 22: 'Ring of Fire' eigenes Foto, 2017)

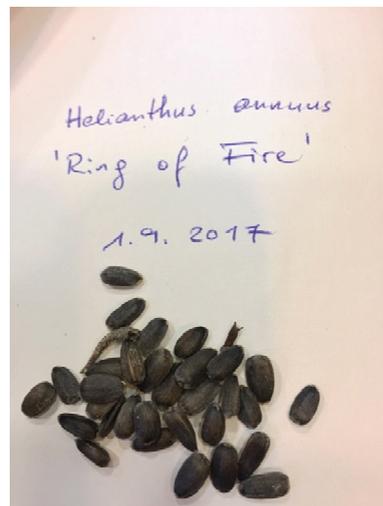


Abbildung 23: Achänen der Sorte 'Ring of Fire' (eigenes Foto, 2017)

#### 10. *Helianthus annuus* 'Chocolat'

Diese Sorte hat rotbraune Zungenblüten mit einer roten Scheibe [Abb. 24]. Sie blüht von Juli bis September und wird 100 cm hoch (CHRESTENSEN, 2018).

Im Versuch wuchs 'Chocolat' 80 – 100 cm hoch und hatte Blütenkörbe von 8 – 14 cm Durchmesser. Durch die niedrige Wuchshöhe war ihre Konkurrenzfähigkeit gegen Ackerbeikräuter

sehr gering und im späten Verlauf der Vegetationsperiode wurde sie überwuchert und stark beschattet. Die Achänen waren 8 – 9 mm lang und 3 – 4 mm breit. Die Farbe war glänzend schwarz mit wenigen Härchen am Perikarp [Abb. 25]. Das TKG betrug in etwa 32 g.



Abbildung 24: 'Chocolat' eigenes Foto, 2017)



Abbildung 25: Achänen der Sorte 'Chocolat' (eigenes Foto, 2017)

### 3.5. Methoden

Mit der Ernte der Sonnenblumenblüten wurde am 27.06.2017 begonnen. Es wurden für jede Sorte die Zungenblüten aller vollständig geöffneten Blütenkörbe gesammelt. Nach dem Einsammeln der Zungenblüten wurde die Frischmasse pro Sorte gewogen und für jede Sorte wurde eine Farbmessung mit dem Konica Minolta Chroma Meter CR-400 durchgeführt. Dabei wurden jeweils die L-, a- und b-Werte der Farbmessung notiert. Danach wurden die Blüten bis zur weiteren Untersuchung eingefroren. Weitere Sammeltermine erfolgen wöchentlich, nämlich am 06., 12., 18., und 28. Juli sowie am 03. und 04. August 2017. Der letzte Termin musste auf zwei Tage aufgeteilt werden, da aus Zeitgründen nicht alle Sorten an einem Tag gesammelt werden konnten.

#### *Farbmessungen*

Farben werden von Menschen unterschiedlich wahrgenommen. Der Zweck der Farbmessung ist, dass einer Farbe ein Zahlenwert gegeben wird. Auf diese Weise erhält man exakt definierte Werte, die anschließend objektiv verglichen werden können. Diese Messung basiert auf einem System, das von der CIE (Comission International de l'Eclairage) definiert wurde: Die Farben werden mit drei Werten in einem dreidimensionalen Koordinatensystem eingemessen. Diese drei Werte sind als L-, a- und b-Wert definiert, wobei L für die Helligkeit (lightness), a für die Farben Rot / Grün und b für die Farben Gelb / Blau stehen (KONICA MINOLTA, 2018). Der L-Wert liegt im Bereich 0-100, wobei die Extrema für schwarz (im negativen Bereich) und weiß (im positiven Bereich) stehen. Die a-Werte stehen für Grün im Minus-Bereich und für Rot im Plus-Bereich, und die b-Werte für Blau im Minus- und Gelb im Plus-Bereich (ÖHLINGER, 2008). Die Messung der Farbwerte dient auch dem Vergleich, ob nur die Sorte die Farbe beeinflusst, oder ob auch der Sammeltermin einen Einfluss auf die Farbe haben kann.

Mit dem Konica Minolta Chroma Meter CR-400, das von der Abteilung Gartenbau der BOKU zur Verfügung gestellt wurde, konnten die Blüten der jeweiligen Sonnenblumensorten gemessen werden und ihnen Farbwerte zugewiesen werden. Dazu wurden die Blüten jeder Sorte direkt nach der Ernte auf einem Tisch ausgebreitet und mit dem Farbmessgerät wurden 10 Punkte auf den Blüten gemessen.

### *Trocknungen*

Aufgrund der vielen Einzelproben wurden jeweils die Blüten der Sammeltermine des 27.6. und 6.7., des 12.7. und 18.7. sowie des 28.7. und 3./4.8. in 2017 zusammengefasst, sodass sich insgesamt 3 Wiederholungen ergaben.

Als Trocknungsmethoden sollten Gefriertrocknung und Trockenschranktrocknung verglichen werden, und es wurde auch die Frischmasse – also „ohne Trocknung“ – untersucht und verglichen. Die Messung der Frischmasse sollte hierbei als Nullvariante dienen, welche zeigen soll, ob beim Trocknen der Blüten Inhaltsstoffverluste auftreten.

Begonnen wurde mit der Gefriertrocknung: Dafür wurde das Gefriertrocknungsgerät von Christ (Alpha 1-2 LDplus) verwendet. Je Sorte einer Wiederholung wurden in etwa 20 g frischer Blüten eingewogen, in einen Druckverschlussbeutel gegeben und im Gerät für circa 48 Stunden unter Vakuum bei einer Temperatur von rund – 50 °C gefriergetrocknet. Nach Abschluss der Gefriertrocknung wurden die Blüten erneut abgewogen um die Trockenmasse bestimmen zu können, und sie wurden bis zur späteren Verwendung in den Druckverschlussbeuteln dunkel gelagert.

Für die Trockenschranktrocknung wurde je Sorte einer Wiederholung dieselbe Masse eingewogen – nämlich in etwa 20 g frischer Blüten. Die Blüten wurden auf Porzellantellern gelegt, und dann in den Trockenschrank gestellt. Bei einer Temperatur von + 50 °C wurden die Blüten für 24 Stunden getrocknet und anschließend wieder abgewogen, um die Trockenmasse bestimmen zu können. Die Wahl der Temperatur richtete sich nach den Forschungsergebnissen von MÜLLER & HEINDL (2006), die bereits im Kapitel „Trocknungsverfahren“ der Literaturanalyse vorgestellt wurden. Die Aufbewahrung der Proben entsprach denen der gefriergetrockneten Proben.

### *Vermahlen*

In dieser Arbeit soll unter anderem ein Unterschied zwischen Extrakten aus ganzen Blüten sowie aus vermahlenden (homogenisierten) Blüten untersucht werden. Zum Homogenisieren der Blüten wurde das Gerät IKA Tube Mill Control verwendet [Abb. 26]. Aus den getrockneten Proben wurde jeweils die halbe Menge nach Augenmaß entnommen. Das Vermahlen geschah bei 8000 rpm (rotations per minute) für 42 Sekunden. Die vermahlene Masse wurde extra in Druckverschlussbeutel verpackt [Abb. 27] und wie eben gelagert.



Abbildung 26: IKA Tube Mill Control der Abteilung Gartenbau der BOKU (eigenes Foto, 2017)



Abbildung 27: Vermahlene und nicht-vermahlene Proben in Druckverschlussbeuteln (eigenes Foto, 2017)

### Extraktzubereitung

Für die Messungen der Inhaltsstoffe wurden zwei verschiedene Arten von Extraktionen gewählt:

#### 1. Ethanol-Extraktion:

Die Ethanol-Extraktion nach KEUTGEN & PAWELZIK (2007) wurde für die Messung von Chlorophyllen, Carotinoiden, Gesamtphenole, Flavonoide, Anthocyane und antioxidative Kapazität verwendet. Dazu wurde je Sorte von allen 3 Sammeldaten 1 g frische Blüten bzw. 0,5 g trockene Blüten sowie trockene, homogenisierte Blüten eingewogen, mit 25 ml vergälltem Ethanol (99,8 %) vermischt und für 20 Minuten auf einen Laborschüttler der Firma GFL gelegt. Danach wurden die Extrakte durch Rundfilter in 20 ml Szintillationsgefäße überführt [Abb. 28].



Abbildung 28: Überführung der Extrakte durch Rundfilter in 20 ml Szintillationsgefäße (eigenes Foto, 2017)

## 2. Wasser-Extraktion:

Die Wasser-Extraktion diente der Messung von Nitrat, reduzierenden Zuckern und Gesamtzucker. Sie wurde ähnlich wie ein Teeaufguss zubereitet. Dazu wurden 1,5 g frische Blüten bzw. 0,8 g getrocknete und getrocknete, homogenisierte Blüten eingewogen, mit 100 ml Wasser bei einer Temperatur von 70° C in Erlenmeyerkolben vermischt und für 5 Minuten stehen gelassen [Abb. 29]. Nach der 5-minütigen „Ziehzeit“ wurde der Extrakt durch Rundfilter in 20 ml Szintillationsgefäße überführt.

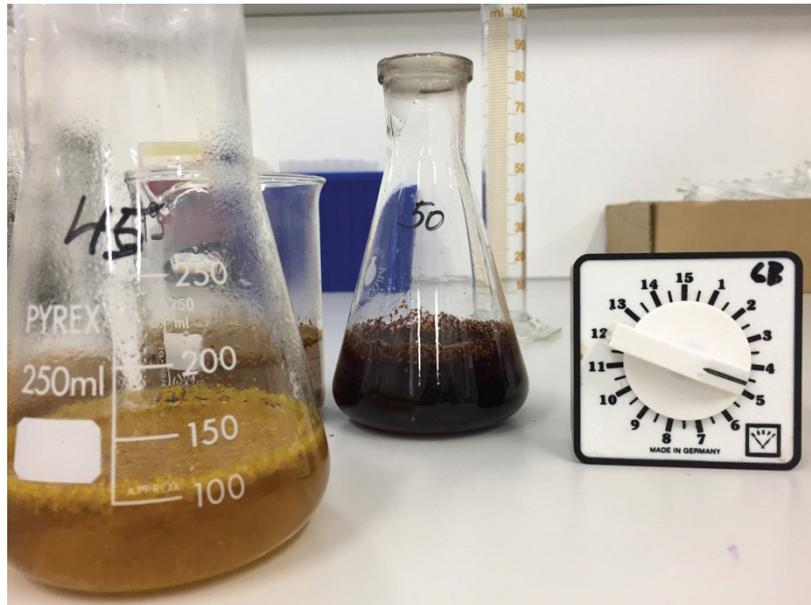


Abbildung 29: Wasser-Extraktion bei einer 5-minütigen „Ziehzeit“ (eigenes Foto, 2017)

Für manche Sonnenblumensorten gab es am letzten Erntetermin nicht mehr genügend Material (Blüten). Dies ist in den Listen der Ergebnisse mit „keine Probe“ vermerkt worden. Insgesamt ergaben sich 146 Einzelproben der Ethanol-Extraktion sowie 146 Einzelproben der Wasser-Extraktion. Die Extrakte wurden nach Beendigung der Extraktion bis zu den Messungen bei – 18° C gelagert.

### *Spektralphotometrische Bestimmung der Inhaltsstoffe*

Für die Bestimmung der Inhaltsstoffe der Sonnenblumenblüten wurde das Spektralphotometer Metertech UV / VIS SP-8001 verwendet [Abb. 30].

Diese Methode beruht auf der Absorption von Wellenlängen, die durch eine Probe gehen. Die Wellenlänge, die absorbiert wird, gibt Rückschlüsse auf die Moleküle, die sich in der Probe befinden (MATISSEK et al., 2014).



Abbildung 30: Spektralphotometer Metertech UV / VIS SP-8001 der Abteilung Gartenbau der BOKU (eigenes Foto, 2017)

### *Bestimmung der Chlorophylle und Carotinoide*

Bestimmt wurden mittels Photometer die Chlorophylle a, b und die Gesamtchlorophylle sowie die Gesamtcarotinoide. Die Extrakte wurden aufgrund der starken Färbung wie folgt verdünnt:

Jeweils die ersten beiden Sorten jedes Sammeldatums wurden 1:1 verdünnt (1 ml der Probe [Ethanol-Extrakt] mit 1 ml destilliertem Wasser). Diese Verdünnung betraf die Sorten 'Buttercream' und 'Vanilla Ice'. Die restlichen 8 Sorten mussten aufgrund ihrer starken Färbung 1:10 verdünnt werden (0,2 ml Probe mit 1,8 ml destilliertem Wasser).

Die verdünnten Proben wurden anschließend in 1,5 ml Küvetten (Halbmikroküvetten) überführt und nach KEUTGEN (2018b) bei den Absorptionen 442 nm, 470 nm, 653 nm und 665 nm vermessen (KEUTGEN, 2018b) [Abb. 31 und 32]. Unter Berücksichtigung der Verdünnungsfaktoren wurden aus den Werten der photometrischen Messung die Gehalte an Chlorophyll a und b, Gesamtchlorophyll und Carotinoide errechnet.

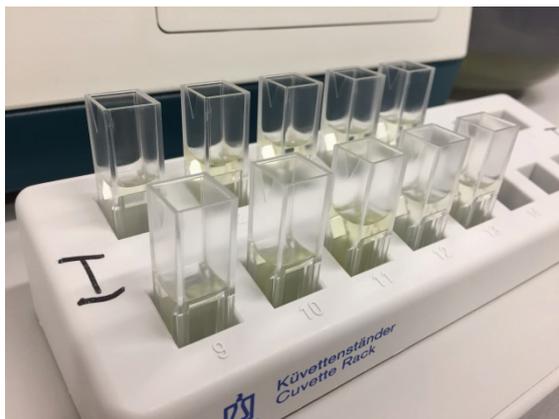


Abbildung 31: Überführen der Proben in Halbmikroküvetten (eigenes Foto, 2017)

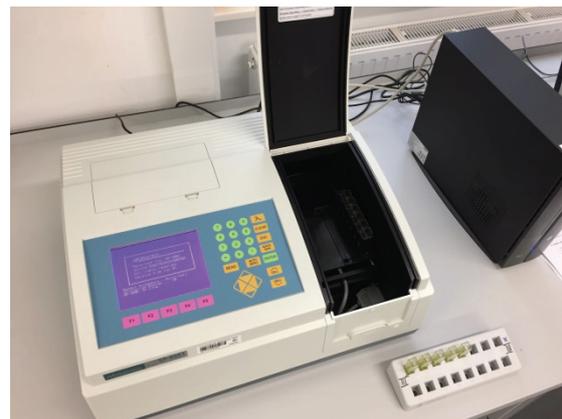


Abbildung 32: Vermessen der Proben im Spektralphotometer (eigenes Foto, 2017)

### *Bestimmung der Gesamtphenole*

Die Gesamtphenole wurden kolorimetrisch mit der Folin-Ciocalteu-Reagenz, wie bei KEUTGEN & PAWELZIK (2007) beschrieben, bestimmt. Zur Ermittlung der Gesamtphenole wurde eine Kalibrationskurve mit Hilfe der Absorbanz einer bekannten und standardisierten Gallussäure erstellt. Die Ergebnisse werden in Gallussäureäquivalenten dargestellt (NADEEM et al., 2011). Von den Proben

wurden jeweils 0,1 ml mit 2,8 ml Wasser, 1,0 ml NaOH und mit 0,1 ml Folin-Ciocalteu-Reagenz (Farbreagenz) vermischt und für 15 Minuten in ein Wasserbad bei 37° C gestellt. Danach wurden die Proben in Halbmikroküvetten überführt und bei 735,8 nm im Photometer vermessen. Die Berechnung der Werte ergab Ergebnisse mit den Einheiten  $\text{mg kg}^{-1}$ .

#### *Bestimmung der Flavonoide*

Zur Bestimmung der Flavonoide wurden 500  $\mu\text{l}$  Probe mit 2 ml Wasser und 150  $\mu\text{l}$  Natriumnitrit-Lösung vermischt. Nach einer Reaktionszeit von 6 Minuten wurden 150  $\mu\text{l}$  Aluminiumchlorid-Lösung beigegeben und die Probe wurde wieder für eine Reaktionszeit von 6 Minuten stehengelassen. Daraufhin wurden 2 ml Natriumhydroxid mit der Probe vermischt und die Probe wurde im Dunkeln für 15 Minuten stehengelassen. Nach der Wartezeit wurden die Proben in Halbmikro-Küvetten überführt und im Photometer bei 510 nm vermessen. Die Ergebnisse werden in  $\text{g kg}^{-1}$  dargestellt.

#### *Bestimmung des Anthocyangehalts*

Es wurden eine Kaliumchlorid-Lösung (KCl) und eine Natriumacetat-Lösung (Acetat) hergestellt. Beide Lösungen werden für die sogenannte pH-Differenzialmethode verwendet, die auf der Farbverschiebung von Anthocyanen bei einer pH-Wert-Veränderung basiert (KEUTGEN, 2018b, s.p.). Für die photometrische Messung wurde 0,2 ml Probe mit 3 ml Kaliumchlorid-Lösung sowie 0,2 ml Probe mit 3 ml Natriumacetat-Lösung vermischt, 15 Minuten lang inkubiert und bei jeweils 321,5 nm, 469 nm, 495 nm und 700 nm vermessen. Aus den Werten einer Probe (Absorptionen Acetat bei pH 4,5 sowie KCl bei pH 1) wurde der monomerische Anthocyangehalt in  $\text{mg kg}^{-1}$  berechnet.

#### *Bestimmung der antioxidativen Kapazität*

Die antioxidative Kapazität der Sonnenblumenblüten wurde mittels einer FRAP-Lösung (Ferric Reducing Antioxidant Power Assay) vorgenommen (KEUTGEN & PAWELZIK, 2007). Der FRAP Test beruht darauf, dass Antioxidanzien einen Eisen-Tripyridyltriazin-Komplex (TPTZ-Lösung) bei niedrigem pH-Wert reduzieren können. Bei der Reduktion entsteht blaue Farbe in der Lösung, die mit dem Photometer bei 593 nm gemessen werden kann (KEUTGEN & PAWELZIK, 2007; FRANKEL & MEYER, 2000). Die FRAP-Lösung setzt sich wie folgt zusammen: 100 ml Acetat-Buffer, 10 ml TPTZ-Lösung, 10 ml Eisenchlorid-Lösung und 12 ml deionisiertes Wasser. Es wurde jeweils 0,1 ml Probe mit 1 ml FRAP-Reagenz in Halbmikroküvetten vermischt und 4 Minuten lang bei 37° C im Wasserbad inkubiert. Anschließend wurden die Proben mittels Photometer bei 593 nm vermessen. Die Proben mit der Nummer 7, 10, 20, 27 und 30 mussten zusätzlich 1 : 5 verdünnt und neu gemessen werden.

#### *Zuckerbestimmung*

Für die Bestimmung von Zucker (POBEREŽNY et al., 2012) wurden die Proben der Wasser-Extraktion verwendet. Die Bestimmung der reduzierenden Zucker benötigte eine Verdünnung mehrerer Proben: Die Extrakte der frischen Blüten wurden 1 : 1 verdünnt (d.h. 500  $\mu\text{l}$  Probe : 500  $\mu\text{l}$  Wasser). Es wurde zur Verdünnung kein deionisiertes Wasser verwendet, da die Wasser-Extrakte mit Leitungswasser hergestellt wurden, um ein teeähnliches Getränk zu simulieren. Bei den restlichen Proben mussten jeweils die ersten 7 Proben 1 : 2 verdünnt werden (d.h. 335  $\mu\text{l}$  Probe : 665  $\mu\text{l}$  Wasser), die letzten drei Proben wurden jeweils 1 : 4 verdünnt (d.h. 200  $\mu\text{l}$  Probe : 800  $\mu\text{l}$  Wasser). So wurden zum Beispiel die Proben mit den Nummern 31 – 37 in einem Verhältnis von 1 : 2 verdünnt, die Proben 38 – 40 wurden 1 : 4 verdünnt. In weiterer Folge wurden die Proben 41 – 47 im Verhältnis 1 : 2 verdünnt, die Proben 48 – 50 wurden 1 : 4 verdünnt usw.

Nach der Verdünnung der Proben wurde jeweils 1 ml Probe im Kulturröhrchen mit 3 ml Farbreagenz „DNP“ (Dinitrophenol) vermischt [Abb. 33]. Die Kulturröhrchen wurden anschließend in ein Wasserbad mit 81° C Wassertemperatur gegeben, nach 10 Minuten wieder herausgenommen und in kaltem

Wasser abgekühlt. Zur photometrischen Messung wurden die Proben in Halbmikroküvetten überführt und bei 600 nm wurde die Absorption gemessen. Die Werte wurden später in  $\text{mg g}^{-1}$  umgerechnet.

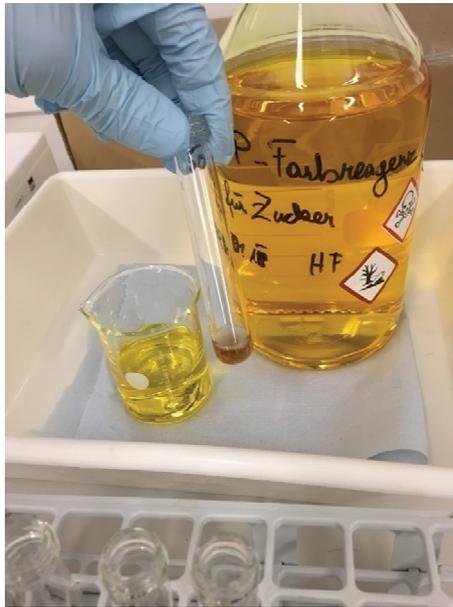


Abbildung 33: DNP-Farbreagenz zur Zuckerbestimmung (eigenes Foto, 2018)

Für die Messung der Gesamtzucker waren keine Verdünnungen der Proben nötig. Es wurde je Probe 1 ml in ein Kulturröhrchen pipettiert, mit 1 – 2 Tropfen konzentrierter HCl versetzt und die verschlossenen Kulturröhrchen wurden dann für 30 Minuten bei  $81^\circ\text{C}$  in ein Wasserbad gegeben. Nach den 30 Minuten wurden die Proben abgekühlt und mit konzentrierter Natronlauge (1 – 2 Tropfen) versetzt, um einen basischen pH-Wert zu erreichen. Danach wurde 1 ml Probe mit 3 ml Farbreagenz „DNP“ vermengt und 10 Minuten lang wieder in das  $81^\circ\text{C}$  warme Wasserbad gegeben. Anschließend wurden die Proben abgekühlt, in Halbmikroküvetten überführt und die Absorption wurde bei 600 nm gemessen. Auch hier wurden die Werte in  $\text{mg g}^{-1}$  umgerechnet.

#### *Bestimmung des Nitratgehaltes*

Von den Proben wurde je 1 ml in Kulturröhrchen pipettiert. Die Proben in den Kulturröhrchen wurden mit 1 ml Vanadium (III) chlorid-Lösung und 1 ml Mischreagenz versetzt und 30 Minuten bei  $37^\circ\text{C}$  in einem Wasserbad inkubiert. Nach den 30 Minuten wurden die Proben in Halbmikroküvetten überführt und mit dem Photometer vermessen [siehe Abb. 34 und 35]. Die Proben 32, 35, 42, 45, 51, 52 und 61 wurden 1 : 1 verdünnt (0,5 ml Probe : 0,5 ml Wasser) und neu gemessen, da ihre Werte bei der ersten Messung zu hoch waren.



Abbildung 34: Proben in Kulturröhrchen - zur Bestimmung des Nitratgehaltes mit Farbreagenz versetzt (eigenes Foto, 2018)

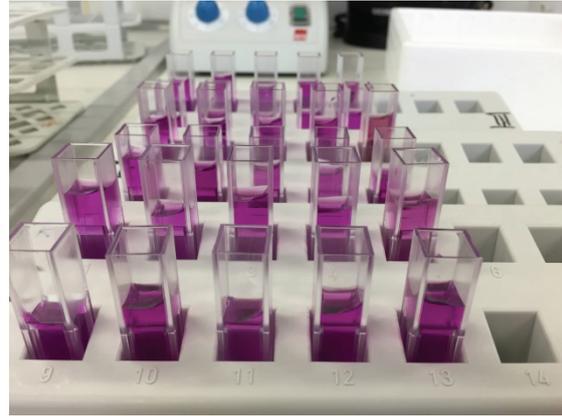


Abbildung 35: Überführen der Proben in Halbmikroküvetten (eigenes Foto, 2018)

### 3.6. Statistische Auswertung

Die Daten, die aus den Messungen des Spektralphotometers gewonnen wurden, wurden mithilfe des Statistik-Programmes IBM SPSS (Version 25) statistisch ausgewertet.

Es wurden einfaktorielle Varianzanalysen (ANOVAs) berechnet, um Mittelwertsunterschiede der verschiedenen Sorten in den einzelnen Variablen feststellen zu können. Unterschiede in den verschiedenen Verarbeitungsarten wurden ebenso berechnet. Zur Prüfung der Varianzhomogenität der Proben wurde der Levene-Test angewandt. Es wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 5\%$  festgelegt.

Im Anschluss an die ANOVA wurde bei Vorliegen der Varianzhomogenität mit dem Post-Hoc-Test nach Tukey geprüft, ob signifikante Unterschiede vorliegen. Sortenunterschiede bzw. Unterschiede nach Verarbeitung lagen bei einem Signifikanzwert von  $p \leq 0,05$  vor.

Bei nicht varianzhomogenen Ergebnissen wurde mit dem Post-Hoc-Test nach Tamhane auf signifikante Unterschiede geprüft. Wurden Signifikanzen von  $p \leq 0,05$  errechnet, so gab es signifikante Unterschiede.



## 4. Ergebnisse

### 4.1. Farbmessungen

Die Werte der Farbmessungen wurden auf Unterschiede zwischen den Sorten und den Sammeldaten geprüft. Die Zeit der Probenahme übte keinen Einfluss auf den Farbwert aus.

Die Sorte hat einen signifikanten Einfluss auf die Farbwerte L, a und b [Tab. 3]. Die erfassten L-, a- und b-Werte sind laut Levene-Test varianzhomogen.

Der L-Wert zeigt die Helligkeit der Farbe (KONICA MINOLTA, 2018). Die Zungenblüten sind demnach von hell nach dunkel folgend zu reihen: 'Buttercream' (hellste Sorte), 'Vanilla Ice', 'Goldener Neger', 'Herbstschönheit', 'Sunrich Orange', 'Sonnengold', 'Soraya', 'Ring of Fire', 'Abendsonne' und 'Chocolat' (dunkelste Sorte). Signifikante Unterschiede sind in Tabelle 3 je Spalte durch Buchstaben gekennzeichnet. Demnach sind Sonnengold und Soraya in ihrer Helligkeit gleich, alle anderen Sorten unterschieden sich signifikant.

Der a-Wert steht für den Farbton Grün im Minus-Bereich und für Rot im Plus-Bereich (ÖHLINGER, 2008). Nur Buttercream und Vanilla Ice liegen mit ihrem a-Wert im grünen Bereich, alle anderen Sorten sind im roten Farb-Bereich. Gleiche Gruppen bilden die Sorten 'Buttercream' und 'Vanilla Ice', 'Herbstschönheit' und 'Goldener Neger', 'Sunrich Orange' mit 'Sonnengold' und 'Ring of Fire', sowie 'Soraya' und 'Abendsonne'. Die Sorte 'Chocolat' ist keiner anderen Sorte ähnlich. Ihr a-Farbwert ist der höchste aller Sorten, d.h. dass 'Chocolat' den stärksten Rot-Ton im Vergleich zu den anderen Sorten aufweist.

Die b-Werte stehen für Blau im Minus- und Gelb im Plus-Bereich (ÖHLINGER, 2008). Alle Sorten liegen im gelben Farbbereich. Die Sorte 'Goldener Neger' hat von allen Sorten den stärksten, und die Sorte 'Chocolat' hat den schwächsten Gelb-Ton. 'Herbstschönheit', 'Sunrich Orange' und 'Soraya' bilden eine homogene Gruppe, die übrigen Sorten unterscheiden sich.

Tabelle 3: Farbwerte der untersuchten Zungenblüten der Sonnenblumensorten. Unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach den Tukey-Test bei einem Stichprobenumfang von  $N = 60$ ).

Sorte	L-Farbwert [rel. Einheiten]	a-Farbwert [rel. Einheiten]	b-Farbwert [rel. Einheiten]
Buttercream	83,07 ± 3,55 a	-9,23 ± 2,84 e	48,71 ± 5,75 e
Vanilla Ice	80,86 ± 4,47 ab	-9,48 ± 4,70 e	55,98 ± 14,37 de
Herbstschönheit	77,34 ± 2,60 bc	1,51 ± 2,80 d	100,75 ± 11,25 ab
Goldener Neger	78,00 ± 2,69 b	0,21 ± 2,55 d	101,12 ± 11,39 a
Sunrich Orange	72,89 ± 4,00 cd	5,63 ± 3,38 c	96,10 ± 11,84 ab
Sonnengold	71,49 ± 5,82 d	6,79 ± 4,48 c	93,03 ± 15,91 b
Soraya	70,88 ± 2,53 d	13,11 ± 2,72 b	95,80 ± 11,84 ab
Abendsonne	48,10 ± 18,06 f	10,60 ± 11,44 b	58,79 ± 20,76 cd
Ring of Fire	55,18 ± 9,27 e	5,49 ± 5,44 c	64,99 ± 14,74 c
Chocolat	29,17 ± 13,77 g	17,68 ± 9,48 a	28,29 ± 11,48 f

#### 4.2. Trockenmasse

Die Trockenmasse der Blüten wurde zwischen den Sorten verglichen. Dieser Vergleich sollte als Maß für den Ertrag dienen.

Die ANOVA zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Sorten bezüglich Trockenmasse [Tab. 4]. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane (Varianzhomogenität liegt nicht vor) zeigen signifikante Unterschiede zwischen mehreren Sorten, welche in der Tabelle durch Buchstaben dargestellt sind. Die Sorten 'Buttercream', 'Herbstschönheit' und 'Sonnengold' weisen signifikante Unterschiede gegenüber den anderen Sorten auf. Die Sorte 'Buttercream' hat um 1,81 bis 4,05 % weniger Trockenmasse als die Sorten 'Vanilla Ice', 'Herbstschönheit', 'Goldene Neger', 'Sonnengold' und 'Chocolat'. Die Sorte 'Herbstschönheit' hat eine höhere Trockenmasse (2,36 %) als die Sorte 'Ring of Fire'. 'Sonnengold' weist die höchste Trockenmasse auf ( $18,74 \pm 1,54$  %).

Der Boxplot [Abb. 36] zeigt, dass die Sorten 'Sonnengold', 'Soraya' und 'Abendsonne' relativ große Boxen im Vergleich zu den übrigen Boxen aufweisen. Dies bedeutet, dass die gemessenen Trockenmassen innerhalb dieser drei Sorten variabel, also nicht stetig, waren, wohingegen die Trockenmassen der übrigen Sorten jeweils innerhalb jeder einzelnen Sorte stetig waren.

Tabelle 4: Trockenmasse der untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Trockenmasse in %
Buttercream (N = 15)	14,69 ± 0,50 a
Vanilla Ice (N = 15)	16,92 ± 0,93 bc
Herbstschönheit (N = 15)	17,86 ± 0,59 c
Goldener Neger (N = 15)	16,50 ± 0,61 abc
Sunrich Orange (N = 10)	16,13 ± 0,74 abc
Sonnengold (N = 15)	18,74 ± 1,54 d
Soraya (N = 15)	16,00 ± 1,79 abc
Abendsonne (N = 15)	16,89 ± 1,89 bc
Ring of Fire (N = 15)	15,50 ± 0,96 ab
Chocolat (N = 15)	17,00 ± 0,46 bc
Gesamtgehalt (N = 145)	16,63 ± 1,52

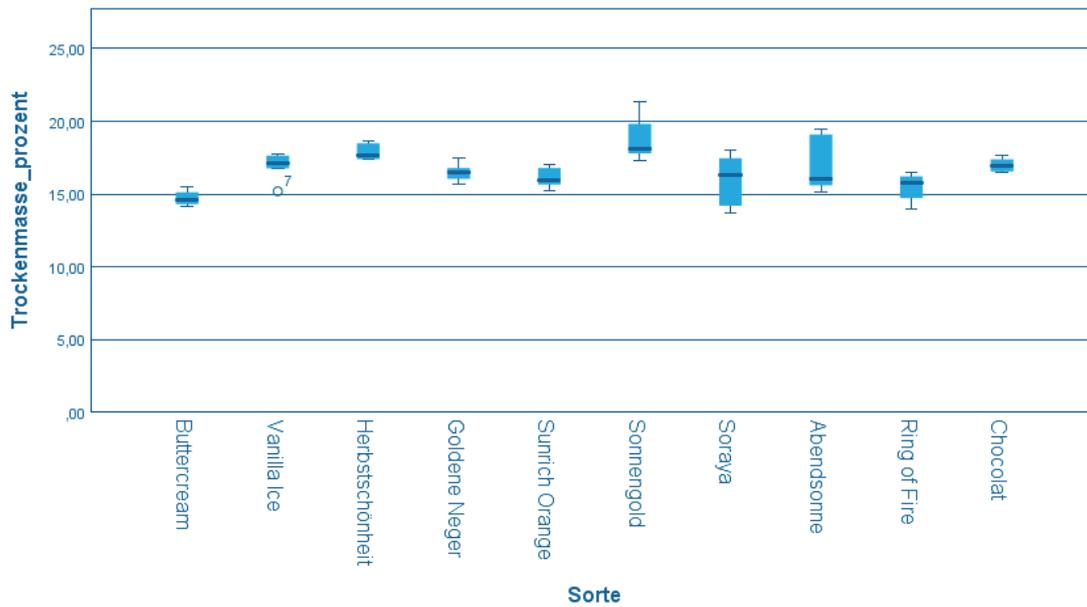


Abbildung 36: Boxplot zur Trockenmasse der Sonnenblumensorten (in Prozent)

### 4.3. Chlorophyll a

#### Sorten im Vergleich:

Es war keine Varianzhomogenität gegeben. Die ANOVA zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Sorten hinsichtlich ihres Chlorophyll a-Gehaltes [Tab. 5]. Diese Unterschiede wurden mit den Post-Hoc-Tests geprüft und in Tabelle 5 durch Buchstaben gekennzeichnet. Die Sorte 'Vanilla Ice' hat signifikant höhere Werte als die übrigen Sorten. 'Goldener Neger', 'Sunrich Orange' und 'Soraya' haben höhere Werte als 'Buttercream', 'Herbstschönheit', 'Sonnengold', 'Abendsonne', 'Ring of Fire' und 'Chocolat'. Der Boxplot [Abb. 37] zeigt, dass die Streubreite der Ergebnisse bei 'Buttercream' hoch ist, und dass die Streubreite der Ergebnisse bei 'Vanilla Ice' besonders hoch ist. Beide Sorten haben keine stetigen Werte.

Tabelle 5: Gehalt an Chlorophyll a der untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Chlorophyll a in $\text{mg kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	$3,32 \pm 5,55$ a
Vanilla Ice (N = 15)	$21,21 \pm 20,76$ b
Herbstschönheit (N = 15)	$0,00 \pm 0,00$ a
Goldener Neger (N = 15)	$5,06 \pm 16,62$ ab
Sunrich Orange (N = 10)	$5,50 \pm 13,29$ ab
Sonnengold (N = 15)	$2,64 \pm 10,22$ a
Soraya (N = 15)	$9,24 \pm 26,18$ ab
Abendsonne (N = 15)	$3,02 \pm 13,85$ a
Ring of Fire (N = 15)	$0,40 \pm 1,53$ a
Chocolat (N = 15)	$2,86 \pm 8,20$ a
Gesamtgehalt (N = 145)	$5,32 \pm 14,86$

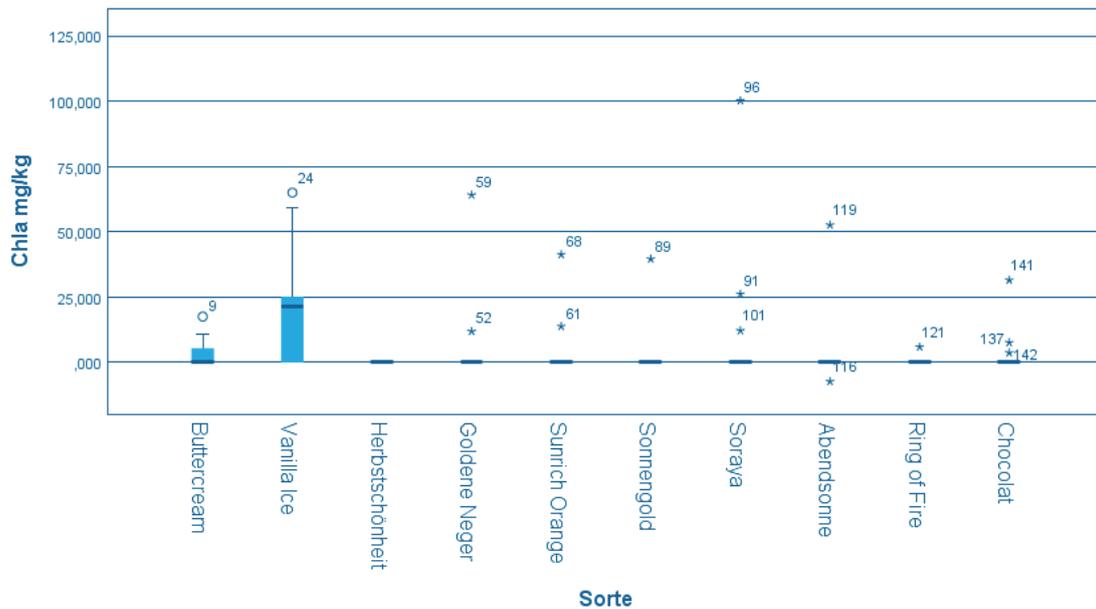


Abbildung 37: Boxplot zu Chlorophyll a der Sonnenblumensorten in  $\text{mg kg}^{-1}$

#### Verarbeitung im Vergleich:

Eine Varianzhomogenität ist nicht gegeben. Zwischen den fünf Verarbeitungen (Frischmasse, gefriergetrocknet ganz, gefriergetrocknet vermahlen, Trockenschrank ganz, Trockenschrank vermahlen) besteht hinsichtlich Chlorophyll a-Gehalt kein signifikanter Unterschied [Tab. 6]. Der Boxplot [Abb. 38] zeigt, dass die Werte innerhalb der Verarbeitungen Frischmasse und Trockenschrank vermahlen nicht stetig sind. Es sind ausserdem viele „Ausreißer“ in allen Verarbeitungen zu sehen, also Werte, die weit über die Box hinausragen und somit über dem Bereich der mittleren 50% der Daten liegen.

Tabelle 6: Gehalt an Chlorophyll a nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Chlorophyll a in $\text{mg kg}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$4,45 \pm 8,13$ a
gefriergetrocknet ganz	$5,20 \pm 19,47$ a
gefriergetrocknet vermahlen	$7,24 \pm 16,08$ a
Trockenschrank ganz	$0,17 \pm 2,68$ a
Trockenschrank vermahlen	$9,54 \pm 19,33$ a

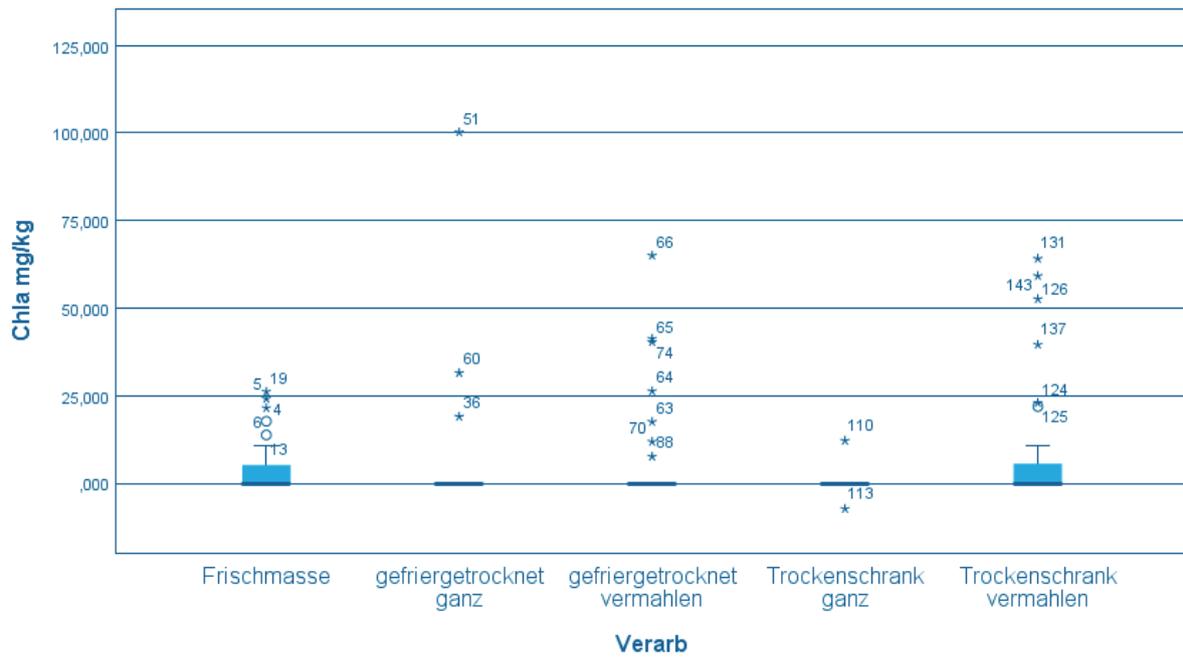


Abbildung 38: Boxplot zu Chlorophyll a in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.4. Chlorophyll b

*Sorten im Vergleich:*

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestehen hinsichtlich Chlorophyll b keine signifikanten Unterschiede [Tab. 7]. Der Boxplot [Abb. 39] zeigt eine hohe Streubreite der Werte der Sorte 'Vanilla Ice'.

Tabelle 7: Gehalt an Chlorophyll b der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Chlorophyll b in $\text{mg kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	$3,34 \pm 7,30$ a
Vanilla Ice (N = 15)	$24,67 \pm 33,79$ a
Herbstschönheit (N = 15)	$0,00 \pm 0,00$ a
Goldener Neger (N = 15)	$6,97 \pm 26,38$ a
Sunrich Orange (N = 10)	$6,42 \pm 18,25$ a
Sonnengold (N = 15)	$2,36 \pm 9,14$ a
Soraya (N = 15)	$16,26 \pm 49,24$ a
Abendsonne (N = 15)	$9,80 \pm 31,28$ a
Ring of Fire (N = 15)	$0,08 \pm 0,30$ a
Chocolat (N = 15)	$0,79 \pm 5,52$ a
Gesamtgehalt (N = 145)	$7,09 \pm 24,63$

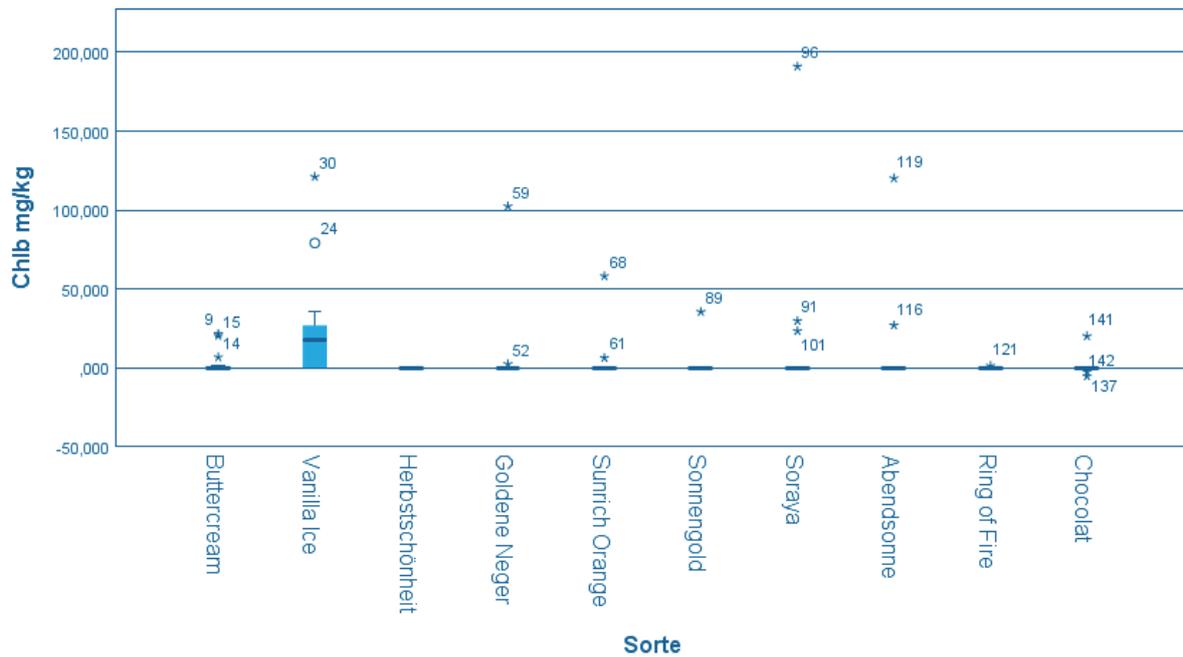


Abbildung 39: Boxplot zu Chlorophyll b der Sonnenblumensorten in mg kg<sup>-1</sup>

*Verarbeitung im Vergleich:*

Varianzhomogenität ist nicht gegeben. Die Verarbeitung hat keinen Einfluss auf den Gehalt an Chlorophyll b [Tab. 8]. Im Boxplot [Abb. 40] sind auch hier viele „Ausreißer“ zu sehen, besonders bei den Verarbeitungen gefriergetrocknet vermahlen und Trockenschrank vermahlen. Die Werte waren in diesen zwei Verarbeitungen nicht stetig.

Tabelle 8: Gehalt an Chlorophyll b nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang N = 29).

Verarbeitung	Chlorophyll b in mg kg <sup>-1</sup> FM bzw. TM
Frischmasse	3,13 ± 7,65 a
gefriergetrocknet ganz	7,55 ± 35,51 a
gefriergetrocknet vermahlen	7,76 ± 19,64 a
Trockenschrank ganz	1,73 ± 6,48 a
Trockenschrank vermahlen	15,29 ± 35,45 a

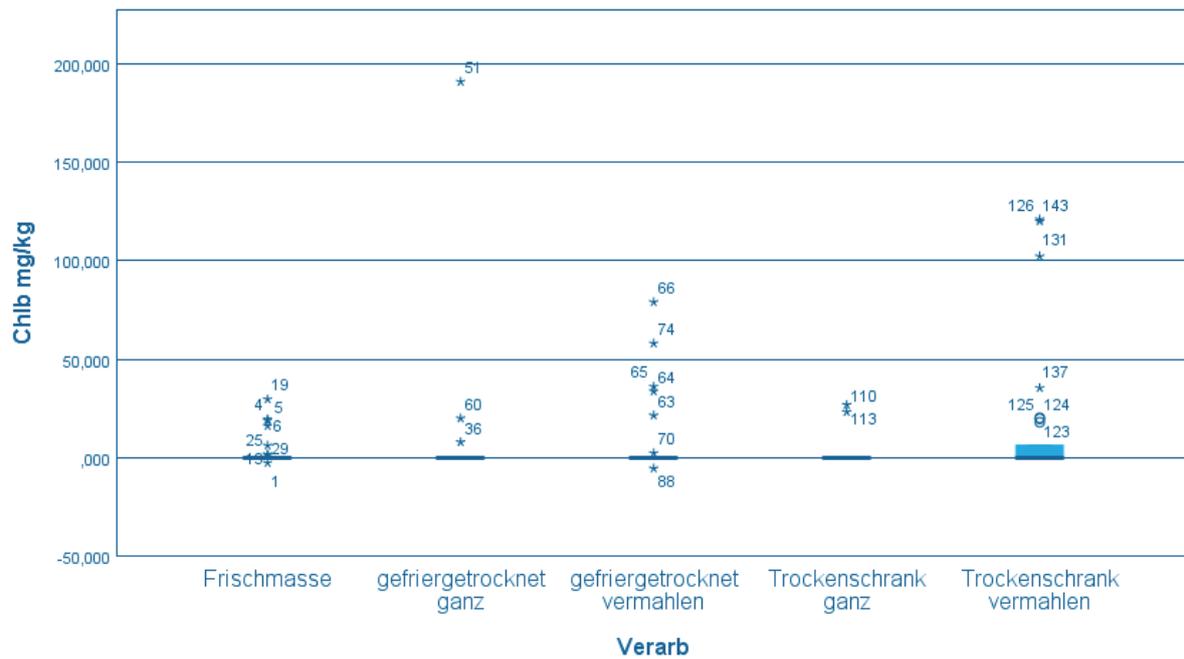


Abbildung 40: Boxplot zu Chlorophyll b in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.5. Gesamtchlorophyll

*Sorten im Vergleich:*

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestehen hinsichtlich des Gesamtchlorophylls keine signifikanten Unterschiede [Tab. 9]. 'Vanilla Ice' weist eine etwas größere Streubreite der Werte auf als die übrigen Sorten [Abb. 41].

Tabelle 9: Gehalt an Gesamtchlorophyll der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Gesamtchlorophyll in $\text{mg kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	13,33 $\pm$ 24,62 a
Vanilla Ice (N = 15)	91,75 $\pm$ 106,79 a
Herbstschönheit (N = 15)	0,00 $\pm$ 0,00 a
Goldener Neger (N = 15)	120,40 $\pm$ 428,62 a
Sunrich Orange (N = 10)	119,31 $\pm$ 313,46 a
Sonnengold (N = 15)	49,98 $\pm$ 193,57 a
Soraya (N = 15)	254,98 $\pm$ 753,30 a
Abendsonne (N = 15)	128,17 $\pm$ 445,13 a
Ring of Fire (N = 15)	4,72 $\pm$ 18,28 a
Chocolat (N = 15)	36,48 $\pm$ 132,53 a
Gesamtgehalt (N = 145)	80,62 $\pm$ 332,75

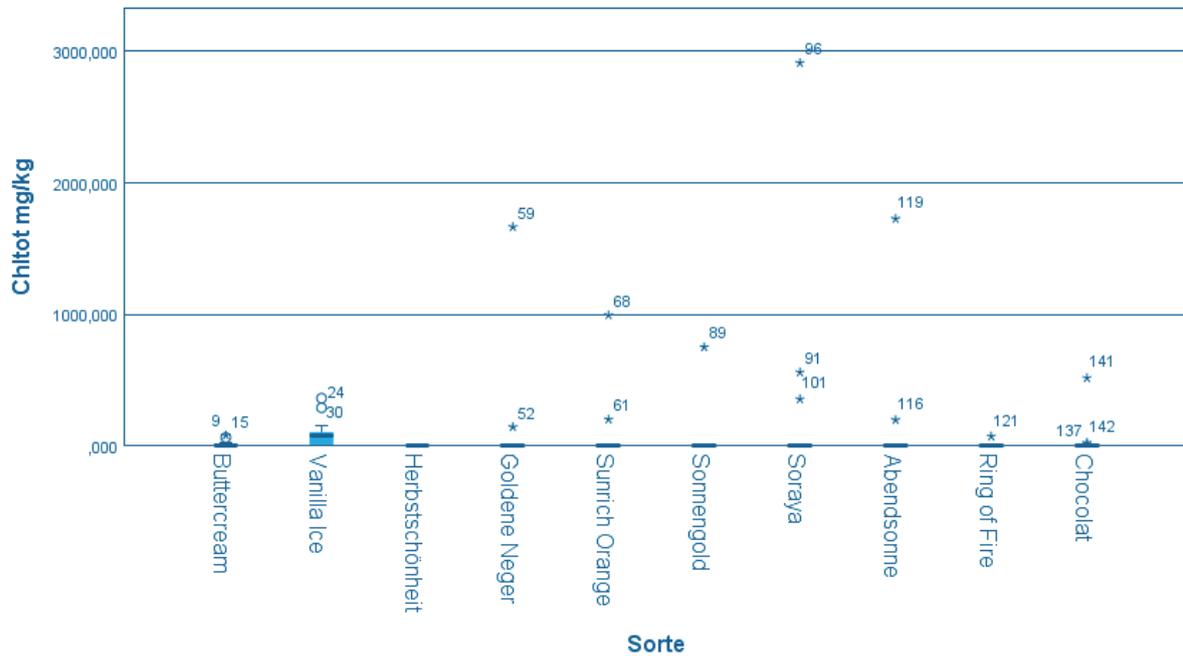


Abbildung 41: Boxplot zu Gesamtchlorophyll der Sonnenblumensorten in mg kg<sup>-1</sup>

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die Verarbeitung hat keinen Einfluss auf den Gehalt an Gesamtchlorophyll [Tab. 10]. Abgesehen von wenigen „Ausreißern“ sind die Werte stetig [Abb. 42].

Tabelle 10: Gehalt an Gesamtchlorophyll nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Gesamtchlorophyll in mg kg <sup>-1</sup> FM bzw. TM
Frischmasse	38,29 ± 109,06
gefriergetrocknet ganz	120,05 ± 545,54
gefriergetrocknet vermahlen	61,93 ± 191,15
Trockenschrank ganz	18,96 ± 74,00
Trockenschrank vermahlen	163,88 ± 450,50

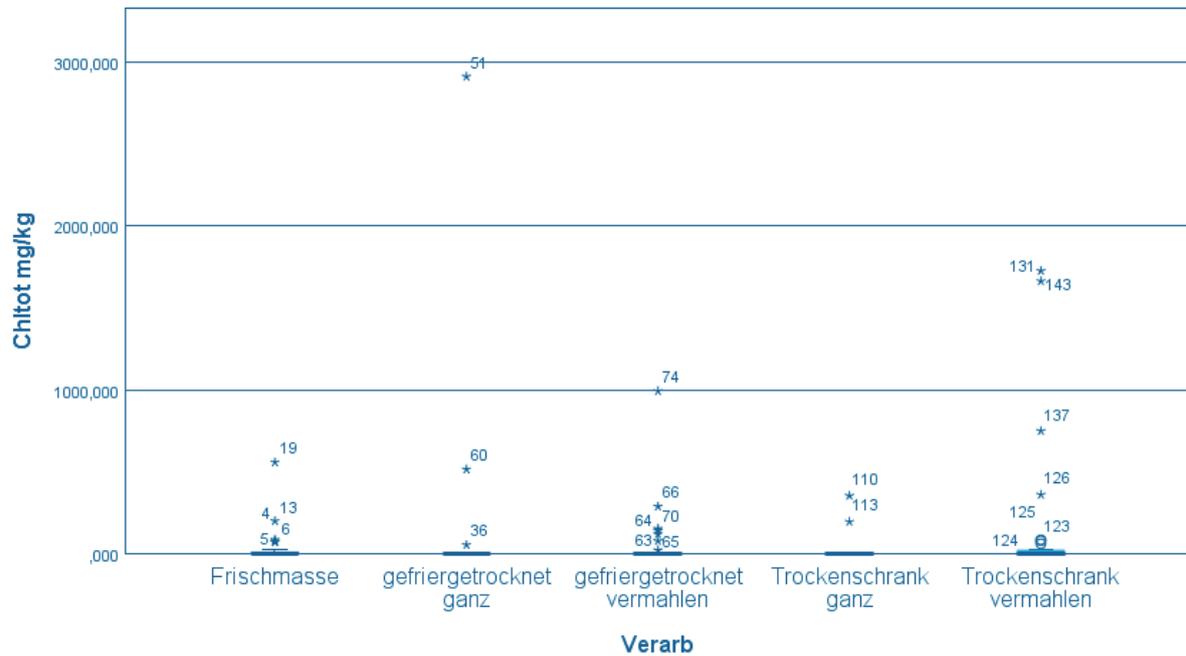


Abbildung 42: Boxplot zu Gesamtchlorophyll in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.6. Carotinoide

##### Sorten im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich dem Gehalt an Carotinoiden signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigten signifikante Unterschiede der Sorten 'Buttercream', 'Vanilla Ice' und 'Herbstschönheit' [Tab. 11]. 'Buttercream' und 'Vanilla Ice' wiesen niedrige Konzentrationen an Carotinoiden auf, wobei die Sorte 'Buttercream' die niedrigsten Konzentrationen aller Sorten hatte. Die höchsten Konzentrationen an Carotinoiden wurden in der Sorte 'Herbstschönheit' gemessen. Die Werte der Konzentrationen sind in 'Buttercream' und 'Vanilla Ice' stetig, in allen anderen Sorten ist die Streubreite der Werte groß, sie weichen stark vom Mittel ab [Abb. 43].

Tabelle 11: Gehalt an Carotinoiden der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Carotinoide in $\text{g kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	18,72 $\pm$ 13,06 a
Vanilla Ice (N = 15)	52,37 $\pm$ 57,65 ab
Herbstschönheit (N = 15)	145,77 $\pm$ 95,71 c
Goldener Neger (N = 15)	122,28 $\pm$ 83,26 bc
Sunrich Orange (N = 10)	106,75 $\pm$ 84,80 abc
Sonnengold (N = 15)	74,50 $\pm$ 48,30 abc
Soraya (N = 15)	137,64 $\pm$ 95,64 bc
Abendsonne (N = 15)	100,85 $\pm$ 58,90 abc
Ring of Fire (N = 15)	122,91 $\pm$ 95,97 bc
Chocolat (N = 15)	110,33 $\pm$ 73,09 bc
Gesamtgehalt (N = 145)	98,95 $\pm$ 81,85

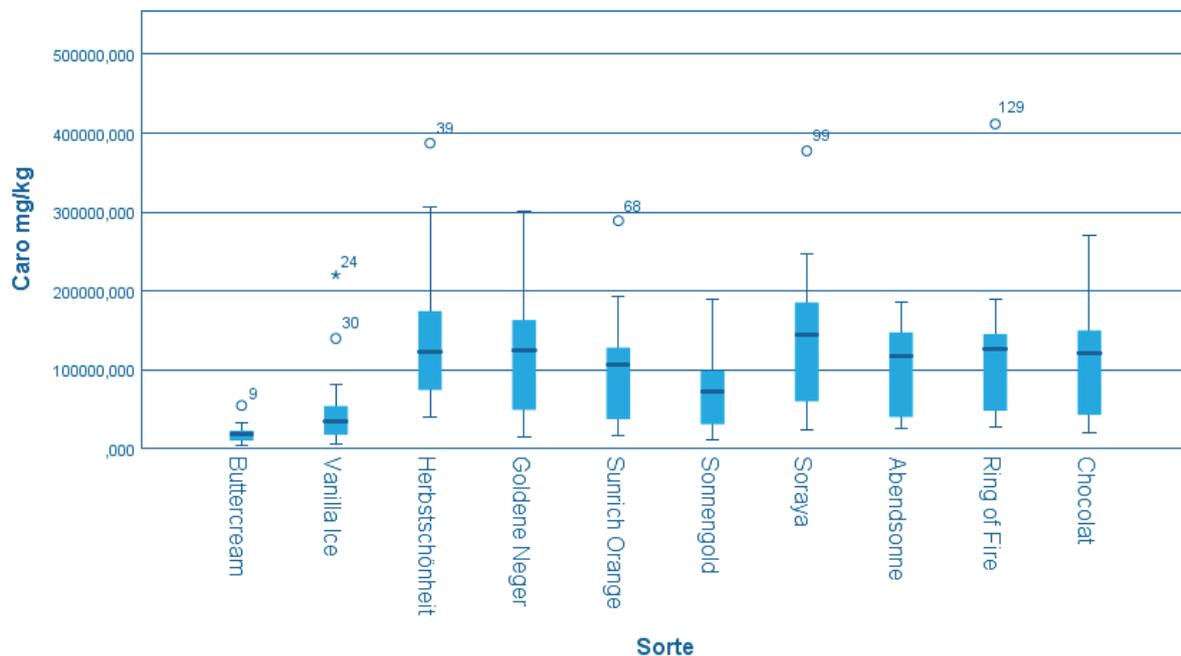


Abbildung 43: Boxplot zu den Carotinoiden der Sonnenblumensorten in  $\text{mg kg}^{-1}$

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich dem Gehalt an Carotinoiden signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigen signifikante Unterschiede: Die Verarbeitungen gefriergetrocknet ganz und Trockenschrank ganz enthalten weniger Carotinoide als Blüten der übrigen Verarbeitungen (Frischmasse, gefriergetrocknet vermahlen, Trockenschrank vermahlen). Die Frischmassesowie Trockenschrank vermahlen bilden eine homogene Gruppe. Sie liegen mit ihrem Carotinoidgehalt im Mittelfeld aller Verarbeitungen. Die Verarbeitung gefriergetrocknet vermahlen erzielte die höchsten Gehalte an Carotinoiden [Tab. 12]. Ihre Werte hatten jedoch auch die größte Streubreite. Im Gegensatz dazu sind die Werte der Verarbeitung Trockenschrank ganz sehr einheitlich und stetig [Abb. 44].

Tabelle 12: Gehalt an Carotinoiden nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Carotinoide in $\text{mg kg}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$101,32 \pm 50,36$ b
gefriergetrocknet ganz	$53,57 \pm 45,17$ a
gefriergetrocknet vermahlen	$180,11 \pm 110,63$ c
Trockenschrank ganz	$32,78 \pm 18,03$ a
Trockenschrank vermahlen	$126,99 \pm 54,81$ b

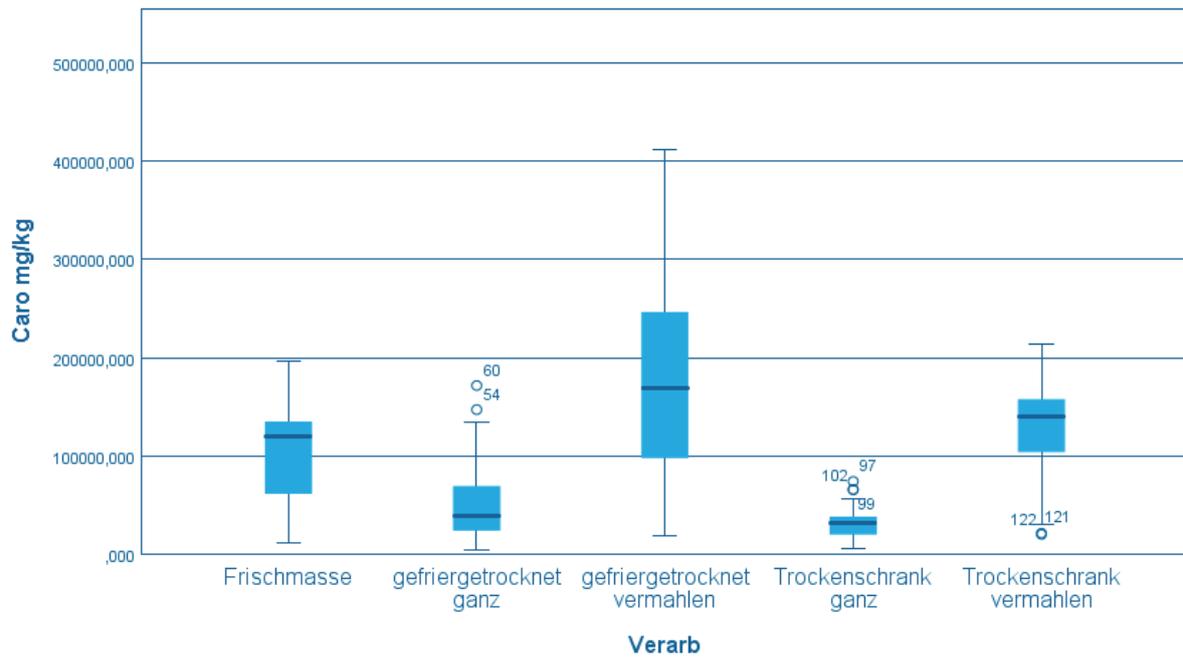


Abbildung 44: Boxplot zu den Carotinoiden in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.7. Flavonoide

##### Sorten im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestanden hinsichtlich Flavonoiden signifikante Unterschiede [Tab. 13]. Die Sorte 'Vanilla Ice' hob sich von den anderen Sorten durch ihren hohen Gehalt an Flavonoiden ab. Die niedrigsten Werte waren in den Sorten 'Sonnengold' und 'Ring of Fire' zu finden. Alle anderen Sorten lagen im mittleren Bereich. Die Ergebnisse der Untersuchung sind durchgehend variabel, wie der Boxplot zeigt [Abb. 45]. Jede Sorte hat eine große Streubreite in ihren Werten.

Tabelle 13: Gehalt an Flavonoiden der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Flavonoide in $\text{mg g}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	16,69 $\pm$ 16,12 ab
Vanilla Ice (N = 15)	43,39 $\pm$ 35,15 b
Herbstschönheit (N = 15)	27,12 $\pm$ 23,47 ab
Goldener Neger (N = 15)	27,36 $\pm$ 26,10 ab
Sunrich Orange (N = 10)	30,49 $\pm$ 33,77 ab
Sonnengold (N = 15)	15,99 $\pm$ 13,89 a
Soraya (N = 15)	23,09 $\pm$ 20,55 ab
Abendsonne (N = 15)	18,95 $\pm$ 16,67 ab
Ring of Fire (N = 15)	10,56 $\pm$ 10,55 a
Chocolat (N = 15)	21,67 $\pm$ 19,79 ab
Gesamtgehalt (N = 145)	23,29 $\pm$ 23,46

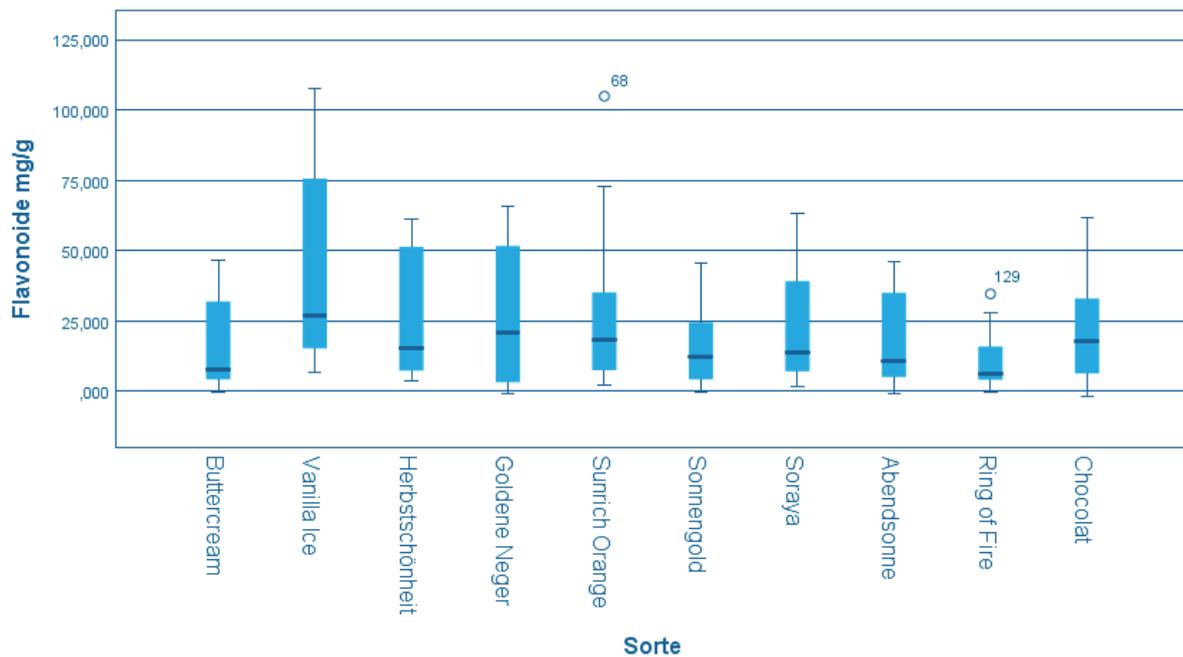


Abbildung 45: Boxplot zu den Flavonoiden der Sonnenblumensorten in  $\text{mg g}^{-1}$

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich Gehalt an Flavonoiden signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigen signifikante Unterschiede: Die getrockneten, vermahlene Blüten (gefriergetrocknet vermahlen, Trockenschrank vermahlen) haben höhere Gehalte an Flavonoiden als die übrigen Verarbeitungen (Frischmasse, gefriergetrocknet ganz, Trockenschrank ganz). Außerdem hat die Frischmasse höhere Flavonoidgehalte als die Verarbeitungen gefriergetrocknet ganz und Trockenschrank ganz [Tab. 14]. Die Werte haben in den Verarbeitungen gefriergetrocknet vermahlen und Trockenschrank vermahlen eine große Streubreite, in den übrigen Verarbeitungen sind sie konstant [Abb. 46].

Tabelle 14: Gehalt an Flavonoiden nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Flavonoide in $\text{mg g}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$15,05 \pm 6,71$ b
gefriergetrocknet ganz	$6,74 \pm 7,27$ ab
gefriergetrocknet vermahlen	$48,73 \pm 21,95$ c
Trockenschrank ganz	$4,15 \pm 5,35$ a
Trockenschrank vermahlen	$41,80 \pm 21,52$ c

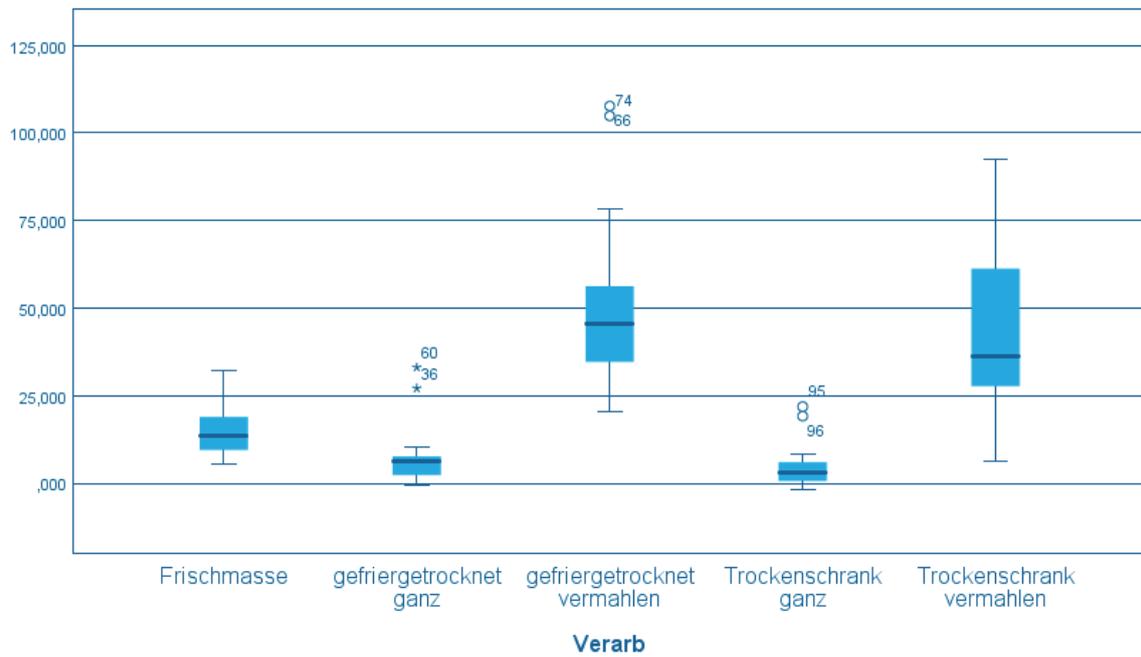


Abbildung 46: Boxplot der Flavonoide in mg g<sup>-1</sup> nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.8. Anthocyane

##### Sorten im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestanden hinsichtlich Anthocyane keine signifikanten Unterschiede [Tab. 15]. Auch in der Streubreite der Werte gibt es keine Unterschiede, sie sind alle stetig. Lediglich die Sorte Chocolat hat zwei „Ausreißer“, wovon einer einen extrem hohen Wert aufweist [Abb. 47].

Tabelle 15: Gehalt an Anthocyanen der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Anthocyane in mg kg <sup>-1</sup> FM
Buttercream (N = 15)	6,90 ± 13,86 a
Vanilla Ice (N = 15)	8,79 ± 11,99 a
Herbstschönheit (N = 15)	11,54 ± 17,34 a
Goldenen Neger (N = 15)	12,43 ± 14,20 a
Sunrich Orange (N = 10)	10,37 ± 17,84 a
Sonnengold (N = 15)	11,54 ± 22,00 a
Soraya (N = 15)	3,00 ± 6,55 a
Abendsonne (N = 15)	13,70 ± 23,47 a
Ring of Fire (N = 15)	10,79 ± 16,55 a
Chocolat (N = 15)	105,45 ± 286,81 a
Gesamtgehalt (N = 145)	19,76 ± 95,35

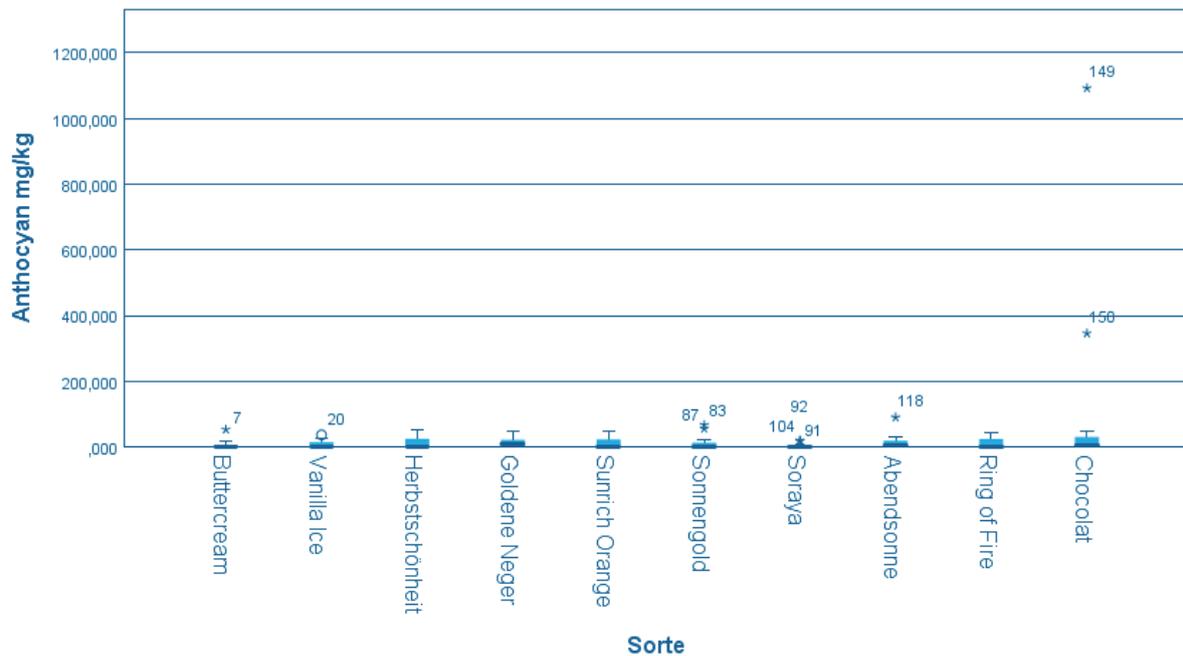


Abbildung 47: Anthocyane der Sonnenblumensorten in mg/kg

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die Verarbeitung hatte keinen Einfluss auf den Anthocyan-gehalt [Tab. 16, Abb. 48].

Tabelle 16: Gehalt an Anthocyanen nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tanhame-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Anthocyane in $\text{mg kg}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$18,39 \pm 13,65$ a
gefriergetrocknet ganz	$3,74 \pm 9,11$ a
gefriergetrocknet vermahlen	$8,17 \pm 17,12$ a
Trockenschrank ganz	$6,07 \pm 15,15$ a
Trockenschrank vermahlen	$62,45 \pm 208,52$ a

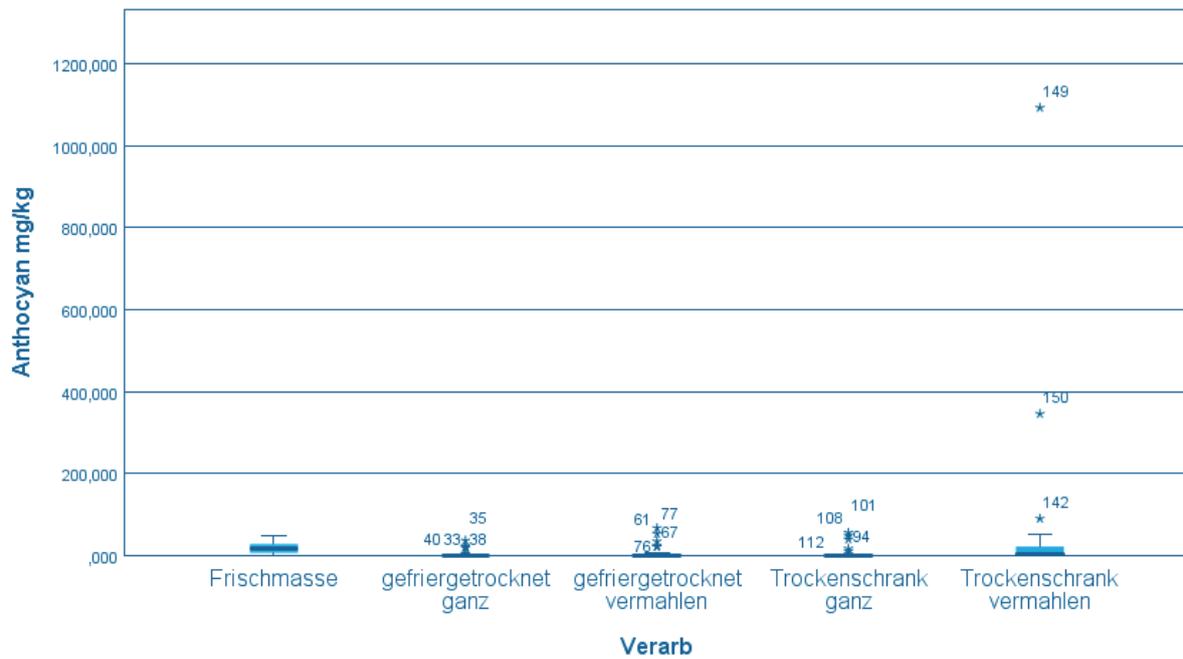


Abbildung 48: Anthocyane in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.9. Reduzierende Zucker

*Sorten im Vergleich:*

Varianzhomogenität war gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestanden hinsichtlich reduzierender Zucker keine signifikanten Unterschiede [Tab. 17]. Die Streubreite der Werte ist bei allen Sorten ähnlich. 'Abendsonne' hatte die stetigsten Werte aller Sorten [Abb. 49].

Tabelle 17: Gehalt an reduzierenden Zuckern der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tukey-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	reduzierende Zucker in $\text{g kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	377,00 $\pm$ 180,21 a
Vanilla Ice (N = 15)	448,21 $\pm$ 199,52 a
Herbstschönheit (N = 15)	464,16 $\pm$ 278,52 a
Goldener Neger (N = 15)	544,55 $\pm$ 313,10 a
Sunrich Orange (N = 10)	436,83 $\pm$ 281,72 a
Sonnengold (N = 15)	314,70 $\pm$ 157,60 a
Soraya (N = 15)	573,05 $\pm$ 610,04 a
Abendsonne (N = 15)	656,11 $\pm$ 557,56 a
Ring of Fire (N = 15)	532,70 $\pm$ 298,54 a
Chocolat (N = 15)	417,45 $\pm$ 236,37 a
Gesamtgehalt (N = 145)	477,84 $\pm$ 348,49

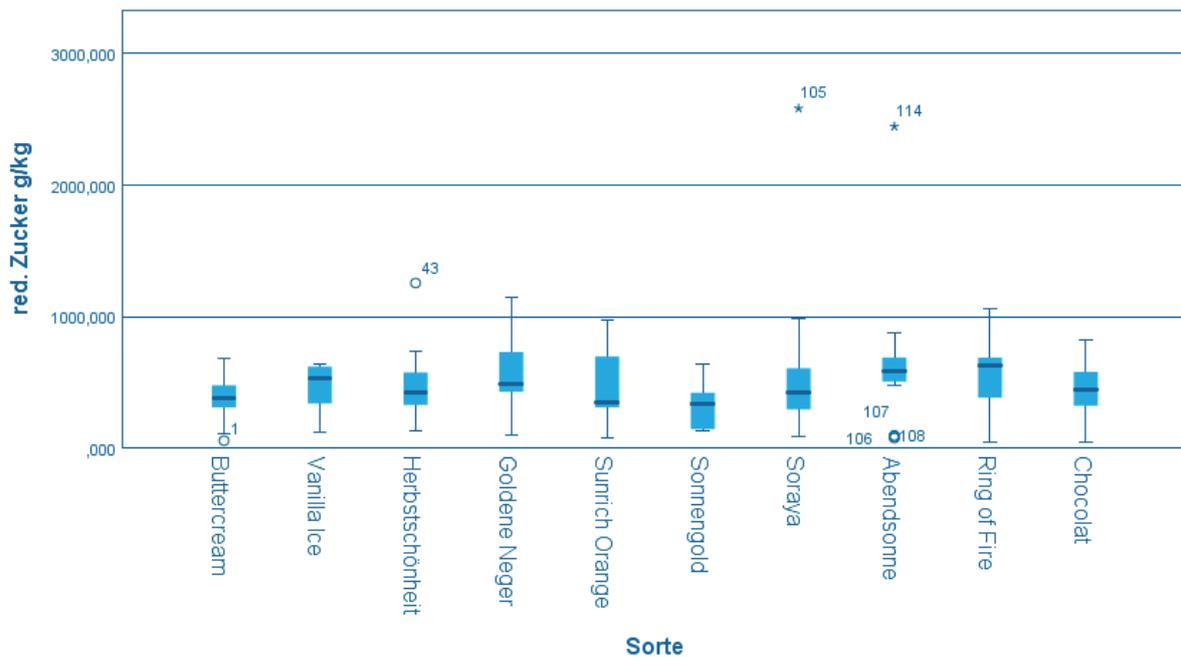


Abbildung 49: Boxplot zu den reduzierenden Zuckern der Sonnenblumensorten in  $\text{g kg}^{-1}$

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich reduzierender Zucker signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigten signifikante Unterschiede: Die Frischmasse unterschied sich zu den übrigen Verarbeitungen signifikant [Tab. 18]. Reduzierende Zucker waren in der Frischmasse geringer vorhanden als in den übrigen Verarbeitungen. Die Werte der Frischmasse waren sehr konstant. In den Verarbeitungen gefriergetrocknet vermahlen und Trockenschrank vermahlen streuten die Werte sehr breit [Abb. 50].

Tabelle 18: Gehalt an reduzierenden Zuckern nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	reduzierende Zucker in $\text{g kg}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$99,92 \pm 34,56$ a
gefriergetrocknet ganz	$472,39 \pm 121,40$ b
gefriergetrocknet vermahlen	$671,56 \pm 408,51$ b
Trockenschrank ganz	$482,75 \pm 129,47$ b
Trockenschrank vermahlen	$662,61 \pm 450,34$ b

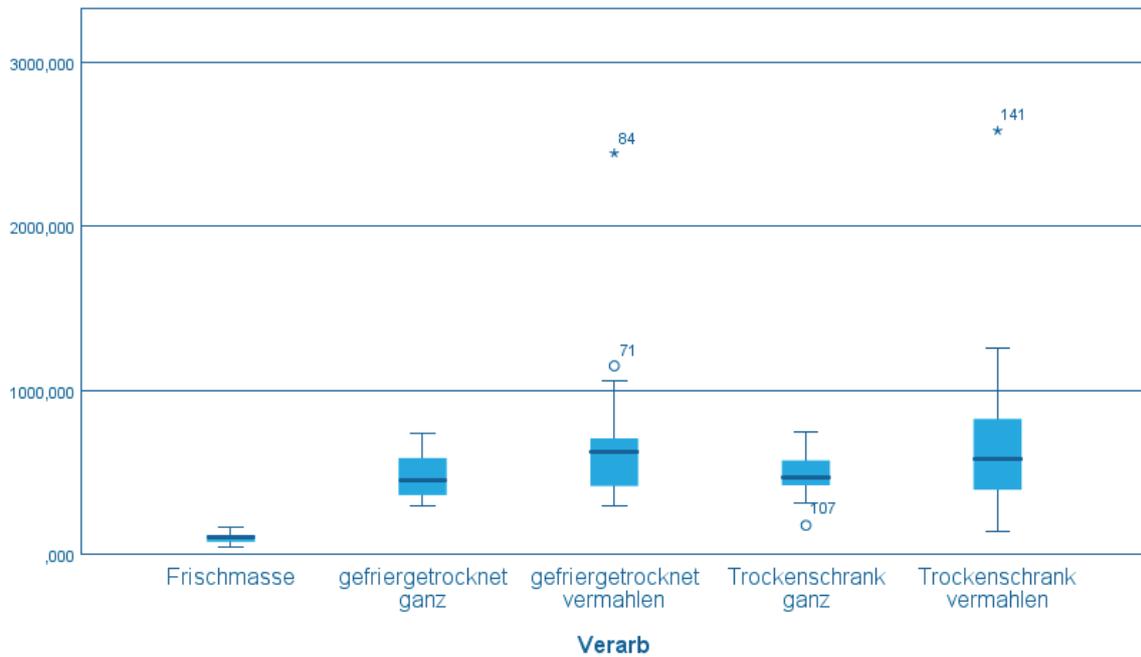


Abbildung 50: Boxplot zu den reduzierenden Zuckern in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.10. Gesamtzucker

*Sorten im Vergleich:*

Varianzhomogenität war gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestanden hinsichtlich Gesamtzucker keine signifikanten Unterschiede [Tab. 19, Abb. 51].

Tabelle 19: Gehalt an Gesamtzucker der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tukey-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Gesamtzucker in g kg <sup>-1</sup> FM
Buttercream (N = 15)	81,00 ± 37,83 a
Vanilla Ice (N = 15)	63,92 ± 28,87 a
Herbstschönheit (N = 15)	99,77 ± 44,67 a
Goldener Neger (N = 15)	77,24 ± 32,20 a
Sunrich Orange (N = 10)	78,96 ± 37,91 a
Sonnengold (N = 15)	70,14 ± 32,51 a
Soraya (N = 15)	74,31 ± 47,47 a
Abendsonne (N = 15)	104,45 ± 59,24 a
Ring of Fire (N = 15)	85,42 ± 42,35 a
Chocolat (N = 15)	65,41 ± 33,60 a
Gesamtgehalt (N = 145)	80,10 ± 41,49

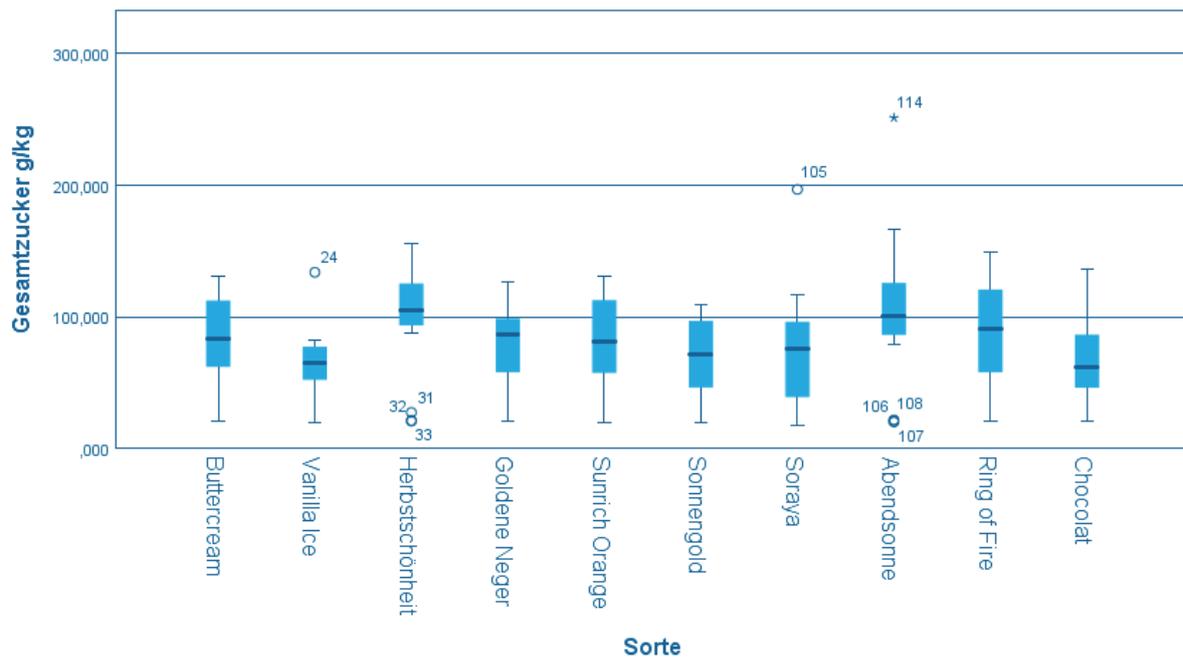


Abbildung 51: Boxplot zu Gesamtzucker der Sonnenblumensorten in  $\text{g kg}^{-1}$

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich Gesamtzucker signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigten signifikante Unterschiede [Tab. 20]. Die Frischmasse unterschied sich zu den übrigen Verarbeitungen signifikant. Gesamtzucker waren in der Frischmasse geringer vorhanden als in den übrigen Verarbeitungen. Darüber hinaus enthielten gefriergetrocknete, vermahlene Blüten mehr Gesamtzucker als Blüten der übrigen Verarbeitungsarten. Der Boxplot zeigt, dass die Werte der Frischmasse sehr konstant sind, in den übrigen Verarbeitungen weisen sie jedoch eine gewisse Streubreite auf [Abb. 52].

Tabelle 20: Gehalt an Gesamtzuckern nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung und Stichprobenumfang	Gesamtzucker in $\text{g kg}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$22,01 \pm 3,44$ a
gefriergetrocknet ganz	$77,49 \pm 21,59$ b
gefriergetrocknet vermahlen	$117,44 \pm 35,92$ c
Trockenschrank ganz	$86,88 \pm 21,73$ b
Trockenschrank vermahlen	$96,68 \pm 36,52$ b

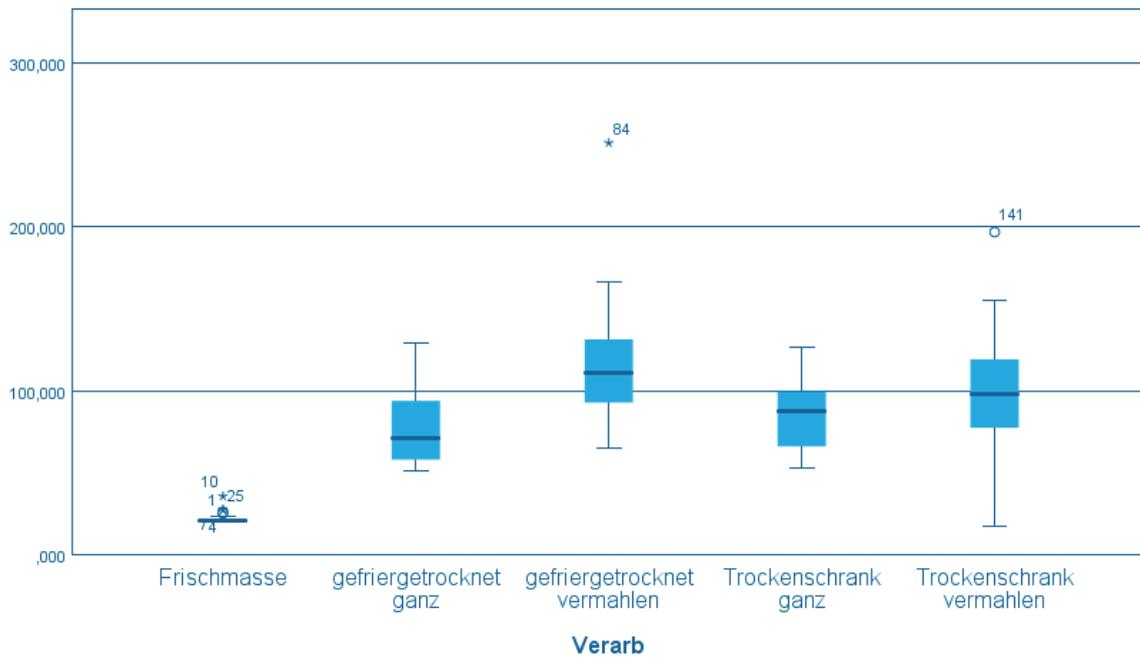


Abbildung 52: Boxplot zu Gesamtzucker in mg kg<sup>-1</sup> nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.11. Gesamtphenole

*Sorten im Vergleich:*

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestehen hinsichtlich der Gesamtphenole keine signifikanten Unterschiede [Tab. 21]. Die Werte der Sorte Goldener Neger sind sehr breit gestreut, alle anderen Sorten haben stetige Werte [Abb. 53].

Tabelle 21: Gehalt an Gesamtphenolen der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Gesamtphenole in $\text{g kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	$8,71 \pm 15,71$ a
Vanilla Ice (N = 15)	$8,18 \pm 11,93$ a
Herbstschönheit (N = 15)	$19,72 \pm 41,72$ a
Goldener Neger (N = 15)	$20,70 \pm 28,65$ a
Sunrich Orange (N = 10)	$15,51 \pm 27,37$ a
Sonnengold (N = 15)	$7,79 \pm 9,53$ a
Soraya (N = 15)	$9,10 \pm 17,07$ a
Abendsonne (N = 15)	$7,31 \pm 13,78$ a
Ring of Fire (N = 15)	$8,72 \pm 16,34$ a
Chocolat (N = 15)	$16,93 \pm 26,33$ a
Gesamtgehalt (N = 145)	$12,16 \pm 22,56$

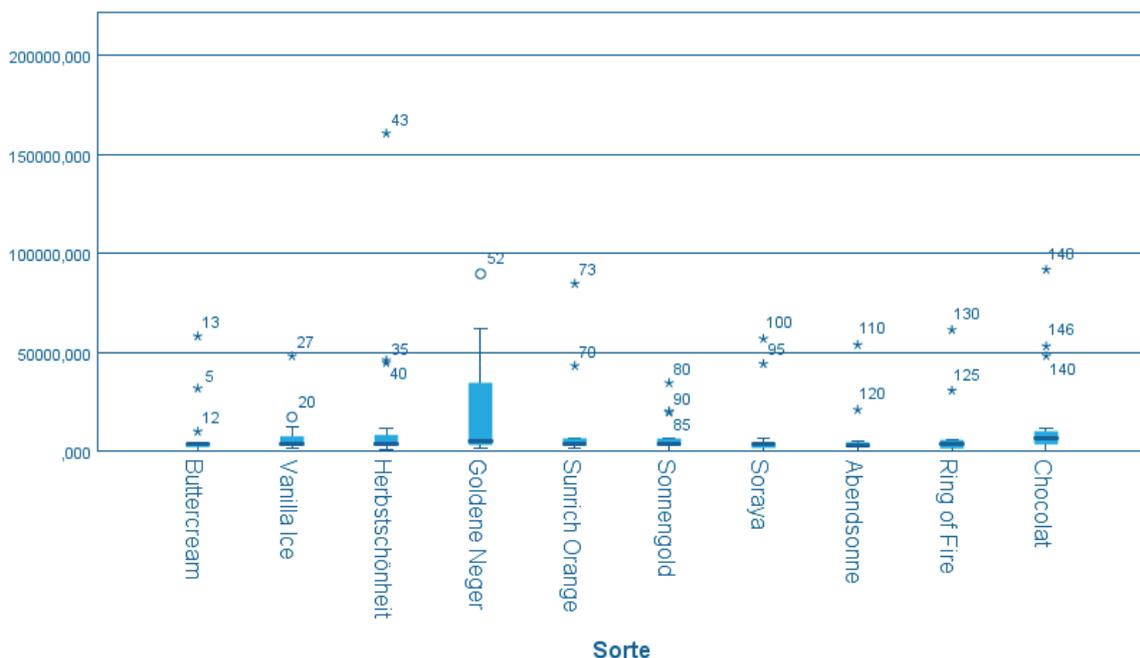


Abbildung 53: Boxplot zum Gesamtphenolgehalt der Sonnenblumensorten in  $\text{mg kg}^{-1}$

### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich Gesamtphenolen signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigten signifikante Unterschiede zwischen der Frischmasse und den übrigen Verarbeitungsarten, wobei die Frischmasse die niedrigsten Konzentrationen an Gesamtphenolen enthielt [Tab. 22]. Die Verarbeitung Trockenschrank vermahlen wies die höchsten Konzentrationen auf. Der Boxplot zeigt, dass die Werte der Verarbeitungen Frischmasse sowie gefriergetrocknet vermahlen sehr stetig sind. Die übrigen Verarbeitungen weisen eine gewisse Streubreite auf. Sehr unetstetige Werte zeigt die Verarbeitung gefriergetrocknet ganz [Abb. 54].

Tabelle 22: Gehalt an Gesamtphenolen nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Gesamtphenol in $\text{g kg}^{-1}$ FM bzw. TM
Frischmasse	$2,88 \pm 1,79$ a
gefriergetrocknet ganz	$15,44 \pm 18,83$ ab
gefriergetrocknet vermahlen	$6,22 \pm 16,18$ ab
Trockenschrank ganz	$15,66 \pm 21,21$ ab
Trockenschrank vermahlen	$20,59 \pm 36,39$ b

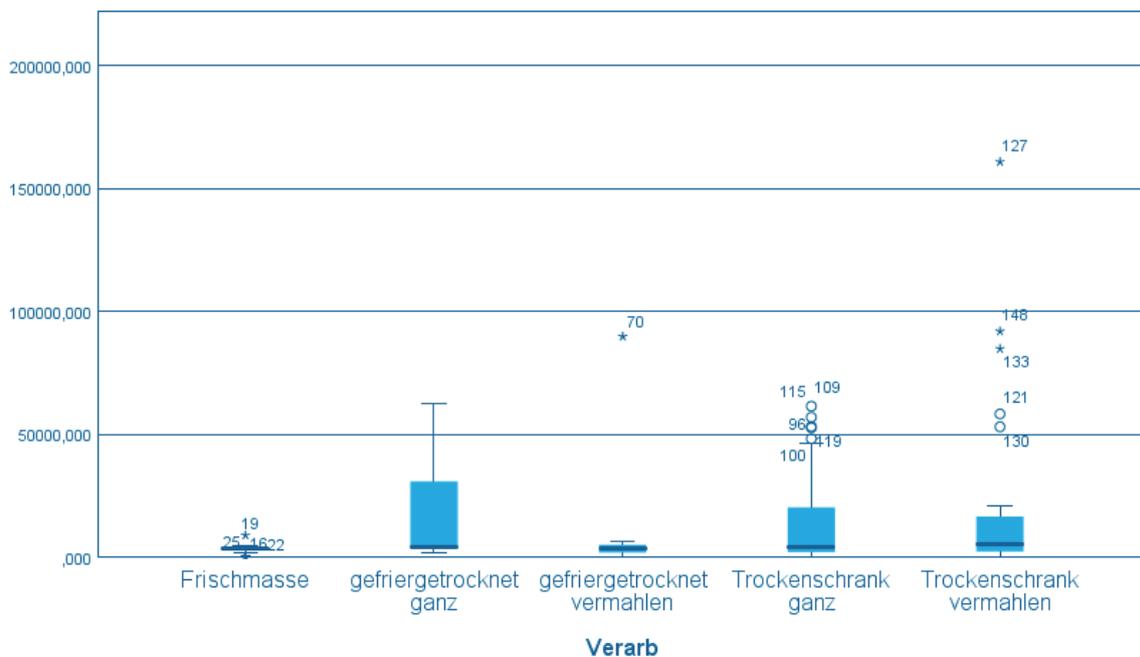


Abbildung 54: Boxplot zu den Gesamtphenolen in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.12. Nitrat

##### Sorten im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestanden hinsichtlich des Nitratgehalts signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Sorten [Tab. 23]. 'Herbstschönheit', 'Soraya' und 'Chocolat' unterschieden sich signifikant von den übrigen Sorten durch den geringen Gehalt an Nitrat. Den signifikant höchsten Wert wies die Sorte 'Sunrich Orange' auf. Der Boxplot zeigt eine große Streubreite der Werte aller Sorten [Abb. 55]. Die Sorten Herbstschönheit und Chocolat haben jedoch geringere Streubreiten als die übrigen Sorten.

Tabelle 23: Gehalt an Nitrat der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Nitrat in $\text{g kg}^{-1}$ FM
Buttercream (N = 15)	$2,93 \pm 1,53$ ab
Vanilla Ice (N = 15)	$2,73 \pm 1,64$ ab
Herbstschönheit (N = 15)	$1,52 \pm 1,21$ a
Goldenen Neger (N = 15)	$3,03 \pm 1,60$ ab
Sunrich Orange (N = 10)	$3,71 \pm 3,76$ b
Sonnengold (N = 15)	$1,70 \pm 0,85$ ab
Soraya (N = 15)	$1,58 \pm 1,18$ a
Abendsonne (N = 15)	$2,32 \pm 1,97$ ab
Ring of Fire (N = 15)	$2,22 \pm 1,59$ ab
Chocolat (N = 15)	$1,46 \pm 0,45$ a
Gesamtgehalt (N = 145)	$2,27 \pm 1,76$

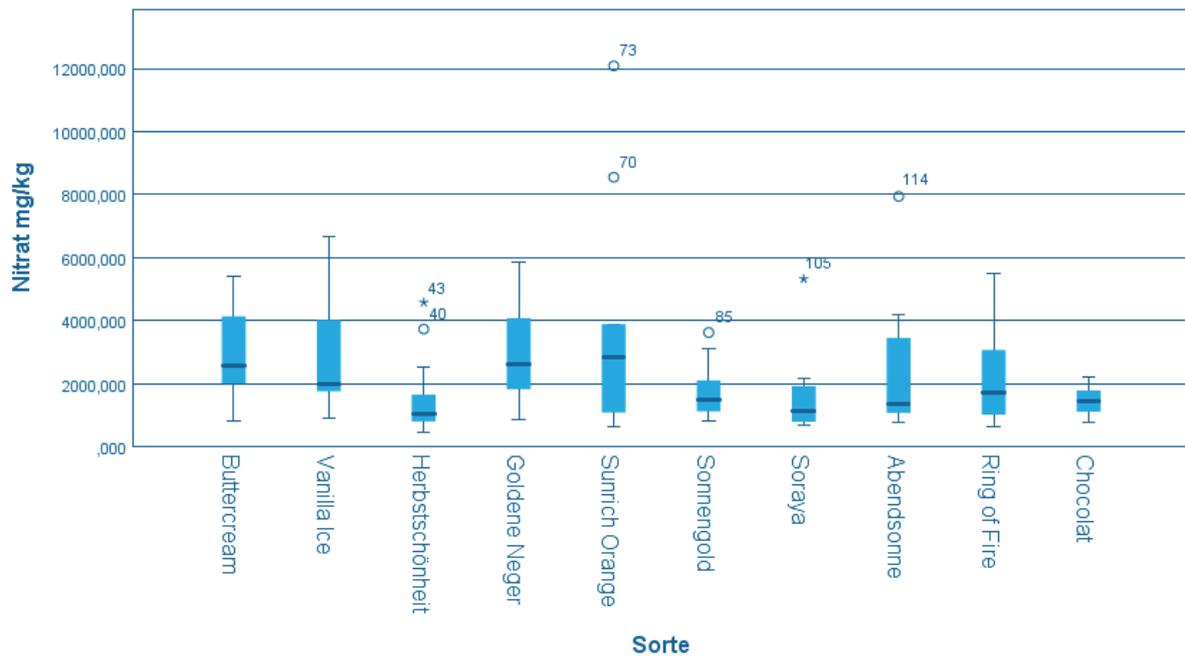


Abbildung 55: Boxplot zum Nitratgehalt der Sonnenblumensorten in mg kg<sup>-1</sup>

#### Verarbeitung im Vergleich:

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich Nitrat signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigten signifikante Unterschiede zwischen der Frischmasse und den übrigen Verarbeitungen, wobei die Nitratkonzentration in der Frischmasse niedriger war als in den übrigen Verarbeitungen [Tab. 24]. Die Werte waren nur in der Frischmasse stetig, in den übrigen Sorten streuten sie breit [Abb. 56].

Tabelle 24: Gehalt an Nitrat nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang N = 29).

Verarbeitung	Nitrat in g kg <sup>-1</sup> FM bzw. TM
Frischmasse	0,97 ± 0,37 a
gefriergetrocknet ganz	2,05 ± 1,25 ab
gefriergetrocknet vermahlen	2,62 ± 1,78 b
Trockenschrank ganz	2,67 ± 1,71 b
Trockenschrank vermahlen	3,05 ± 2,32 b

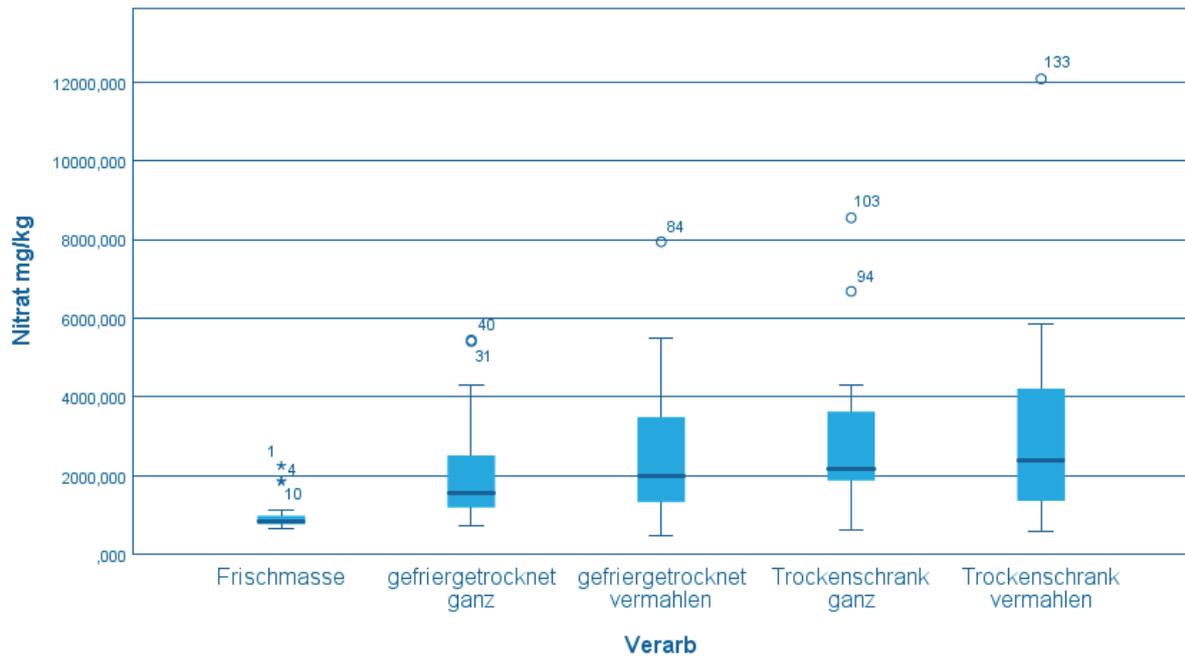


Abbildung 56: Boxplot zum Nitratgehalt in  $\text{mg kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen

#### 4.13. Antioxidative Kapazität

*Sorten im Vergleich:*

Varianzhomogenität war gegeben. Zwischen den einzelnen Sorten bestanden hinsichtlich antioxidativer Kapazität keine signifikanten Unterschiede [Tab. 25]. Die Werte sind in allen Sorten unstetig [Abb. 57].

Tabelle 25: Antioxidative Kapazität der Untersuchten Sonnenblumensorten (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tukey-Test, N = Stichprobenumfang).

Sorte und Stichprobenumfang	Antioxidative Kapazität in $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$
Buttercream (N = 15)	128,94 $\pm$ 81,13 a
Vanilla Ice (N = 15)	189,96 $\pm$ 132,92 a
Herbstschönheit (N = 15)	172,96 $\pm$ 118,46 a
Goldenen Neger (N = 15)	158,03 $\pm$ 122,67 a
Sunrich Orange (N = 10)	181,72 $\pm$ 119,16 a
Sonnengold (N = 15)	148,84 $\pm$ 104,72 a
Soraya (N = 15)	155,91 $\pm$ 111,01 a
Abendsonne (N = 15)	157,87 $\pm$ 106,69 a
Ring of Fire (N = 15)	154,55 $\pm$ 123,70 a
Chocolat (N = 15)	153,03 $\pm$ 123,70 a
Gesamtgehalt (N = 145)	159,44 $\pm$ 119,04

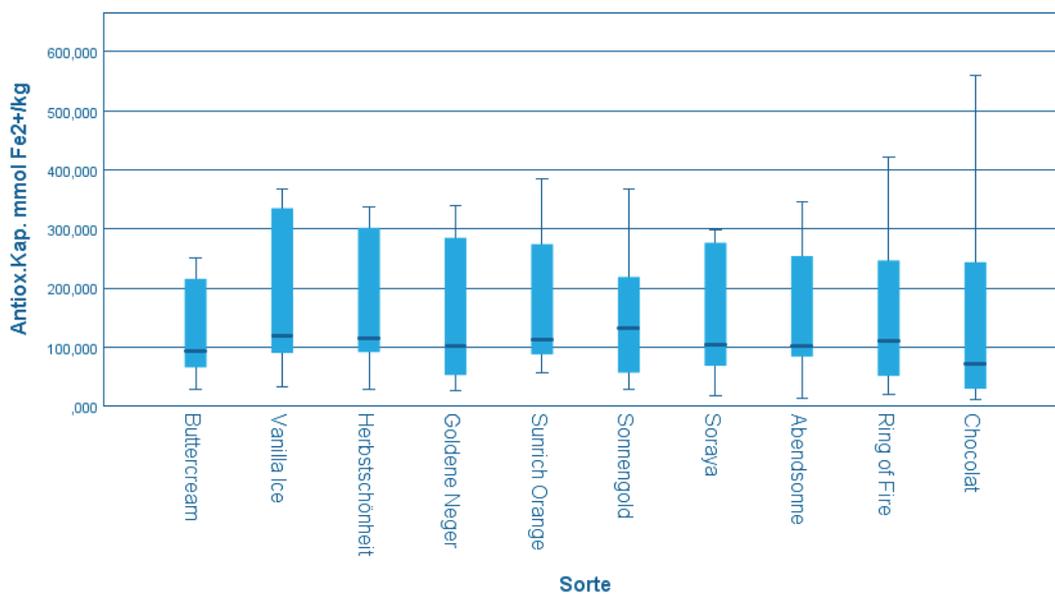


Abbildung 57: Boxplot zur antioxidativen Kapazität der Sonnenblumensorten in  $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$

*Verarbeitung im Vergleich:*

Varianzhomogenität war nicht gegeben. Die ANOVA zeigte hinsichtlich der antioxidativen Kapazität signifikante Unterschiede. Anschließende Post-Hoc-Testungen nach Tamhane zeigten signifikante Unterschiede: Die geringsten Werte antioxidativer Kapazität wies die Verarbeitung Trockenschrank ganz auf. An zweiter Stelle stand die Frischmasse, gefolgt von gefriergetrocknet ganz. Die höchsten Werte erzielten die getrockneten und vermahlene Blüten, wobei gefriergetrocknet vermahlen noch höhere Werte aufwies als Trockenschrank vermahlen [Tab. 26]. Es sollte jedoch erwähnt werden, dass die Verarbeitungen mit den höchsten Werten auch die unstetigsten Werte mit großer Streubreite hatten [Abb. 58].

Tabelle 26: Antioxidative Kapazität nach verschiedenen Verarbeitungen (Mittelwert und Standardabweichung). Signifikante Unterschiede sind durch Buchstaben dargestellt (Signifikanz  $\alpha = 0,05$  nach dem Tamhane-Test, Stichprobenumfang  $N = 29$ ).

Verarbeitung	Antioxidative Kapazität in $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$
Frischmasse	$84,15 \pm 38,75$ ab
gefriergetrocknet ganz	$105,02 \pm 55,49$ b
gefriergetrocknet vermahlen	$317,23 \pm 69,51$ d
Trockenschrank ganz	$43,13 \pm 22,07$ a
Trockenschrank vermahlen	$247,66 \pm 78,59$ c

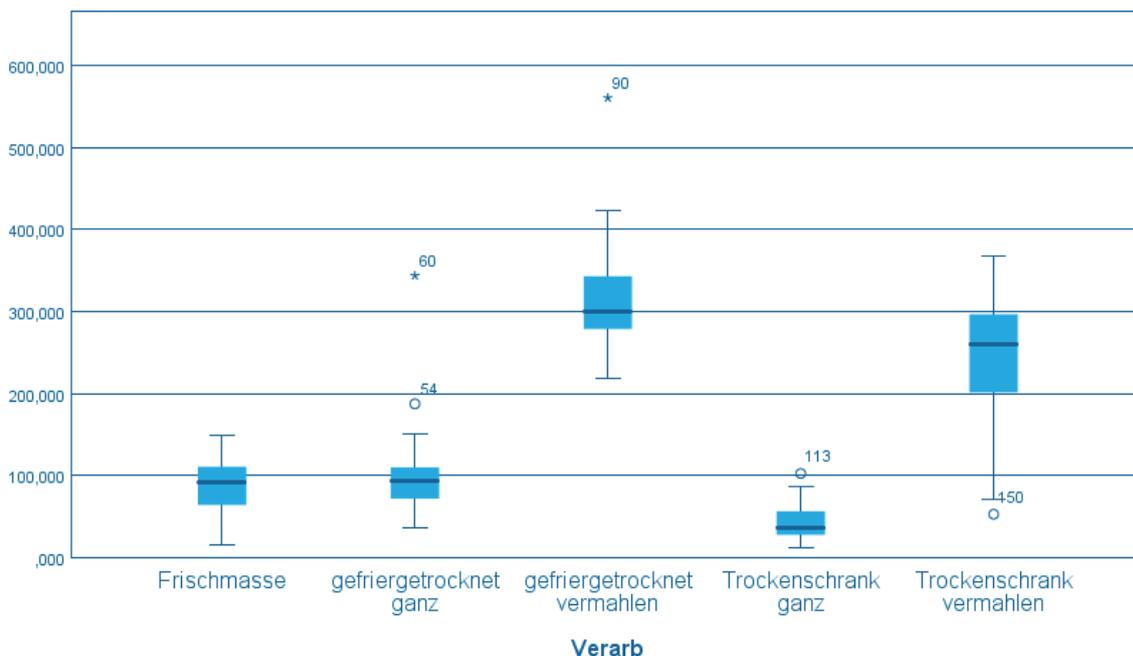


Abbildung 58: Boxplot zur antioxidativen Kapazität in  $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$  nach verschiedenen Verarbeitungen



## 5. Diskussion

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigen, dass sich Sonnenblumenblüten in ihren Inhaltsstoffen wenig unterscheiden. Der Chlorophyll a-Gehalt war in den Zungenblüten der Sorte 'Vanilla Ice' am höchsten. Dieses Ergebnis korreliert mit der Farbmessung der Zungenblüten: 'Vanilla Ice' hatte Grüntöne in den Zungenblüten, welche vermutlich durch den hohen Chlorophyll a-Gehalt gemessen wurden.

Unterschiede zwischen den Sorten bestehen auch im Carotinoidgehalt. In den Sorten 'Buttercream' und 'Vanilla Ice' wurden niedrige Gehalte an Carotinoiden gemessen, wobei 'Buttercream' die wenigsten Carotinoide beinhaltete. Die Zungenblüten dieser beiden Sorten waren laut Farbmessung die hellsten. Der Farbwert zeigt auch hier – wie schon zuvor beim Chlorophyll a – einen Zusammenhang mit dem Inhaltsstoff. Dieses Ergebnis wiederholt sich bei der Sorte mit dem höchsten Carotinoidgehalt: 'Herbstschönheit', die einen starken Gelb-Ton aufweist, beinhaltete die meisten Carotinoide.

Die Sorten zeigten weitere Unterschiede in ihren Inhaltsstoffen bei den Flavonoiden. Die Sorte 'Vanilla Ice' hatte den höchsten Gehalt an Flavonoiden, jedoch mit einer großen Streubreite der Werte. Dies bedeutet, dass die Sorte im Flavonoidgehalt nicht stetig zu sein scheint, was an den übrigen Sorten auch beobachtet wurde.

Die Nitratwerte in den Zungenblüten unterschieden sich in einigen Sorten. 'Herbstschönheit', 'Soraya' und 'Chocolat' hatten die geringsten Nitratwerte aufzuweisen, 'Sunrich Orange' hatte den höchsten Gehalt. Es dürfte sich dabei um eine sortentypische Eigenschaft handeln, da alle Sorten unter gleichen Bedingungen wuchsen.

Die verschiedenen Verarbeitungen der Sonnenblumenblüten zeigten Unterschiede an Inhaltsstoffen, wobei grundsätzlich festgehalten werden kann, dass die höchsten Konzentrationen der wertgebenden Inhaltsstoffe Carotinoide und Flavonoide, der antioxidativen Kapazität sowie Gesamtzucker bei Gefrier Trocknung und anschließender Vermahlung erhalten bleiben. Die Verarbeitung Gefrier Trocknung sowie eine Vermahlung sind demnach die besten Methoden um Sonnenblumenblüten für die Nutzung eines Teegetränkes aufzubereiten. Man kann daraus schließen, dass die Hitze der Trockenschranktrocknung den Verlust von Inhaltsstoffen bewirkt, mit Ausnahme der Gesamtphenole, die in dieser Arbeit nach einer Trockenschranktrocknung mit anschließender Vermahlung die höchsten Werte erzielten. Allen Ergebnissen zufolge ist eine Vermahlung sehr wichtig, um die Zellen der Blüten aufzuschließen, was die Extraktion der Inhaltsstoffe erleichtert.

Ein weiterer Unterschied in der Verarbeitung lag in der Frischmasse: Blüten, die als frische Blüten belassen wurden zeigten einen geringen Gehalt an reduzierenden Zuckern, Gesamtzuckern, Nitrat und Gesamtphenolen. Auch hier dürfte die zellaufschließende Wirkung der Vermahlung gefehlt haben. Außerdem liegen die Inhaltsstoffe bei frischen Blüten in nicht-konzentrierter Form vor, da sie noch im wässrigen Medium in den Vakuolen und anderen Zellkompartimenten gelöst sind.

Die Evaluierung der Trockenmasse zeigte, dass die Sorte 'Sonnengold' die höchste Trockenmasse erzielte. Dieses Ergebnis war auf die gefüllten Blüten der Sorte zurückzuführen: hier wurden nicht nur die äußeren Zungenblüten geerntet, sondern es wurden auch die langen Röhrenblüten aus dem inneren des Blütenkorbes geerntet. Von den nicht-gefüllten Sorten war 'Herbstschönheit' die Sorte mit den meisten Prozent an Trockenmasse, mit stetigen Werten. Die Sorte 'Buttercream' hatte die geringste Trockenmasse.

Die Farbmessungen an den Sonnenblumensorten konnte zeigen, dass der Farbunterschied von Sorte zu Sorte deutlich ist. Die Farbe einer Sorte änderte sich im Verlauf der Ernteperiode nicht. Wie bereits erwähnt steht beim Chlorophyll a-Gehalt und bei den Carotinoiden der Inhaltsstoffgehalt mit der Farbe im Zusammenhang.

Eine Diskussion der Ergebnisse fällt aufgrund fehlender Arbeiten an Sonnenblumenblüten schwer. Sind Sonnenblumen Subjekt einer Studie über Inhaltsstoffe, so werden aufgrund der hauptsächlichlichen Nutzung der Sonnenblumensamen die Inhaltsstoffe der Samen untersucht, wie beispielsweise in GUO et al. (2017). Dennoch kann man Vergleiche zu Verwandten der Sonnenblume auf Familienniveau und sogar Gattungsniveau ziehen.

PETROVA et al. (2016) liefern Vergleichswerte zu Chlorophyll a, Chlorophyll b, Carotinoiden, Gesamtphenolen und Flavonoiden auf Gattungsniveau. Es sei aber darauf hingewiesen, dass sich die Extraktionsmethode in dieser Vergleichsliteratur von der Extraktionsmethode der vorliegenden Arbeit unterscheidet. In ihrer Arbeit untersuchten sie die frischen und homogenisierten Blüten der Art *Helianthus tuberosus* und kamen auf folgende Ergebnisse: der Chlorophyll a-Gehalt frischer Topinambur-Blüten in einem Ethanol-Extrakt, wobei die Methode der Ultraschall-Extraktion angewandt wurde, liegt bei  $0,2 \mu\text{g g}^{-1}$  bzw.  $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ . In der vorliegenden Arbeit wurde an den frischen Sonnenblumenblüten ein durchschnittlicher Chlorophyll a-Gehalt von  $4,45 \pm 8,13 \text{ mg kg}^{-1}$  gemessen. Der Wert liegt damit höher als der Wert der Topinambur-Blüte. Vergleicht man den Wert mit den der Ringelblume (*Calendula officinalis*), so liegt die Sonnenblume im Mittelfeld zwischen *Helianthus tuberosus* und *Calendula officinalis*, die einen Chlorophyll a-Gehalt von  $17,9 \text{ mg kg}^{-1}$  aufweist. Derselbe Vergleich zeigt beim Inhaltsstoff Chlorophyll b dasselbe Ergebnis: hier liegt die Sonnenblume mit  $3,13 \pm 7,65 \text{ mg kg}^{-1}$  genauso vor *Helianthus tuberosus* mit  $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$  und hinter *Calendula officinalis* mit  $4,6 \text{ mg kg}^{-1}$ . Der Carotinoidgehalt liegt bei *Helianthus tuberosus* bei  $0,0156 \text{ g kg}^{-1}$ , und *Calendula officinalis* enthält im Durchschnitt  $0,0576 \text{ g kg}^{-1}$  Carotinoide. In dieser Arbeit wurde ein deutlich höherer Carotinoid-Gehalt von  $101,32 \pm 50,36 \text{ g kg}^{-1}$  gemessen. Ein Vergleich des Gesamtphenolgehaltes erbrachte wiederähnliche Ergebnisse im Inhaltsstoffgehalt: Die Sonnenblume liegt bei  $2,88 \pm 1,79 \text{ g kg}^{-1}$  Gesamtphenol in den Blüten, die Topinambur-Blüte enthält durchschnittlich  $3,03 \pm 0,03 \text{ g kg}^{-1}$  Gesamtphenol. Der Flavonoidgehalt ist bei Sonnenblumenblüten mit  $15,05 \pm 6,71 \text{ mg kg}^{-1}$  etwas höher als bei Topinambur-Blüten mit  $3,79 \pm 0,04 \text{ mg g}^{-1}$  (PETROVA et al., 2016).

DACHLER & PELZMANN (2017) geben für eine weitere *Asteraceae*, nämlich *Tagetes erecta*, einen Carotinoidgehalt (Xanthophyll) von  $6 - 12 \text{ g kg}^{-1}$  an (DACHLER & PELZMANN, 2017).

Der deutlich höhere Gehalt an Carotinoiden in den Sonnenblumenblüten kann von verschiedenen Faktoren abhängen. Weitere Untersuchungen mit erneuten Analysen der Carotinoide könnten hier zu einem deutlicheren Ergebnis führen. Erwähnenswert ist der Umstand, dass Umwelteinflüsse den Gehalt an sekundären Inhaltsstoffen von Pflanzen beeinflussen. Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe sind nicht nur von Art zu Art unterschiedlich, sondern auch vom Pflanzenstandort abhängig. Da sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe oft wichtige Bestandteile von Auslöser-Molekülen bestimmter Reaktionen auf Stress sind, können gestresste Pflanzen höhere Werte an einigen Inhaltsstoffen aufweisen. Umweltfaktoren bestimmen daher nicht selten den Gehalt der sekundären Inhaltsstoffe. Zu diesen Faktoren zählen Temperatur, Lichtintensität, Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit oder auch die  $\text{CO}_2$ -Verfügbarkeit. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass Trockenstress einen Auslöser für antioxidativen Stress darstellt, und dieser Stress den Gehalt an Flavonoiden und Phenolen einer Pflanze erhöhen kann. Grund dafür ist die zellschützende Funktion dieser Inhaltsstoffe. Der Chlorophyllgehalt kann bei Trockenstress auch von Normalwerten abweichen: Baumwollpflanzen zeigten eine Abnahme von Chlorophyll a und Chlorophyll b unter Trockenstress. Trockenheit aber auch kalte Temperaturen können den Anthocyaningehalt in Pflanzen erhöhen (AKULA & RAVISHANKAR, 2011).

Weitere Vergleichsdaten zu den Inhaltsstoffen von Sonnenblumenblüten liegen derzeit nicht vor. Ein Vergleich der antioxidativen Kapazität von Sonnenblumenblüten mit der antioxidativen Kapazität von Früchten bringt folgendes Ergebnis: die Sonnenblumenblüten haben mit  $159,44 \pm 119,04 \text{ mmol Fe}^{2+}$

kg<sup>-1</sup> im Vergleich zu Früchten eine durchschnittlich hohe antioxidative Kapazität. Sie liegt bei Birne, Apfel und Marille zwischen 8,07 – 11,11 mmol Fe<sup>2+</sup> kg<sup>-1</sup> und bei Beerenobst (Schwarze Maulbeere, Brombeere, Erdbeere u.a.) bei 11,51 - 85,97 mmol Fe<sup>2+</sup> kg<sup>-1</sup> (CONTESSA et al., 2013).

Diese Arbeit konnte zeigen, dass die konservierende Methode der Gefriertrocknung für die meisten Inhaltsstoffe am positivsten war. Eine Metastudie von ABASCAL et al. (2005) kann dieses Ergebnis bestätigen. In ihrer Arbeit wurden frühere Studien von pharmakologisch wichtigen Pflanzen in Bezug auf Gefriertrocknung und anderen Trocknungsverfahren kritisch verglichen. Wie auch in der vorliegenden Masterarbeit konnte gezeigt werden, dass die Gefriertrocknung die Carotinoide einer Pflanze besser konserviert als andere Trocknungen wie zum Beispiel Heißlufttrocknung und Trockenschrank-Trocknung. (ABASCAL et al., 2005). Wie auch in der vorliegenden Arbeit konnten VUTHIJUMNOK et al. (2013) zeigen, dass die Gefriertrocknung Flavonoide und die antioxidative Kapazität besser konserviert als andere Methoden. Das Team aus Neuseeland untersuchte die Wirkung der Gefriertrocknung auf Phenolgehalt, Flavonoide und antioxidative Kapazität an Heidelbeeren (*Vaccinium ashei*) und kam zum Ergebnis, dass die Inhaltsstoffe und die antioxidative Kapazität erhöht oder zumindest nicht beeinflusst wurden (VUTHIJUMNOK et al., 2013).

Zum Einfluss der Gefriertrocknung auf den Gesamtzuckergehalt liegen keine Vergleichsdaten vor.

Zum Nitratgehalt der Sonnenblume sollte noch erwähnt werden, dass die Sonnenblumenblüten im Durchschnitt bei 2,27 ± 1,76 g Nitrat kg<sup>-1</sup> bzw. 2270 mg Nitrat kg<sup>-1</sup> liegen. Laut EU-Verordnung (2011) gelten für verschiedene Gemüsearten Höchstwerte von 6000 – 7000 mg Nitrat kg<sup>-1</sup> zumindest für Erwachsene als sicher. Es darf daher angenommen werden, dass ein Tee aus Sonnenblumenblüten keine Gefahr in Bezug auf Nitrat darstellt und ohne Bedenken genossen werden darf (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2011).



## 6. Schlussfolgerung

Fasst man die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen, so kann man festhalten, dass eine Nutzung der Sonnenblume als Teepflanze eine interessante Möglichkeit der Alternativnutzung von Sonnenblumen darstellt.

Die Arbeit zeigt, dass sich die Inhaltsstoffe von Sorte zu Sorte wenig unterscheiden. Dennoch kann man davon ausgehen, dass Sorten mit dunkleren Blüten höhere Gehalte an wertgebenden Inhaltsstoffen aufweisen als helle Sorten, wie das Ergebnis des Carotinoidgehaltes zeigt. Weitere Untersuchungen, die den Einfluss des Standortes, bzw. den Einfluss von Stress aufzeigen, wären hilfreich, um weitere Vergleichsdaten zu liefern. Im Allgemeinen scheint es sinnvoll zu sein, Sonnenblumenblüten auf weitere Inhaltsstoffe zu testen.

Die hohe antioxidative Kapazität, die die Blüten in dieser Arbeit aufweisen, machen Sonnenblumen zu einer sehr wertvollen Teepflanze, die auch in der Pharmazie Anwendung finden könnte.

Ein wichtiger Aspekt, der noch getestet werden muss, ist die Sicherheit der Nutzung von Sonnenblumenblüten als Lebensmittel: Wie die Literaturstudie in dieser Arbeit zeigt, sind Sesquiterpenlactone je nach Art und Gehalt in der Pflanze ein wertgebender Inhaltsstoff oder eine Gefahr für die Gesundheit. Da diese Stoffgruppe neuerdings in den Fokus der Forschung gerückt ist, werden weitere Ergebnisse nicht lange auf sich warten lassen.

In Bezug auf die Konservierung der Blüten erbrachte diese Arbeit das Ergebnis, dass eine Gefrier-trocknung die meisten Inhaltsstoffe am besten bewahrt und eine anschließende Vermahlung der Blüten die Extraktion erleichtert.

Im Anbau ließen sich diese Ergebnisse mit weiteren Daten aus anderen Anbausystemen vergleichen. Es wäre wichtig zu testen, ob sich der Inhaltsstoffgehalt bei Düngung oder Zusatzbewässerung stark ändert.

Weitere Sorten der Sonnenblumen sollten getestet werden, um weitere Genotypen mit hoher antioxidativer Kapazität zu finden, die vielleicht auch in der Züchtung Anwendung finden könnten. Eine gezielte Züchtung auf hohe Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe könnte eine Bereicherung in der Tee- oder auch Pharmazeutika-Herstellung sein. Hier sollten eventuell hellblütige Sorten aus der Wahl ausgeschieden werden, da sie, wie in dieser Arbeit gezeigt wurde, einen geringeren Gehalt an Carotinoiden aufweisen.

Abschließend und zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Weiterführung dieser Studie über die antioxidativen Eigenschaften von Sonnenblumenblüten fortgesetzt werden sollte. Um jegliche gesundheitliche Gefahren ausschließen zu können, sollten Sesquiterpenlactone das Subjekt einer nächsten Untersuchung sein. Weitere Sorten mit dunklen Blüten sollten vorrangig untersucht werden, und im Anbau sollten sie in unterschiedlichen Anbausystemen stehen. Die Sonnenblume könnte eine wertvolle Bereicherung des Sortiments an Teepflanzen darstellen.



## 7. Literaturverzeichnis

- ABASCAL, K.; GANORA, L. & YARNELL, E. (2005): The Effect of Freeze-drying and its Implications for Botanical Medicine: A Review. In: *Phytotherapy Research*. 19: 665-660.
- AKULA, R. & RAVISHANKAR, G.A. (2011): Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. In: *Plant Signaling & Behavior*. 6 (11): 1720-1731.
- AUFHAMMER, W. (1998): Getreide- und andere Körnerfruchtarten: Bedeutung, Nutzung und Anbau. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.
- BALTES, W. & MATISSEK R. (2011): Lebensmittelchemie. 7., vollständig überarbeitete Auflage. Heidelberg, Dordrecht, London und New York: Springer-Verlag.
- BASHIR, T.; MASHWANI, Z.; ZAHARA, K.; HAIDER, S.; TABASSUM, S. & MUDRIKAH, M. (2015): Chemistry, Pharmacology and Ethnomedicinal Uses of *Helianthus annuus* (Sunflower): A Review. In: *Pure and Applied Biology*. 4 (2): 226-235.
- BOHM, B. & STUESSY, T. (2001): Flavonoids of the Sunflower Family (Asteraceae). Wien und New York: Springer-Verlag.
- BOROS, G. (1980): Heil- und Teepflanzen. 3. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- CHAN, E.; LIM, Y.; CHONG, K.; TAN, J. & WONG, S. (2010): Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas. In: *Journal of Food Composition and Analysis*. 23: 185-189.
- CHRESTENSEN (2018): Großer Gartenkatalog: Erfurter Spezialversandhaus, Frühjahr/Sommer 2018. Erfurt: N.L. Chrestensen Erfurter Samen- und Pflanzenzucht GmbH.
- CONRAD, J.; COOK, L.; FOLEY, M.; PALMQUIST, D; PRASIFKA, J. & SPRING, O. (2015): Sesquiterpene lactone composition of wild and cultivated sunflowers and biological activity against an insect pest. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 63 (16): 4042-4049.
- CONTESSA, C.; MELLANO, M.G.; LORIS BECCARO, G.; GIUSANO, A. & BOTTA, R. (2013): Total antioxidant capacity and total phenolic and anthocyanin contents in fruit species grown in Northwest Italy. In: *Scientia Horticulturae*. 160: 351-357.
- COULTATE, T. (1996): Food. The Chemistry of Its Components. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- DACHLER, M. & PELZMANN, H. (2017): Arznei- und Gewürzpflanzen. Lehrbuch für Anbau, Ernte und Aufbereitung. München: Cadmos Verlag.
- DANIEL, O.; MEIER, M.; SCHLATTER, J. & FRISCHKNECHT P. (1999): Selected Phenolic Compounds in Cultivated Plants: Ecologic Functions, Health Implications, and Modulation by Pesticides. In: *Environmental Health Perspectives*. 107 (1): 109-114.
- DIEPENBROCK, W.; ELLMER, F. & LEON, J. (2012): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Grundwissen Bachelor. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011): Verordnung (EU) Nr. 1258/2011 der Kommission vom 2. Dezember 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Nitrate in Lebensmitteln.  
In: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX:32011R1258#document1> (21.03.18).
- FAOSTAT (2018): Food and Agriculture Organisation of the United Nations.  
In: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (05.03.18).

- FOODB (2018): Food Component Database: Showing Compound Nevadensin (FDB002751). In: <http://foodb.ca/compounds/FDB002751> (21.03.18).
- FRANKEL, E.N. & MEYER, A.S. (2000): The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. In: Journal of the Science of Food and Agriculture. 80 (13): 1925-1941.
- GEISLER, G. (1991): Farbatlas Landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.
- GENAUST, H. (2012): Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- GERSHENZON, J.; MABRY, T. & OHNO, N. (1981): The terpenoid chemistry of sunflowers (*Helianthus*). In: Revista latinoamericana de quimica. 12: 53-61.
- GUO, S.; GE, Y. & JOM, N. (2017): A review of phytochemistry, metabolic changes, and medicinal uses of the common sunflower seed and sprouts (*Helianthus annuus* L.). In: Chemistry Central Journal. 11 (95): 2-10.
- HALFORD, N.; CURTIS, T.; MUTTUCUMARU, N.; POSTLES, J. & MOTTRAM, D. (2010): Sugars in Crop plants. In: Annals of Applied Biology. 158 (2011), 1-25.
- JIANG, H. (2009): White Tea. Ist Manufacture, Chemistry, and Health Effects. In: HO, C.; LIN, J. & SAHIDI, F. (Hrsg.): Tea and Tea Products. Chemistry and Health-Promoting Properties, Boca Raton, CRC Press.
- JIN, L.; LI, X.; TIAN, D.; FANG, X.; YU, Y.; ZHU, H.; GE, Y.; MA, G.; WANG, W.; XIAO, W. & LI, M. (2016): Antioxidant properties and colour parameters of herbal teas in China. In: Industrial Crops and Products. 87: 198-209.
- KEUTGEN, A. (2018a): Schriftliche Auskunft vom 22.01.2018.
- KEUTGEN, A. (2018b): Mündliche Auskunft vom 08.02.2018.
- KEUTGEN, A. & PAWELZIK, E. (2007): Modification of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl. In: Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55: 4066-4072.
- KONICA MINOLTA (2018): Identifying Color Differences Using L\*a\*b\* or L\*C\*H\* Coordinates. In: <https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/> (02.05.2018).
- KÖNIGSHOFER, H. (s.a.): Pflanzenphysiologie für Agrarwissenschaften, Weinbau, Önologie und Weinwirtschaft zur Vorlesung von ao. Univ. Prof. Dr. Königshofer. Akademisches Jahr 2012/13, BOKU, Wien.
- LANFER-MARQUEZ, U.; BARROS, R. & SINNECKER, P. (2005): Antioxidant activity of chlorophylls and their derivatives. In: Food research International. 38: 885-891.
- LEE, C.; SCHALLENBERGER, R. & VITTUM, M. (1970): Free sugars in fruits and vegetables. In: New York's Food and Life Science Bulletin.1: 1-12.
- LEE, S. & KANG, H. (2016): Anti-neuroinflammatory Effects of Ethanol Extract on *Inula helenium* L (Compositae). In: Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 15 (3): 521-526.

- LI, Y.; NI, Z.; ZHU, M.; DONG, M.; WANG, S.; SHI, Q.; ZHANG, M.; WANG, Y.; HUO, C.; KIYOTA, H. & CONG, B. (2011): Antitumor Activities of Sesquiterpene Lactones from *Inula helenium* and *Inula japonica*. In: Z. Naturforsch. 67c: 375-380.
- MAKKAR, H.; SIDDHURAJU, P. & BECKER, K. (2007): Plant Secondary Metabolites. New Jersey: Humana Press Inc.
- MATISSEK, R.; FISCHER, M. & STEINER, G. (2014): Lebensmittelanalytik: Fünfte, vollständig überarbeitete Ausgabe. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- MAPCOORDINATES (2018): Koordinaten Sowinetzgasse 1, Wien.  
In: <http://www.mapcoordinates.net/> (07.04.18).
- MARQUARD, R. & SCHUSTER, W. (2003): Die Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.), Gießen: Bibliothek der Justus-Liebig-Universität, Abteilung: Elektronische Bibliothek (GEB).  
In: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2003/1272/pdf/SchusterMarquard-2003-10.pdf> (19.02.18).
- MÜLLER, J. & HEINDL, A. (2006): Drying of medicinal plants. In: BOGERS, R.; CRACKER, L. & LANGE, D. (Hrsg.): Medicinal and Aromatic Plants, 237-252, Springer.
- NADEEM, M.; ANJUM, F.M.; HUSSAIN, S.; KHAN, M.R & SHABBIR, M.A. (2011): Assessment of the antioxidant and total phenolic contents of sunflower hybrids. In: Pakistan Journal of Food Sciences.21 (1-4): 7-12.
- NOVAK, J. (2018): Schriftliche Auskunft vom 10.01.2018.
- ÖHLINGER, B. (2008): Untersuchung vegetativer und generativer Parameter von Pfirsich- und Nektarinsorten unter ökologischen Anbaubedingungen im pannonischen Klimagebiet. Diplomarbeit. Akademisches Jahr 2007/08, BOKU, Wien.
- ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG (1998): Zauber der Sonnenblume: Pflege, Anleitung, Verarbeitung. Klosterneuburg: Selbstverlag.
- PAHLOW, M. (2006): Das große Buch der Heilpflanzen: Gesund durch die Heilkräfte der Natur. Augsburg: Weltbild Verlag GmbH, München: Gräfe und UnzerVerlag GmbH.
- PETROVA, I.; PETKOVA, N. & IVANOV, I. (2016): Five edible Flowers – Valuable Source of Antioxidants in Human Nutrition. In: International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. 8 (4): 604-610.
- POBEREŽNY, J.; WSZELACYŃSKA, E.; KEUTGEN, A.J. (2012): Yield and chemical content of carrot storage roots depending on foliar fertilization with magnesium and storage duration. J. Elementology. 17 (3): 479-494.
- RAVIKUMAR, C. (2014): Review on Herbal Teas. In: Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 6 (5): 236-238.
- RIMBACH, G.; MÖHRING, J. & ERBERSDOBLER, H. (2010): Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- SCHEK, A. (2002): Ernährungslehre kompakt. 2., vollständig überarbeitete und ergänzte Auflage. Kompendium der Ernährungslehre für Studierende der Ernährungswissenschaft, Medizin und Naturwissenschaften und zur Ausbildung von Ernährungsfachkräften. Frankfurt am Main: Umschau Zeitschriftenverlag Breidenstein GmbH.

SCHMIDT, T. (1999): Toxic Activities of Sesquiterpene Lactones: Structural and Biochemical Aspects. In: Current Organic Chemistry. (3): 577-608.

SMITH, B. (1998): The Emergence of Agriculture. New York: Scientific American Library.

SNEYD, J. (1995): Alternative Nutzpflanzen. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer GmbH & Co.

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR (2016): Versuchszentrum Jedlersdorf.

In: <https://www.dnw.boku.ac.at/gb/organisation/versuchszentrum-jedlersdorf/> (07.04.18).

VUTHIJUMNOK, J.; MOLAN, A.L. & HEYES, J.A. (2013): Effect of freeze-drying and extraction solvents on the total phenolic contents, total flavonoids and antioxidant activity of different Rabbiteye blueberry genotypes grown in New Zealand. In: IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences. 8 (1): 42-48.

ZAMG (2017a): Gesamtjahresauswertung Donaufeld.

In: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch> (07.04.18).

ZAMG (2017b): Monatsauswertung Donaufeld.

In: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch> (07.04.18).

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)