



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Institut für Gartenbau

Masterarbeit

Anbaumanagement und Qualitätsbildung bei Kerbelrübe
(*Chaerophyllum bulbosum* L.)

Gestellt von:

Betreuerin: Keutgen Anna Univ.Prof.ⁱⁿ Dipl.Ing.sc.agr. Dr.sc.agr.

Mitbetreuer: Balas Johannes Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.

von:

Florian Lischka

Wien, Juli 2020

Anbaumanagement und Qualitätsbildung bei Kerbelrübe

(*Chaerophyllum bulbosum* L.)

Florian Lischka

Zusammenfassung

Die Kerbelrübe (*Chaerophyllum bulbosum* L.) ist eine domestizierte, kultivierte Pflanze in Europa, die früher wegen ihres bemerkenswerten Geschmacks verwendet und gegessen wurde. Obwohl großes Interesse an und Nachfrage nach diesem Gemüse besteht, wird die Kerbelrübe wegen der aufwändigen Kulturführung und des schwierigen Anbaus heute nur selten angepflanzt. Ziel der Arbeit war es, Daten für das Anbaumanagement zu erheben und die Prüfung der pflanzenbaulichen Leistungserstellung zu erfassen. Hierfür wurde untersucht, ob sich aufgrund der verschiedenen Herkünfte und einer unterschiedlichen Bewässerung Unterschiede in Ernteparameter und Geschmack ergeben. Es wurden 3 verschiedene Herkünfte angebaut („Ochsenherz“ „Grüne Erde“ „Sativa“) und zwei verschiedene Bewässerungs-Varianten („praxisüblich“ „reduzierte Bewässerung“) verwendet. Die Variante „praxisüblich“ soll eine Bewässerungs-Variante darstellen, wie sie üblicherweise durch den Landwirt erfolgt. Die Bewässerungsentscheidung wird nach Wetterlage und Pflanzenzustand getroffen. Die Variante „reduzierte Bewässerung“ versuchte eine wassersparende Nutzung anzustreben. Die Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit dem LEADER-Projekt "Gemüseraritäten aus dem Kamptal", welches sich dem Ziel der Weiterentwicklung eines nachhaltigen und vielfältigen Gemüseanbaus widmet.

Nach dem Ernten der Rüben wurden Ertragsgewicht, Zuckergehalt sowie Wassergehalt analysiert. Um den Einfluss auf den Geschmack zu überprüfen, wurde eine sensorische Testung durchgeführt. Bei dieser sensorischen Testung konnten nur geringe Unterschiede zwischen den Herkünften oder der Bewässerung festgestellt werden. Die Auswertung der Labor-Ergebnisse zeigte, dass sich bezüglich der Herkunft Unterschiede ergeben. Die Herkunft „Ochsenherz“ hatte die höchsten Erträge und Wassergehalte. Bei den Brix-Werten zeigte die Herkunft „Grüne Erde“ die höchsten Werte. Bei den Bewässerungs-Varianten zeigte sich, dass die Variante „praxisüblich“ einen positiven Einfluss auf die Ernte-Parameter hatte. Insgesamt war die Streuung der Ergebnisse relativ hoch, was sich durch die heterogenen Pflanzen erklären lässt. Aufgrund des hohen Ertrags eignet sich „Ochsenherz“ am besten für Landwirte. „Grüne Erde“ ist aufgrund der hohen Zuckerwerte für die Gastronomie und „Hobbygärtner“ die beste Wahl.

Crop management and quality formation of tuberous-rooted chervil

(*Chaerophyllum bulbosum* L.)

Florian Lischka

Abstract

The plant „*Chaerophyllum bulbosum* L.“ is a domestic cultivated plant in Europe, in earlier times used and eaten because of its remarkable taste. Despite the big interest and demand for this vegetable, the market gardening is very limited because of the complex and difficult growing conditions of this plant.

The aim of this work was to collect data for the growth management and to investigate the crop production achievement. Therefore, it was analyzed if there are differences in harvest parameters and taste because of the origin or the irrigation method. Three different origins were planted (“Ochsenherz”, “Grüne Erde”, “Sativa”) and two different irrigation methods were used (“common practice” vs. “reduced irrigation”). The method “common practice” reflects the irrigation usually done by farmers. The decision for irrigation was done according to meteorological conditions and optical judgement of the plant. “reduced irrigation” tried to apply reduced water use without harming the plant’s growth.

This work developed from a cooperation with the LEADER-Project “Gemüseraritäten aus dem Kamptal” which aims at the advancement of a sustainable and versatile vegetable gardening. After harvest, evaluations of fresh weight, sugar concentration and water content were performed. To evaluate differences in taste a subsequent organoleptic testing was performed. The organoleptic testing showed that the differences between origin and irrigation were small. The laboratory evaluation revealed differences in terms of the origin. The origin „Ochsenherz“ had the highest fresh weights and also the highest water contents. The origin „Grüne Erde“ showed the highest sugar value. The irrigation method “common practice” showed a positive effect on all harvest parameters. In total the variance of the result were high which could be explained by the heterogeneous plants.

Because of its high fresh weight, “Ochsenherz” is the best choice for farmers. For private gardeners and restaurants, „Grüne Erde“ is the best choice due to its high sugar value.

Danksagung

An Frau Univ.Prof.ⁱⁿ Dipl.-Ing.sc.agr. Dr.sc.agr. Anna Keutgen & Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Johannes Balas für die Betreuung dieser Arbeit.

An Herrn Dipl.-Ing. Karl Refenner und seinem Team vom Lehr- und Versuchszentrum Jedlersdorf für die Pflege und Bewässerung der Kerbelrüben.

An Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter Cepuder, Herrn Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Nolz und deren Team vom Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement für die Installation der Bodenwassersensoren und die wöchentliche Datensicherung.

An Herrn Philipp Lammer von der Arche Noah für die Bereitstellung des Saatgutes und Unterstützung im Versuchsaufbau.

An meine Eltern und meine Familie, die mich mein ganzes Leben unterstützt haben und mich immer so akzeptiert und geliebt haben, wie ich bin.

An John Lennon, Paul McCartney, Ringo Starr & George Harrison, die mich mit ihrer Musik und deren Philosophie durch viele verschiedene Situationen in meinem Leben begleiteten.

An S.N. Goenka, der mir und vielen anderen Menschen auf dieser Welt „Vipassana“ gezeigt hat und dadurch mein Leben bereichert.

Inhaltsangabe

Zusammenfassung.....	I
Abstract	II
Danksagung.....	IV
Inhaltsangabe.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Die Kerbelrübe	3
2.1 Kulturart: Kerbelrübe	3
2.2 Geschichte.....	5
2.3 Züchtung.....	5
2.4 Anbau	6
2.5 Inhaltsstoffe	8
3 Material und Methoden.....	9
3.1 Standort.....	9
3.2 Klima.....	9
3.3 Versuchsaufbau.....	10
3.4 Sensoren für volumetrischen Bodenwassergehalt	12
3.5 Pflanzenmaterial- Herkünfte.....	13
3.6 Kultur-Management.....	15
3.6.1 Pflegemaßnahmen und Kulturverlauf.....	16
3.6.2 Ernte und Lagerung der Rüben	17
3.7 Methoden.....	18
3.7.1 Sensorisches Labor	18
3.7.2 Physikalisches Labor.....	20
3.8 Statistische Auswertung.....	22
4 Ergebnisse	24
4.1 Erntegewicht pro Laufender Meter	24
4.2 Brix-Wert pro Rübe.....	25
4.3 Wassergehalt.....	27
4.4 Sensorik	28
4.5 Ergebnisse der Verkostung von Rohproben.....	28
4.5.1 Verkostung der Rohproben: „praxisübliche Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“	28

4.5.2	Verkostung der Rohproben: Herkunfts-Vergleich.....	30
4.6	Ergebnisse gedämpfte Proben	31
4.6.1	Verkostung der gedämpften Proben: „praxisübliche Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“.....	31
4.6.2	Verkostung der gedämpften: Proben Herkunfts-Vergleich	32
5	Diskussion.....	34
6	Schlussfolgerung	38
7	Literaturverzeichnis.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kerbelrübenpflanzen (Lischka 2017)	3
Abbildung 2:	Kerbelrübenwurzel (Lammer 2017).....	4
Abbildung 3:	Temperatur & Niederschlagsdaten (Raasdorf) im Versuchszeitraum 29.04.17-10.07.17	10
Abbildung 4:	Installation der Sensoren am Versuchsfeld (Lischka 2017)	12
Abbildung 5:	Datenspeicher am Versuchsfeld mit Solar-Panel (Lischka 2017).....	12
Abbildung 6:	Ochsenherz (Lammer 2017).....	14
Abbildung 7:	Grüne Erde (Lammer 2017)	14
Abbildung 8:	Sativa (Lammer 2017)	15
Abbildung 9:	Frisch gekeimte Kerbelrübenpflanzen 20.03.2017 (Lischka 2017)	15
Abbildung 10:	Pikierkisten mit Herkunft „Ochsenherz“ 20.04.17 (Lischka 2017).....	16
Abbildung 11:	Kerbelrüben nach dem Auspflanzen (25.04.1) Herkunft „Ochsenherz“ (Lischka 2017)	16
Abbildung 12:	Kerbelrüben am Feld nach manueller Beikraut Entfernung am 25.05 2017 (Lischka 2017)	17
Abbildung 13:	Kerbelrübenpflanze Ochsenherz 16.06.2017 (Lischka 2017)	17
Abbildung 14:	Fraß-Schaden durch Wühlmaus „Grüne Erde“ (Lischka 2017).....	18
Abbildung 15:	Schimmelbefall nach Lagerung "Sativa" (Lischka 2017)	18
Abbildung 16:	Boxplot zu den Erntegewichten (kg m^{-1}) aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“. Signifikante Unterschiede in den paarweisen Mann-Whitney-U-Tests bei $p \leq 0,0033$ sind durch Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen dieselbe Gruppe an, $n=88$	25
Abbildung 17:	Boxplot zum Brix-Wert pro Rübe (%) des Rübenpresssafts aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“. Signifikante Unterschiede, welche durch die zweifaktorielle ANOVA bei $p \leq 0,05$ festgestellt wurden, sind durch Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen dieselbe Gruppe an, $n=22$	26
Abbildung 18:	Boxplot zu den Wassergehalten in kg pro kg Frischmasse aufgeschlüsselt nach verschiedenen Herkünften. Signifikante Unterschiede in den paarweisen Mann-Whitney-U-Tests bei $p \leq 0,016$ sind durch Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen dieselbe Gruppe an, $n=44$	27
Abbildung 19:	Spinnennetzdiagramm. Vergleich der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von $n=176$).	29
Abbildung 20:	Spinnennetzdiagramm. Vergleich der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von $n=176$)	30

Abbildung 21: Spinnennetzdiagramm. Vergleich der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).	32
Abbildung 22: Spinnennetzdiagramm. Vergleich der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von n=176)	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Pflanzplan Versuchsfeld Zahl=Herkunft (1=Ochsenherz, 2=Grüne Erde, 3=Sativa), Buchstaben A-D=praxisüblich , E-H=reduzierte Bewässerung, X= nicht angepflanzte Parzelle, S= Parzelle mit Sensoren (erstellt von Lischka und Balas)	11
Tabelle 2: Mittelwert der Sensordaten nach Bodenschichten. Volumetrischer Bodenwassergehalt während des Versuchszeitraums von 25.04.17 bis 10.07.17	13
Tabelle 3: Sensorischer Testbogen (erstellt von Lischka und Balas)	20
Tabelle 4: Meist gewählte Geschmacksmerkmale der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).	29
Tabelle 5: Meist gewählte Geschmacksmerkmale der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von n=176)	30
Tabelle 6: Meist gewählte Geschmacksmerkmale der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).	31
Tabelle 7: Meist gewähltes Geschmacksmerkmal der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von n=176).	32

1 Einleitung

Die Biodiversität von Tieren und Pflanzen in der Natur nahm in den letzten Jahrzehnten ab. Eine Veränderung der Agrobiodiversität ist dabei auch zu beobachten. Der wachsende Druck auf die landwirtschaftliche Produktion führte dazu, dass das Spektrum der angebauten Kulturarten auf der Erde immer geringer wird. Ein Großteil der menschlichen Ernährung wird durch einige wenige Kulturarten und innerhalb dieser Arten aus wenigen speziell gezüchteten Sorten gedeckt (Vogel, 2011). In Zeiten, wo die genetische Manipulation von Pflanzen möglich ist und der Saatgutmarkt mit züchterisch stark bearbeiteten Sorten überfüllt ist, haben viel Konsumenten den Wunsch nach "Gemüseraritäten" bzw. „urtümlichen Sorten“. Aufgrund des wachsenden Interesses der Konsumenten an diesen Sorten hat sich ein kleiner aber nicht unwichtiger Markt für „alte bzw. vergessene“ Kulturpflanzen gebildet.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit dem Anbau von Kerbelrüben (*Chaerophyllum bulbosum* L.). Dieses Wurzelgemüse wird wegen seines feinen Aromas, welches an Maroni erinnert, von Gourmets hoch geschätzt. Im Allgemeinen ist die Kerbelrübe aber nicht sehr bekannt. Dies liegt an den schwierigen Anbau-Bedingungen der Rüben und der somit schweren Verfügbarkeit der Kerbelrüben auf dem Gemüse-Markt. Die Master Arbeit ist in Kooperation der Arche Noah im Zuge des LEADER-Projekts "Gemüseraritäten aus dem Kamptal" entstanden. Im Zuge des Projekts wurde unter anderem auch an der züchterischen Bearbeitung der Kerbelrübe gearbeitet.

Die Arbeit soll aufzeigen, ob sich Ernteparameter bzw. Geschmack der Kerbelrübe durch Anbau-Management sowie durch verschiedene Herkünfte unterscheiden. Die Idee dieser Arbeit ist, die Praxistauglichkeit der Kerbelrübe für Betriebe zu überprüfen und zu untersuchen, ob sich aufgrund einer wassersparenden Bewässerung Minderungen in den Ernteparametern bzw. im Geschmack ergeben. Um festzustellen, ob es Unterschiede in den zu prüfenden Merkmalen gibt, wurden 3 verschiedene Herkünfte im Praxisversuch angebaut. Um zu überprüfen, ob die Bewässerung einen Einfluss auf die zu untersuchenden Merkmale hatte, wurden zwei verschiedene Bewässerungs-Varianten eingesetzt.

Um den Einfluss von Herkunft und Bewässerung auf die Geschmacks-Parameter zu überprüfen, wurde im Anschluss an die Ernte eine sensorische Testung durchgeführt. In weiterer Folge wurde im physikalischen Labor der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf Erntegewicht, Brix-Wert sowie Wassergehalt der Rüben überprüft.

Die Forschungshypothesen dieser Arbeit werden folgendermaßen definiert:

- 1) Die verschiedenen Bewässerungs-Varianten haben einen Einfluss auf die Kerbelrüben bezüglich Erntegewicht, Wassergehalt, Brix-Wert und deren sensorischen Eigenschaften.

- 2) Die verschiedenen Herkünfte der Kerbelrüben zeigen Unterschiede bezüglich Erntegewicht, Wassergehalt, Brix-Wert und deren sensorischen Eigenschaften.

2 Die Kerbelrübe

2.1 Kulturart: Kerbelrübe

Die Kerbelrübe (*Chaerophyllum bulbosum* L.) (Abb. 1) gehört zur Familie der Apiaceae und der Gattung der *Chaerophyllum* (Kälberkröpfe) (Stešević et al., 2016). Sie ist eine traditionelle heimische Wildgemüsepflanze mit Verbreitung in Nord-, Mittel- und Osteuropa. In Osteuropa wächst sie auf dem Balkan, in Russland, West-Serbien und selten auch in Skandinavien (Serena et al., 2014).



Abbildung 1: Kerbelrübenpflanzen (Lischka 2017)

Abhängig von der Region ist die Kerbelrübe auch unter deutschen Synonymen wie „Knollkerbel, Gartenkerbel oder knolliger Kälberkropf“ bekannt. Letztere Bezeichnung bezieht sich auf den kropfartigen Stängelknoten der Pflanze (Bartha-Pichler, 2002).

Weitere (nicht deutschsprachige) Namen sind: turnip-rooted, garden chervil (Englisch); cerfoglio bulboso (Italienisch); cerefólio tuberoso (Portugiesisch); knoll-kervel (Holländisch); körvel (Schwedisch); mukulakirveli (Finnisch); czemegebaraboly (Ungarisch); świerząbek bulwiasty (Polnisch); klubenoviden kervel (Bulgarisch); kervel`korneplodnyj (Russisch) frenk maydonazu (Türkisch) (Vogel, 1996) und Krkoška, (Slowakisch); (Łuczaj, 2012).

Bei der Kerbelrübe gibt es zwei Unterarten: die heimische Kerbelrübe (*ssp. bulbosum*) und die sibirische Kerbelrübe (*ssp. prescottii*). Die sibirische Kerbelrübe zeichnet sich durch „Gelb-Fleischigkeit“ und größeres Knollenwachstum aus, wobei ihr geschmackliches Aroma bei weitem nicht so ausgebildet ist, wie bei der heimischen Kerbelrübe (Piwczyński et al., 2015).

Neben *C. bulbosum* gibt es noch weitere Spezies wie die Bergkerbelrübe (*C. hirsutum* L.), welche in den Gebirgsgegenden Süd- und Mitteleuropas verbreitet ist, und eine in ganz Europa verbreitete Kerbelart (*C. temulum* L.) (Vogel, 1996). In der freien Natur wächst sie in der Nähe von Flussufern (Reuther & Claßen-Bockhoff, 2013).

Die Kerbelrübe ist eine zweijährige Pflanze (Ajani et al., 2016), welche eine Höhe von bis zu 150 cm erreichen kann (Serena et al., 2014). Im ersten Standjahr bildet die Pflanze eine rübenartige knollige Pfahlwurzel (Abb. 2) und mehrfach gefiederte Blätter aus. Die Rübe kann ein Gewicht von 200 g erreichen. Die Rübenlänge liegt durchschnittlich bei 10 cm und die Rübendicke bei 3 bis 6 cm. Die Rübe wird aufgrund ihres außergewöhnlich süßlichen Geschmacks, der an Maroni erinnert, gerne verwendet (Nedelcheva, 2013), und kann roh sowie gekocht verspeist werden (Dénes et al., 2012).



Abbildung 2: Kerbelrübenwurzel (Lammer 2017)

Im zweiten Standjahr bilden sich dunkelrote hohe Blütenstände, welche eine Höhe von bis zu 180 cm erreichen können. Die Blütenstände erscheinen im Juni und Juli und die Blüten haben eine weiße Farbe (Vogel, 1996). Die Befruchtung erfolgt meistens über Schwebfliegen und Insekten (Serena et al., 2014). Das Tausendkorngewicht beträgt ca. 3,3 g (Peron, 1990).

2.2 Geschichte

Die Rübe wurde schon in der Antike im heutigen Deutschland verwendet und breitete sich später durch den Anbau in Klostergärten weiter aus (Serena et al., 2014). Wissenschaftlich wurde sie erstmals im Jahre 1601 von dem Botaniker Carolus Clusius erwähnt. Beschrieben wurde sie unter dem Namen „*Cicutaria pannonica*“. Da die Rübe aber eine Delikatesse war, wurde sie nur von der gehobenen Gesellschaft verspeist. Im Jahre 1651 berichtete der Botaniker Caspar Bauhin über Sichtungen von Kerbelrüben zwischen Mühlhausen und Basel. Hans Jäger bezeichnete 1871 die Kerbelrübe als eines der besten Nahrungsmittel aus dem Pflanzenreich (Bartha-Pichler & Zuber, 2002). In Frankreich sah man im Jahre 1862 den Anbau der Kerbelrübe als gute Alternative zu der unter Kraut- und Knollenfäule leidenden Kartoffelkultur an (Vogel, 1996).

2.3 Züchtung

Die Kerbelrübe fand im Jahre 1846 auch in Frankreich Einzug und wurde landwirtschaftlich genutzt, obwohl sich die Produktionen auf die lokalen Märkte beschränkte (Peron & Dubost, 1992). Mehr als 100 Jahre wurde die Kerbelrübe zuchttechnisch nicht bearbeitet. Eine Forschungsgruppe am Institute National d’Horticulture (INH) begann mit der züchterischen Bearbeitung im Jahre 1982 (Geoffriau et al., 2005). Ziel war die Bearbeitung spezieller Merkmale, unter anderem die Erhöhung des Ernteertrags, eine einheitliche Wurzel-Morphologie sowie die Verkürzung der Keimruhe.

In den Jahren 1982 und 1984 wurden Landrassen von französischen Landwirten gesammelt und die Forschungsgruppe begann mit einer Vorstudie, in der die morphologischen und physiologischen Eigenschaften gesammelt wurden. Mit den erworbenen Informationen der Vorstudie wurde das eigentliche Zuchtprogramm begonnen.

Die drei Landrassen wurden in folgenden Regionen gesammelt:

„C“ war eine Landrasse aus der Region „Châteauneuf-sur-Loire“ (Département Loiret).

„D“ war eine Landrasse aus der Region „Dôle“ (Département Jura) nahe der Schweizer Grenze.

„E“ war eine Landrasse aus der Region „Etampes“ (Département Essonne) im Süden von Paris.

Von 1985 bis 2000 wurde die Sammlung von Wildrassen um Populationen aus Deutschland, Rumänien und aus dem Osten von Frankreich erweitert. Im Jahre 1986 hatte das Team von INH zwei Genotypen selektiert, welche sich deutlich von ihren Ausgangspopulationen „C“ und „D“ unterschieden. Sie zeichneten sich durch eine runde Wurzelform und durch eine hellere Schale aus. Der Genotyp von Population „D“ wurde ausgewählt und unter dem Namen „Atlanta“ als Kontrollgruppe verwendet.

In den Folgejahren wurde an der Bearbeitung der Keimruhe geforscht, welche normalerweise nur durch niedrige Temperaturen (4 °C) während mindestens acht Wochen gebrochen werden kann. Im Jahre 1998 wurden zwei Genotypen mit den Namen „Vega“ und „M4.10“ selektiert, die auch im Februar gesät werden können und einen sehr guten Feldaufgang gewährleisten. Die Forschungsgruppe am INH beendete ihre Arbeit am Zuchtprogramm im Jahre 2000 (Peron & Briard, 2003).

Die Arche Noha arbeitete im Zuge des LEADER-Projekt „Gemüseraritäten aus dem Kamptal“ zusammen mit Gastronomen, Gärtnern, und Konsumenten an der Weiterentwicklung eines vielfältigen sowie nachhaltigen Gemüseanbaus. Das Saatgut hierfür wurde in kooperativen Netzwerken züchterisch bearbeitet und dezentral vermehrt. Das Projekt fand im Zeitraum 2016 bis 2019 statt (Lammer, 2019).

2.4 Anbau

Für den industriellen Erwerbsanbau ist die Kerbelrübe nicht interessant. Das liegt an den schwierigen Anbaubedingungen und dem hohen Einsatz an Arbeitsstunden für die Pflege der Kultur. Da es sich bei Kerbelrüben um Frostkeimer handelt, braucht das Saatgut kühle Temperaturen (mindestens 4 °C) für einen Zeitraum von 8 Wochen, um seine Keimruhe zu brechen (Stratifikation). Aus diesem Grund sollte das sehr kleine Saatgut am besten im Herbst ausgesät werden oder in feuchter Erde an einem kühlen, dunklen Ort für 2 Monate gelagert werden (Heistinger, 2010). Bei der Aussaat sollte nach Möglichkeit immer frisches Saatgut verwendet werden, da schon bei einjährigem Saatgut die Keimfähigkeit stark zurückgeht (Heistinger, 2007).

Die Kulturführung kann ein- oder zweijährig erfolgen. Die Erträge der zweijährigen Kultur liegen gering über jenen der einjährigen Kultur, wobei bei erwerbsmäßigem Anbau eine zweijährige Kulturführung aufgrund des höheren Arbeitsaufwandes nicht sinnvoll erscheint (Becker-Dillingen, 1929).

Als Standorte bevorzugt die Kerbelrübe halbschattige Lagen mit sandigen Lehmböden mit gutem Humusgehalt. Eher ungeeignete Böden sind schwere Tonböden (Vogel, 1996). Eine gleichmäßige Bodenfeuchte ist für eine erfolgreiche Kulturführung sehr wichtig. Es sollte auch keine frische Düngung ausgebracht werden, da es sich bei den Kerbelrüben um Schwachzehrer handelt. Durch die langsame Jugendentwicklung ist es sehr wichtig, zu Beginn den Boden beikrautfrei zu halten (Serena et al., 2014).

Bei einer einjährigen Kulturführung erfolgt die Aussaat von August bis Oktober (Fritz et al., 1989). Die Keimung der Samen erfolgt von Februar bis März des Folgejahres. Es wird empfohlen, einige Samen von Wintersalaten zwischen den Reihen einzusäen. Dies soll bei später keimenden Kerbelrübensamen bodenbedeckende Wirkung haben und den Beikrautdruck mindern. Nach dem Keimen der Kerbelrübensamen wird der Wintersalat ausgehackt. Der Reihenabstand wird mit 20 cm angegeben und die Saatgutmenge auf 5 g pro Quadratmeter berechnet. Bei der zweijährigen Kulturführung erfolgt die Saat im Herbst oder mit stratifizierten Samen im Frühjahr. Der Reihenabstand ist im Vergleich zum einjährigen Anbau geringer. Er beträgt 10 cm, ausgesät werden 10 g Samen pro Quadratmeter. Die restlichen Maßnahmen zur Kulturführung unterscheiden sich nicht von jenen der einjährigen Kultur. Im Juli werden die Rüben geerntet, wobei diese deutlich kleiner sind, als die der einjährigen Kultur, bedingt durch den verringerten Pflanzabstand (Becker-Dillingen, 1929). Alle Rüben, die nicht größer als eine Haselnuss und nicht kleiner als eine Erbse sind, werden direkt wieder eingepflanzt. Hierbei ist auch zu beachten, dass nur runde Rüben wieder eingepflanzt werden (Vorderwülbecke, 2006).

Bei der Fruchtfolge sollte man wie bei vielen anderen Doldenblütlern eine Anbaupause von 4 Jahren einhalten. Kerbelrüben können von Krankheiten und Schädlingen befallen werden, die auch bei Karotten, Pastinaken sowie Sellerie vorkommen. Zu diesen Krankheiten bzw. Schädlingen gehören *Erysiphe heraclei* (Falscher Mehltau) oder *Aphidoidea* (verschiedene Blattlausarten) (Vogel, 1996). Ein Auftreten von *Puccinia retifera* (Rostpilz) ist möglich, sowie auch von „*Parsnip yellow fleck virus*“ (PYFV). Speziell vor der Ernte können Möhrenwurzellause (*Dysaphis crataegi*) und verschiedene Wühlmausearten (*Arvicolinae*) Schäden an den Rüben verursachen. (Lammer, 2019).

Die Ernte der Rüben kann ab Juli bis August erfolgen und wird durch das Vergilben und Absterben der Blätter signalisiert. Zu diesem Zeitpunkt ist das Aroma der Rübe aufgrund des hohen Stärkegehalts noch nicht voll entfaltet (Heisting, 2010). Um ihren Geschmack und das typische Aroma zu erhalten, sollte die Rübe nach der Ernte für einen Zeitraum von mindestens 4 Monaten bei 10 °C lagern (Ayala-Garay et al., 2003).

2.5 Inhaltsstoffe

Kerbelrüben sind sehr eiweiß- und stärkehaltig sowie fettarm. Die getrockneten Rüben können bis zu 5% Zucker und 58% Stärke enthalten. Bei der Lagerung wird ein Teil der Stärke in Zucker umgewandelt, was zu dem süßlichen Aroma beiträgt. Aus diesem Grund wird eine zu lange Kellerlagerung nicht empfohlen, da sonst der süßliche Geschmack das feine Aroma der Rübe überdecken kann (Serena et al., 2014).

Eine Untersuchung der ätherischen Öle der Kerbelrübe zeigte 18 Komponenten, welche 32 % des Gesamt-Öls ausmachen. Sauerstoffhaltige Monoterpene bildeten mit 20% die Hauptfraktion der Öle. Linalool mit 18% und Pinene mit 8% bildeten die Hauptbestandteile des untersuchten Öls (Masoudi et al., 2011).

Extraktionsversuche mit *Chaerophyllum bulbosum* L. zeigten mehrere Komponenten von Flavonoiden und Phenolsäuren, welche als sekundäre Pflanzenstoffe immunomodulatorische, antikarzinogene und hepatoprotektive Eigenschaften aufweisen. Folgende Flavonoide wurden gefunden: Luteolin, Kaempferol, Apigeninhexoside, Luteolin/Kaempferoldeoxyhexoside, Luteolin- und Kaempferolhexoside, Quercetinhexoside sowie Luteolin- und Kaempferolacetylhexoside. In weiterer Folge wurden folgende Phenolsäuren gefunden: Caffeoylchinasäuren, Dicaffeoylchinasäuren, Malonyl-di-caffeoylchinasäuren und Acetylmalonyl-di-caffeoylchinasäuren. (Šibul, 2015).

3 Material und Methoden

3.1 Standort

Der Versuchsstandort befand sich im Lehr- und Versuchszentrum Jedlersdorf (LVZ). Dieses befindet sich am nördlichen Stadtrand von Wien, also am westlichen Rand der Pannonischen Klimazone. Der Standort hat relativ trockene und warme Sommer und mäßig kalte Winter. Die langjährige durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 9,8 °C, der durchschnittliche Jahres-Niederschlag beträgt 500 bis 600 mm und die durchschnittliche Sonnenscheindauer liegt bei 1800 Stunden. Der Boden besteht aus Schwarzerden über Donauschotter, die Bodenart ist sandiger Lehm. Der Standort an sich ist sehr windexponiert (Universität für Bodenkultur, 2019).

3.2 Klima

Die mittleren Tagestemperaturen (°C) in 2 Meter Höhe und die Niederschlagsaufzeichnungen (mm) werden in Abbildung 3 dargestellt. Die Daten wurden in der Wetterstation der Universität für Bodenkultur in Raasdorf in einem Zeitraum von 29.04.2017 bis 10.07.2017 aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen zeigen in diesem Zeitraum einen Gesamtniederschlag von 72,1 mm und eine durchschnittliche Tagestemperatur von 18,0 °C. Die niedrigste Durchschnittstemperatur betrug 5,4 °C und die Höchsttemperatur in diesem Zeitraum 26,4 °C

Die Aufzeichnungen aus dem Jahr 2016 zeigten für denselben Zeitraum eine Durchschnittstemperatur von 17,0 °C, und einen Gesamtniederschlag von 228,8 mm. Die höchste Durchschnittstemperatur in diesem Zeitraum lag bei 26,4 °C, und die niedrigste Temperatur betrug 5,0 °C.

Der Gesamt-Niederschlag im Jahr 2015 für denselben Zeitraum zeigte 77,9 mm und die durchschnittliche Tagestemperatur betrug 17,5 °C. Die niedrigste Durchschnittstemperatur im Jahr 2015 lag bei 9,4 °C und die höchste bei 27,8 °C (Universität für Bodenkultur, 2014).

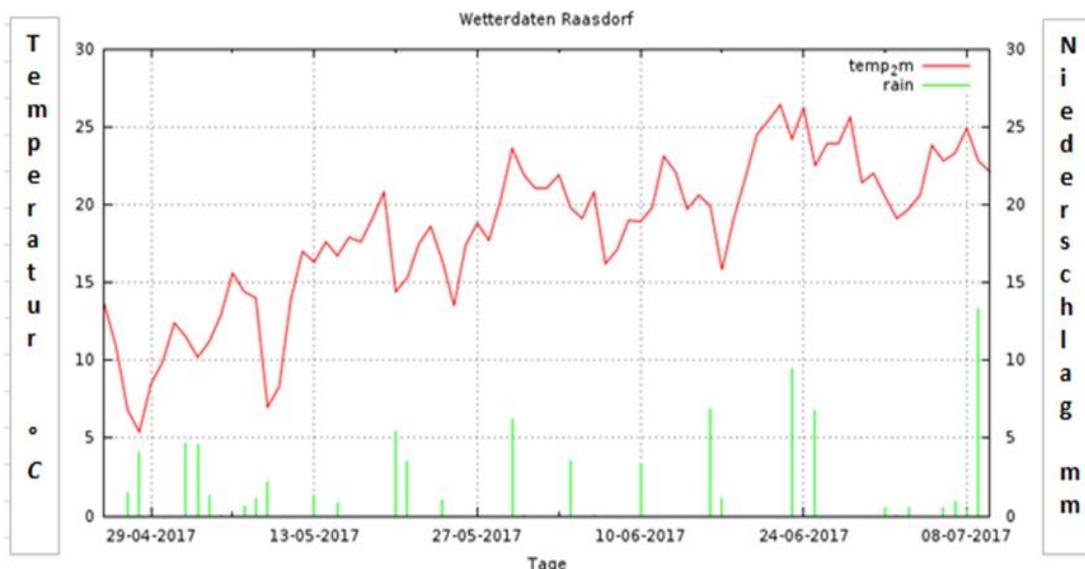


Abbildung 3: Temperatur & Niederschlagsdaten (Raasdorf) im Versuchszeitraum 29.04.17-10.07.17

3.3 Versuchsaufbau

Das Versuchsfeld mit 12,25 m x 12 m wurde in 24 Parzellen geteilt. Als Vorkultur am Versuchsfeld wurden im Vorjahr (2016) Kartoffel angebaut. Die drei Herkünfte (Beschreibung im Kapitel 3.5) wurden pro Variante in vierfacher Wiederholung und randomisierter Verteilung angebaut (Tab. 1). Mehrere Parzellen einer Herkunft wurden mit Boden-Wasser Sensoren ausgestattet. Die Parzellen, die mit Sensoren ausgestattet wurden, sind im Pflanzplan mit S markiert. Die Zahl spiegelt die Herkunft wieder und der Buchstabe die dazugehörige Wiederholung. Die Parzellen A-D wurden nach der Variante „praxisüblich“ bewässert, und die Parzellen E-H nach der Variante „reduzierte Bewässerung“.

Die Variante „praxisüblich“ soll eine Bewässerungs-Variante darstellen, wie sie durch den Landwirt üblicherweise verwendet wird. Die empirisch begründete Entscheidung, ob und wann Bewässerung erfolgt, wurde aufgrund von Wetterlage bzw. optischer Beurteilung der Pflanzen getätigt. Die Variante „reduzierte Bewässerung“ versucht eine effiziente und wassersparende Nutzung anzustreben, ohne das Pflanzenwachstum durch Trockenstress zu beeinflussen.

Die Parzellen wurden in einer Länge von zwei Metern und einer Breite von drei Metern angelegt. Zwischen den Parzellen waren 50 cm als Weg vorgesehen. In den Parzellen wurden Dammkulturen angelegt. In jeder Parzelle wurden vier parallel verlaufende Dämme gezogen,

in welche die Kerbelrüben-Jungpflanzen (aus Vorkultur im Gewächshaus) eingesetzt wurden. An der Unterseite der Dämme betrug die Breite 40 cm und an der Oberseite 20 cm. Die Höhe der Dämme lag bei 25 cm und der Abstand zwischen den Dämmen wurde mit 35 cm festgelegt. Aufgrund des schlechten Aufgangs der Samen wurde der Pflanzabstand in der Reihe auf 15 cm festgelegt. Dies ergibt eine Gesamtanzahl von 52 Pflanzen pro Parzelle. Pro Herkunft wurden acht Parzellen angelegt.

Die zwei verschiedenen Bewässerungs-Varianten wurden gleichmäßig auf die Parzellen aufgeteilt. Die separate Bewässerung der Varianten mittels Tropfschlauch erfolgte manuell durch Mitarbeiter des LVZs. Leider mussten aufgrund von nicht ausreichend gekeimten Jungpflanzen bei der Herkunft 3 je Bewässerungs-Variante eine Parzelle aus dem Versuch entfernt werden. Die nicht angebauten Parzellen von Herkunft 3 sind in der Tabelle 1 mit X markiert. Aus diesem Grund sind bei Herkunft 3 nur drei Parzellen pro Bewässerungs-Variante vorhanden.

Tabelle 1: Pflanzplan Versuchsfeld Zahl=Herkunft (1=Ochsenherz, 2=Grüne Erde, 3=Sativa), Buchstaben A-D=praxisüblich, E-H=reduzierte Bewässerung, X= nicht angepflanzte Parzelle, S= Parzelle mit Sensoren (erstellt von Lischka und Balas)

3H/X	1G	1C	3A/X
2F	1F	2A	3B
2G	3E	2B/S	1B
1H	2E/S	3D	2D/S
2H/S	1E	2C	3C
3G	3F	1D	1A

3.4 Sensoren für volumetrischen Bodenwassergehalt

Zur Analyse der zwei Bewässerungs-Varianten wurden acht Boden-Wasser Sensoren der Marke „Sentek Enviro SCAN“ (Modell „Sentek RT6“) im Boden installiert, welche kontinuierlich im Zeitraum von 29.05.2017 bis 11.07.2017 Daten erhoben haben.

Es kamen 4 Sensoren pro Bewässerungs-Variante zum Einsatz, wobei die Sensoren nur in Parzellen der Herkunft 2 eingesetzt wurden. In einer mit Sensoren bestückten Parzelle wurden je zwei Messgeräte installiert (Abb. 4). Die Messdaten wurden in 10 cm, 20 cm, 30 cm und 50 cm Bodentiefe erhoben. Aufgrund der geringen Wurzellänge der Kerbelrübe wurden die Messdaten von 10 bis 30 cm verwendet.

Die Sensoren wurden vom Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement der Boku zur Verfügung gestellt, eingerichtet und betrieben. Die Messergebnisse wurden in einem solarbetriebenen Datenspeicher direkt am Feld gesichert. Diese wurden einmal pro Woche ausgelesen und extern gespeichert (Abb. 5).



Abbildung 4: Installation der Sensoren am Versuchsfeld (Lischka 2017)



Abbildung 5: Datenspeicher am Versuchsfeld mit Solar-Panel (Lischka 2017)

Die Rohdaten, welche von den Sensoren gemessen wurden, werden über eine Kalibrierungsgleichung in den volumetrischen Bodenwassergehalt konvertiert. Dieser Wert wird ausgedrückt als Wasservolumen pro Volumeneinheit des Bodens. Daraus folgt 1 mm = 1 mm Höhe pro m² Bodenfläche = 1 Liter. Wird bei einem Sensor 1mm gemessen bedeutet dies dass in einer 100 mm dicken Bodenschicht 1 mm Wasser enthalten ist, bezogen auf das Volumen. Für diese Bodenschicht (und nur für diese Bodenschicht) entspricht dieser Wert einem volumetrischen Bodenwassergehalt von 1 %. (Anonymous, 2019).

Die von den Sensoren gemessenen Unterschiede in den volumetrischen Bodenwassergehalten bezüglich der Bewässerungs-Varianten („praxisüblich“ / „reduzierte Bewässerung“) sind in Tabelle 2 abgebildet. Da bei diesem Versuch weder die Bewässerungsmenge der einzelnen Varianten noch die Nutzbare Feld Kapazität (NFK) bestimmt wurde, können die Unterschiede in der Bewässerung nur über die gemessenen Volumetrischen Bodenwassergehalte ausgedrückt werden.

Tabelle 2: Mittelwert der Sensordaten nach Bodenschichten. Volumetrischer Bodenwassergehalt während des Versuchszeitraums von 29.05.17 bis 11.07.17

Bodenschicht	0-100mm	100-200mm	200-300mm
reduzierte Bewässerung	20,3mm	25,84mm	32,23mm
praxisüblich	21,9mm	32,89 mm	34,86mm

3.5 Pflanzenmaterial- Herkünfte

Das Saatgut, das bei der vorliegenden Arbeit zu Verwendung kam, wurde von der Arche Noah (NGO) zur Verfügung gestellt. Für den Versuch wurden Kerbelrüben von drei verschiedenen Herkünften angebaut. Zwei der drei Herkünfte kamen aus Österreich und eine aus der Schweiz:

Ochsenherz Ochsenherz (AT) Herkunft 1

Grüne Erde Arche Noah (AT) Herkunft 2

Sativa Sativa (CH) Herkunft 3

Die Herkunft „Ochsenherz“ (Abb. 6) stammte vom gleichnamigen Betrieb Ochsenherz, welcher sich in Niederösterreich in Gänserndorf befindet und nach dem Prinzip von GELA

[GE(meinsam) LA(ndwirtschaften)] geführt wird. Peter Laßnig experimentierte seit vielen Jahren mit diversen Kerbelrüben-Herkünften, welche im Detail nicht rekonstruierbar sind. Die vorliegende Population kann als „Hofsorte“ bezeichnet werden und ist durch offenes Abblühen und wiederholte Selektion entstanden.



Abbildung 6: Ochsenerz (Lammer 2017)

Die Herkunft „Grüne Erde“ (Abb. 7) stammte von der Arche Noah, welche ihren Hauptsitz in Niederösterreich in Schiltern hat. Die Arche Noah ist seit vier Jahren im Zuge des LEADER-Projekts "Gemüseraritäten aus dem Kamptal" selbst an der züchterischen Bearbeitung von Kerbelrüben beteiligt.

Die Population wird seit 2002 im Arche Noah Samenarchiv erhalten (SG129). Ursprünglich stammte die Herkunft aus dem Saatgut-Sortiment des Österreichischen Einzelhandelsunternehmens „Grüne Erde“, das seit 35 Jahren hauptsächlich Wohnaccessoires, ökologische Kleidung und Naturkosmetik vertreibt. Weitere Informationen zur genaueren Saatgutherkunft sind nicht verfügbar.



Abbildung 7: Grüne Erde (Lammer 2017)

Die Herkunft „Sativa“ (Abb. 8) aus der Schweiz stammte von dem Saatgutunternehmen „Sativa“, welches biologisches und biodynamisches Saatgut herstellt. Der Hauptsitz befindet sich in Rheinau im Kanton Zürich. Ausgangspunkt war vor etwa 5 Jahren ein Gemisch aus verschiedenen Herkünften aus der Sammlung von Pro Specie Rara. Daraus wurde mittels mehrjähriger Selektion die Herkunft „Sativa“ entwickelt.



Abbildung 8: Sativa (Lammer 2017)

3.6 Kultur-Management

Wegen eines Fehlers der Post wurde das Saatgut von der Arche Noah an die Boku verspätet zugestellt. Aus diesem Grund war eine übliche Direkt-Saat, wie sie auch bei Karotten oder Pastinaken angewendet wird, bei diesem Versuch nicht mehr möglich (Abb. 9).



Abbildung 9: Frisch gekeimte Kerbelrübenpflanzen 20.03.2017 (Lischka 2017)

Die verschiedenen Herkünfte wurden am 24. und 25. Jänner 2017 in „77er Multitopf“ Paletten angebaut. In jedem Loch wurden aufgrund der niedrigen Keimraten der Kerbelrübe drei Samen ausgelegt. Insgesamt wurden pro Pikierkiste 231 Samen angebaut. Je Herkunft wurden sieben Pikierkisten mit Samen angesetzt. Insgesamt wurden pro Herkunft 1617 Samen angebaut. Als Anbaumedium wurde Anzucherde der Marke „Bio Kräuter und Aussaaterde“ (Firma Best Green) verwendet.



Abbildung 10: Pikierkisten mit Herkunft „Ochsenherz“
20.04.17 (Lischka 2017)



Abbildung 11: Kerbelrüben nach dem Auspflanzen
(25.04.1) Herkunft „Ochsenherz“ (Lischka 2017)

Da die Kerbelrübensamen über einen gewissen Zeitraum kalte Temperaturen brauchen, um zur Keimung angeregt zu werden, wurden diese zuerst im unbeheizten Erdglashaus im LFZ Jedlersdorf untergestellt. Die Keimung der Samen begann ab 15. März 2017. Nach der Keimung wurden die Pflanzen (Abb. 10) in das große Hermann-Glashaus des LFZ Jedlersdorf gestellt. Aufgrund der sehr nassen Wetterverhältnisse war es erst am 25. April 2017 möglich, die Jungpflanzen an ihren endgültigen Standort im LFZ Jedlersdorf auszupflanzen (Abb. 11).

3.6.1 Pflegemaßnahmen und Kulturverlauf

Da die Kerbelrüben eine sehr langsame Jungentwicklung haben, ist die Pflege der Kultur speziell am Anfang mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden. Durch das langsame Pflanzenwachstum der Kerbelrübe in den ersten Wochen ist der Beikrautdruck am Feld sehr hoch.

Aus diesem Grund wurde ab dem Auspflanzen auf dem Feld einmal in der Woche das Beikraut manuell entfernt, um den Pflanzen eine optimale Entwicklung zu garantieren und um Stress durch Konkurrenz zu mindern (Abb. 12).

Ein Monat nach dem Aussetzen begann die Kerbelrüben stetig zu wachsen und der Beikrautdruck ließ nach (Abb. 13), wobei noch immer einmal in der Woche das frisch gewachsene Beikraut entfernt wurde. Da es sich bei Kerbelrübe um einen Schwachzehrer handelt, wurde bei diesem Versuch auf Düngung verzichtet.



Abbildung 12: Kerbelrüben am Feld nach manueller Beikraut Entfernung am 25.05.2017 (Lischka 2017)



Abbildung 13: Kerbelrübenpflanze Ochsenherz 16.06.2017 (Lischka 2017)

Am 10. Mai zeigte sich auf der Kultur ein erhöhter Befall von Erbsenblattläusen *Acyrtosiphon pisum*. Daraufhin wurden die Kerbelrüben am 17. Mai mit dem biologischen Insektizid „Spruzit“ behandelt, welches auch eine sehr gute Wirkung zeigte und den Blattlausbefall stoppte.

3.6.2 Ernte und Lagerung der Rüben

Im Juli waren die Rüben erntereif, was durch ein Vergilben der Blätter angezeigt wird, weshalb sie am 10. Juli 2017 geerntet wurden. Hierbei wurde jeder Damm in der Parzelle einzeln geerntet. Einige geerntete Rüben zeigten Fraß-Schäden bedingt durch Wühlmäuse (Abb. 14).

Die gereinigten und entblätterten Rüben wurden in Papier-Säckchen eingepackt und beschriftet. In weiterer Folge wurden die Papier-Säckchen im Erdkeller des LVZ für 4 Monate bei 10 °C zur Lagerung untergebracht. Am Ende der Lagerung zeigten manche Rüben Schimmelbefall und konnten für die weitere Analyse nicht mehr verwendet werden (Abb. 15).



Abbildung 14: Fraß-Schaden durch Wühlmaus "Grüne Erde" (Lischka 2017)



Abbildung 15: Schimmelbefall nach Lagerung "Sativa" (Lischka 2017)

3.7 Methoden

3.7.1 Sensorisches Labor

Die sensorische Prüfung fand am 16.11.2017 im Sensorik-Labor des Instituts für Gartenbau statt. Aufgrund von Lagerschäden konnten einige Kerbelrüben nicht mehr für den Versuch verwendet werden. Daher wurde die Zahl der sensorischen Tester auf vier Personen reduziert. Die Gruppe bestand aus Kolleginnen und Kollegen und ist als „ungeschultes Panel“ zu charakterisieren. Es befanden sich gleich viele Frauen wie Männer in der Testgruppe. Alle Testpersonen waren österreichische Staatsbürger und unter 29 Jahre alt.

Die erste männliche Testperson war 26 Jahre alte und studierte an der Boku Wien Agrarwissenschaften. Die zweite männliche Testperson war 27 Jahre alt und studierte an der Boku Wien „Nutzpflanzen Wissenschaften“. Die erste weibliche Testperson war 25 Jahre alt und studierte Jus an der Uni Wien. Die zweite weibliche Testperson war 26 Jahre alt und arbeitete als diplomierte Krankenschwester in einem Krankenhaus in Wien.

Um für gleiche Lichtverhältnisse während der Verkostung zu sorgen, wurde der Raum mittels Jalousien abgedunkelt. Die Testpersonen hatten einen eigenen Tisch, welcher mit einem Licht- und einem Sicht-Schutz zum Nachbartisch ausgestattet war. Die Proben wurden den Testpersonen einzeln zu ihren Tischen gebracht. Zwischen den Proben wurde Brot zur Neutralisierung des Geschmacks angeboten.

Die Testpersonen waren alle Nicht-Raucher und wurden gebeten, am Vortag sowie am Tag der Verkostung auf den Konsum von Kaffee zu verzichten. Die Verkostung dauerte insgesamt mit Pausen 5 Stunden und wurde an einem Tag durchgeführt. Am Vortag der Verkostung wurde alle nötigen Vorbereitungen getroffen sowie ein Probelauf zum Dämpfen der Rüben vorgenommen, um den besten Garpunkt (3 Minuten) für die Verkostung zu bestimmen.

Die Rüben wurden in rohem Zustand sowie auch gedämpft verkostet. Zum Dämpfen wurde ein „Thermomix Multifunktionsmixer“ der Marke „Vorwerk“ verwendet. Die Proben wurden im Dampfgaraufsatz für drei Minuten bei einer konstanten Wassertemperatur von 110 °C gedämpft. Die Rüben wurden in vier Teile geschnitten und den Verkostern auf einem weißen Einwegteller direkt vorgesetzt.

Im ersten Durchgang wurden jeder Testperson jeweils eine gedämpfte und eine rohe Probe pro Parzelle vorgesetzt. Nach einer kurzen Pause wurde ein weiterer Durchgang durchgeführt. Dies ergibt pro Person und Zubereitungsart 16 Proben von „Ochsenherz“ sowie 16 Proben von „Grüne Erde“. Bei „Sativa“ standen 12 Proben pro Person und Zubereitungsart zur Verfügung. Insgesamt gab es dadurch 176 Bewertungen pro Zubereitungsart.

Die Testpersonen hatten während der Verkostung einen Fragebogen auszufüllen, in dem fünf sensorische Kriterien abgefragt wurden: Geschmack, Süße, Aroma, Konsistenz und Aussehen. Pro Kriterium gab es fünf Möglichkeiten zur Auswahl (Tab. 3), wovon eine ausgewählt werden sollte.

Die erste Möglichkeit wurde mit 1 kodiert, die letzte mit 5. Die Darstellung und Auswertung der sensorischen Tests erfolgte mittels Spinnennetzdiagramm. Spinnennetzdiagramme eignen sich sehr gut, um die geprüften Merkmale optisch besser darstellen zu können und verständlich zu machen.

Jede Achse des Spinnendiagramms stellt eines der überprüften sensorischen Merkmale (z.B. Aroma, Konsistenz, ...) dar. Auf den Achsen sind Zahlen von 1 bis 5 eingetragen. Die am häufigsten gewählte Ausprägung ist der Modus und wurde in die zutreffende Achse eingetragen. Für einen konkret zu untersuchenden Datensatz werden die entsprechenden Modi auf den Achsen durch eine Linie verbunden. Diese Methode bildet das Spinnendiagramm.

Tabelle 3: Sensorischer Testbogen (erstellt von Lischka und Balas)

	1	2	3	4	5
Aussehen	sehr appetitlich	appetitlich	neutral	wenig appetitlich	unappetitlich
Riecht nach	Kerbelrübe	Karotte	Pastinake	Fenchel	Nuss
Aroma - Geschmack	Walnuss	Maroni	Cashew (Kaschu)	Haselnuss	Rüben
Süße	süß	süßlich	neutral	bitter	säuerlich
Konsistenz - Mundgefühl	schmelzend	faserig	zäh	saftig	trocken
Eigene Ergänzung					

3.7.2 Physikalisches Labor

Direkt nach der Ernte wurden die gereinigten Rüben für die Bestimmung des Ertrags gewogen. Die Blätter und Stängel wurden vor dem Wiegen der Rüben entfernt. Die Gewichtsdaten von Blätter und Stängel wurde nicht erfasst. Da jeder Damm einzeln geerntet wurde, standen je Parzelle 4 Gewichtsdaten zu Verfügung. Daraus resultieren 88 Einzelwerte für die Analysen. Der Ertrag wird in Kilogramm pro Laufender Meter (kg lm^{-1}) angegeben. Eine Erhebung des Einzelgewichts der Rüben wurde nicht durchgeführt.

Für die Bestimmung des Wassergehalts wurden direkt nach der Ernte pro Parzelle 2 Rüben ausgewählt. Diese wurden halbiert und dann in leere Petrischalen gelegt, welche beschriftet und mit einer Präzisionswaage gewogen wurden. Hierfür wurde eine Sartorius-Präzisionswaage verwendet. Nach dem Wiegen wurden die Schalen für drei Tage bei 88 bis 92 °C im Trockenschrank des Instituts für Gartenbau getrocknet.

Dieser war ein belüfteter Trockenschrank der Marke „Ehret“. Anschließend wurden die Petrischalen zurückgewogen, um das Trockengewicht festzustellen. Mittels eines Vergleichs von Feucht zu Trockengewicht wurde der Wassergehalt errechnet. Dieser wird in der Analyse als Wassergehalt pro kg Masse angegeben. Da der Wassergehalt zweimal pro Parzelle bestimmt wurde, standen insgesamt 44 Werte zur Verfügung.

Am 17. und 18. November 2017 wurden die Kerbelrüben im Labor des Instituts für Gartenbau an der Universität für Bodenkultur analysiert. Aufgrund der Lagerschäden und der für die sensorische Verkostung benötigten Rüben war nur eine begrenzte Anzahl an Proben für die Laborauswertung vorhanden. Wegen der begrenzten Probenmenge und der sehr niedrigen Saftausbeute der Rüben konnte die geplante Bestimmung von Gehalt an organischen Säuren nicht durchgeführt werden.

Wegen der geringen benötigten Pflanzensaftmenge konnte die Bestimmung des Zuckerwertes pro Rübe trotz der geringen Saftausbeute durchgeführt werden. Hierbei kam ein Digital-Refraktometer der PAL-Serie von der Firma „Atago“ zum Einsatz. Der ausgegebene Wert wurde in % Brix (pro Rübe) angezeigt und gab die Gesamtheit gelöster löslicher Trockensubstanz an. Da für jede Parzelle der Brix-Wert einmal bestimmt wurde, standen für diese Analyse 22 Werte zur Verfügung.

Um genügend Pflanzensaft für die Brix-Wert Bestimmung zu gewinnen, wurden mehrere Verfahren kombiniert. Begonnen wurde mit einer Gefrierextraktion, bei der kleine Stücke in Plastikröhrchen gefüllt und in den Tiefkühler gelegt wurden. Nach drei Tagen im Tiefkühlfach wurden die Proben langsam wieder aufgetaut. Da sich selbst nach dem Zentrifugieren der Plastikröhrchen nicht genug Pflanzensaft freisetzte, wurden die Proben danach mit einer Knoblauchpresse ausgedrückt. So war es möglich, trotz der geringer Pflanzensaftausbeute genügend Flüssigkeit zu erhalten, um den Brix-Wert (pro Rübe) zu bestimmen.

Bei der Vorbereitung für die sensorische Verkostung wurde bei jeder Variante ein Jod-Stärketest durchgeführt, der bei allen Rüben positiv war und aufgrund einer starken Verfärbung auf einen hohen Stärkegehalt hinweist. Da alle getesteten Rüben die gleiche Verfärbungsintensität aufwiesen, konnten zwischen den verschiedenen Varianten keine Unterschiede im Stärkegehalt festgestellt werden.

Die Farbe der Kerbelrübenschale und deren Fruchtfleisch wurde mit dem Chroma-Meter „CR-400“ der Firma „Konica Minolta“ gemessen. Die Farbmessung wurde doppelt durchgeführt und erfolgte im gemessenen Mittelpunkt von Breite und Länge der jeweiligen Rüben.

Während der sensorischen Verkostung wurde im rohen Zustand eine erste Farb-Messung gemacht. Nach erfolgtem Dämpfen der Rüben wurde eine weitere Farb-Messung von Schale und Fruchtfleisch durchgeführt.

3.8 Statistische Auswertung

Die für die statistische Auswertung verwendenden Daten wurden im ersten Schritt in Microsoft Excel 2010 eingegeben, um einen Überblick über die Datensätze zu erhalten. In weiterer Folge wurden sie als CSV-Datei in das Statistik Programm R- Studio (Version 3.6.1) eingelesen.

Um zu überprüfen, ob sich die gemessenen Werte der Bodenwassersensoren in den unterschiedlichen Bewässerungs-Varianten signifikant unterscheiden, wurde in Microsoft Excel pro Bodentiefe ein t-Test zum Signifikanzniveau von 5% durchgeführt.

In R-Studio wurden die Daten mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft. Wenn eine Normalverteilung der Daten gegeben war, wurde mittels zweifaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) festgestellt, ob die Haupteffekte gegeben sind und ob die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Bewässerung und Herkunft einen statistisch signifikanten Einfluss hatten.

Bei gegebener Wechselwirkung wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt. Dies geschah, um Unterschiede in den Mittelwerten bei den verschiedenen Herkünften und Bewässerungs-Varianten in den zu prüfenden Variablen zu ermitteln.

Um auf Varianzhomogenität zu testen, wurde mit einem Signifikanzniveau von 5 % der Levene-Test angewandt.

Waren keine varianzhomogenen Ergebnisse zu erkennen, wurde mittels Post-hoc-Test nach Tamhane überprüft, ob signifikante Unterschiede vorliegen. p-Werte von $p \leq 0,05$ wiesen auf signifikante Unterschiede hin und werden in der Tabelle durch Buchstaben gekennzeichnet.

Bei nicht normalverteilten Daten wurde der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt, um zu analysieren, ob die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Bewässerung und Herkunft einen statistisch signifikanten Einfluss hatte. Bei gegebenem Einfluss der einzelnen Faktoren bzw. Wechselwirkung wurden die einzelnen Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test miteinander verglichen. Für das Signifikanzniveau von 5% wurde eine Bonferroni-Korrektur (Wahrscheinlichkeit/Anzahl der Tests) angewendet. Die Ergebnisse der Tests werden zur Gruppierung benutzt und mittels Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen an, dass der Test keine signifikanten Unterschiede festgestellt hat.

4 Ergebnisse

Um zu überprüfen, ob die verschiedenen Bewässerungs-Varianten in ihren Mittelwerten Unterschiede aufwiesen, wurde für jede Bodentiefe (10, 20, 30 cm) ein t-Test angewandt. Dieser zeigte mit einem p-Wert von $1,16e^{-7}$, dass sich die Variante „praxisüblich Bewässerung“ und „reduzierte Bewässerung“ in der Messtiefe 10 cm signifikant unterschieden. In weiterer Folge wurden aufgrund eines p-Werts von $2,2e^{-16}$ auch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Bewässerungs-Varianten in den Messtiefen 20 und 30 cm festgestellt. Dies bedeutet, dass die „praxisübliche Bewässerung“ in allen drei Bodentiefen signifikant höhere Werte aufweist als die „reduzierte Bewässerung“.

4.1 Erntegewicht pro Laufender Meter

Vergleich von „praxisübliche Bewässerung“ und „reduzierter Bewässerung“

Der Shapiro-Wilk-Test zeigte aufgrund des niedrigen p-Wertes von $2,667e^5$, dass keine Normalverteilung der Ertragsdaten (pro Laufender Meter) vorhanden war. Mittels Kruskal-Wallis-Test wurde festgestellt, dass sowohl die Herkunft ($p=7,448e^5$) als auch die Bewässerungs-Varianten ($p=2,123e^5$) einen Einfluss auf die Erträge (kg lm^{-1}) hatten. In weiterer Folge konnte ein Einfluss der Wechselwirkung zwischen den Faktoren festgestellt werden ($p=1,18e^7$). Daraufhin wurden die einzelnen Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test verglichen. Dieser ergab insgesamt 15 verschiedene Tests, daher wurde das Signifikanzniveau mittels der Bonferroni-Methode von 0,05 auf 0,00333, korrigiert.

Aus deskriptiver Sicht zeigten sich die höchsten Ernte-Erträge (kg lm^{-1}) bei der Herkunft „Ochsenherz“ (Abb. 16). Die Bewässerung der Variante „praxisüblich“ zeigte bei dieser Herkunft einen positiven Effekt, da „Ochsenherz“ die höchsten Erträge (kg lm^{-1}) hatte, aber auch die höchste Streuung der Werte aufwies.

Die niedrigsten Erträge (kg lm^{-1}) wurden bei der Herkunft „Sativa“ gemessen. Hier zeigten die unterschiedlichen Bewässerungs-Varianten keinen Einfluss auf die Erträge (kg lm^{-1}). Die Erträge (kg lm^{-1}) von „Grüne Erde“ bei „praxisüblicher Bewässerung“ lagen zwischen denen der beiden anderen Herkunft in derselben Bewässerungs-Variante.

In der Variante „reduzierte Bewässerung“ hatte „Grüne Erde“ durchschnittlich ähnliche Erträge (kg lm^{-1}) wie die Herkunft „Sativa“ bei „praxisüblicher Bewässerung“ bzw. „reduzierter Bewässerung“.

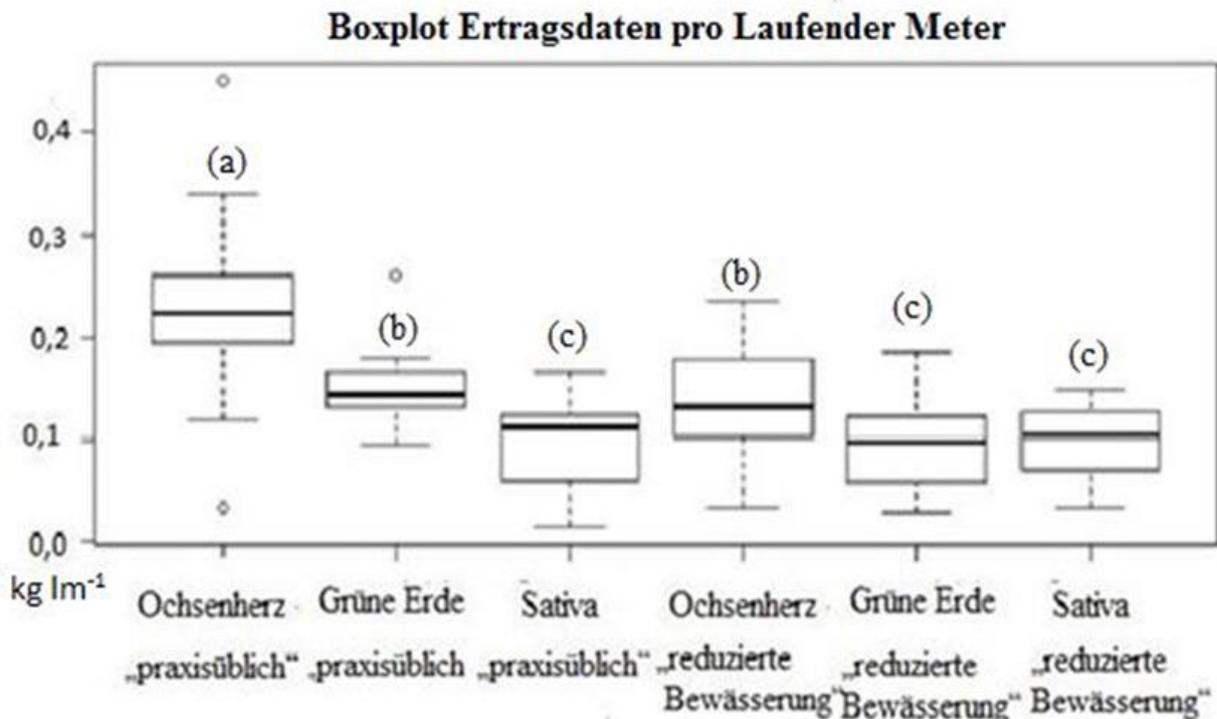


Abbildung 16: Boxplot zu den Erntegewichten (kg lm^{-1}) aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“. Signifikante Unterschiede in den paarweisen Mann-Whitney-U-Tests bei $p \leq 0,0033$ sind durch Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen dieselbe Gruppe an, $n=88$.

4.2 Brix-Wert pro Rübe

Vergleich von „praxisübliche Bewässerung“ und „reduzierte Bewässerung“.

Der Shapiro-Wilk-Test zeigte, dass mit einem p-Wert von 0,28 die Daten der Brix-Werte (pro Rübe) eine Normalverteilung aufwiesen. Die zweifaktorielle ANOVA ergab, dass weder die Herkunft ($p=0,0758$) noch die Bewässerungs-Variante ($p=0,1367$) einen Einfluss auf den Brix-Wert (pro Rübe) hatten. Wechselwirkung zwischen den Faktoren konnten nicht festgestellt werden.

Varianzhomogenität der Daten war nicht gegeben. Der Post-hoc-Test nach Tamhane zeigte bezüglich des 5 % Signifikanzniveau knapp keinen signifikanten Unterschied. Jedoch würde sich bezüglich des 10 % Signifikanzniveaus ein signifikanter Unterschied ergeben, welcher durch die Herkunft „Ochsenerz“ bedingt ist.

Das bedeutet bezüglich des höheren Signifikanzniveaus, dass „Ochsenherz“ einen niedrigeren Mittelwert aufweist als die anderen zwei Herkünfte. Insgesamt ist zu erwähnen, dass die Stichproben-Größe sehr gering war und die statistischen Tests nur eine geringe Trennschärfe aufwiesen. Daher können sich die Testergebnisse vom visuellen Eindruck unterscheiden.

Aus deskriptiver Sicht zeigten sich durchschnittlich die niedrigsten Brix-Werte (pro Rübe) unabhängig von der Bewässerungs-Variante bei der Herkunft „Ochsenherz“. Die durchschnittlich höchsten Brix-Werte wurden bei der Herkunft „Grüne Erde“ gemessen, wobei im Boxplot (Abb. 17) zu erkennen ist, dass die Variante „praxisübliche Bewässerung“ deutlich höhere Zucker-Werte aufwies als die Variante „reduzierte Bewässerung“.

In weiterer Folge ist bei „Grüner Erde“ die höchste Streuung der Werte zu erkennen. Die Herkunft „Sativa“ reihte sich aufgrund der gemessenen Brix-Werte zwischen den zwei anderen Herkünften ein. Auch innerhalb der Herkunft „Sativa“ zeigten sich höhere Brix-Werte pro Rübe bei „praxisüblicher Bewässerung“.

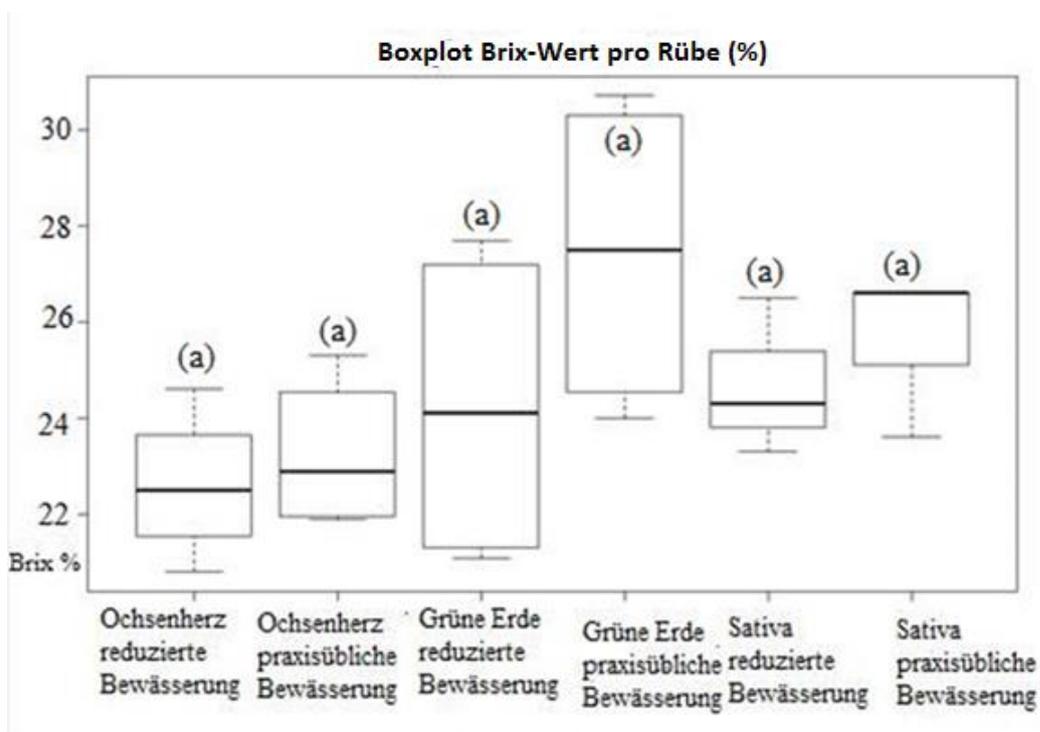


Abbildung 17: Boxplot zum Brix-Wert pro Rübe (%) des Rübenpresssafts aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“. Signifikante Unterschiede, welche durch die zweifaktorielle ANOVA bei $p \leq 0,05$ festgestellt wurden, sind durch Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen dieselbe Gruppe an, $n=22$.

4.3 Wassergehalt pro kg Masse

Vergleich „praxisübliche Bewässerung“ und „reduzierte Bewässerung“

Bei den Wassergehalten (pro kg Masse) zeigte der Shapiro-Wilk-Test, dass keine Normalverteilung gegeben war ($p=0,0079$). Der Kruskal-Wallis-Test zeigte, dass keine Wechselwirkung ($p=0,1627$) zwischen den Faktoren vorlag und der Faktor Bewässerungs-Variante ($p=0,8044$) keinen signifikanten Einfluss auf den Wassergehalt der Rüben hatten. Die Herkunft hatte einen knapp signifikanten Einfluss ($p=0,0407$) auf den Wassergehalt zum 5 % Niveau. Daraufhin wurde mittels Mann-Whitney-U-Test der Wassergehalt nach den Herkünften gruppiert. Dies ergab 3 Tests, daher wurde das Signifikanzniveau mittels Bonferroni-Methode von 0,05 auf 0,01666667 korrigiert.

Herkünfte im Vergleich

Aus deskriptiver Sicht zeigten sich bei den Herkünften „Grüne Erde“ und „Sativa“ im Mittelwert ähnliche mittlere Wassergehalte (pro kg Masse) (Abb. 18), wobei bei „Sativa“ eine höhere Streuung der Werte zu erkennen ist. Den tendenziell höchsten Wassergehalt zeigte die Herkunft „Ochsenherz“ mit einer Streuung der Werte, die zwischen denen von „Sativa“ und „Grüner Erde“ liegt.

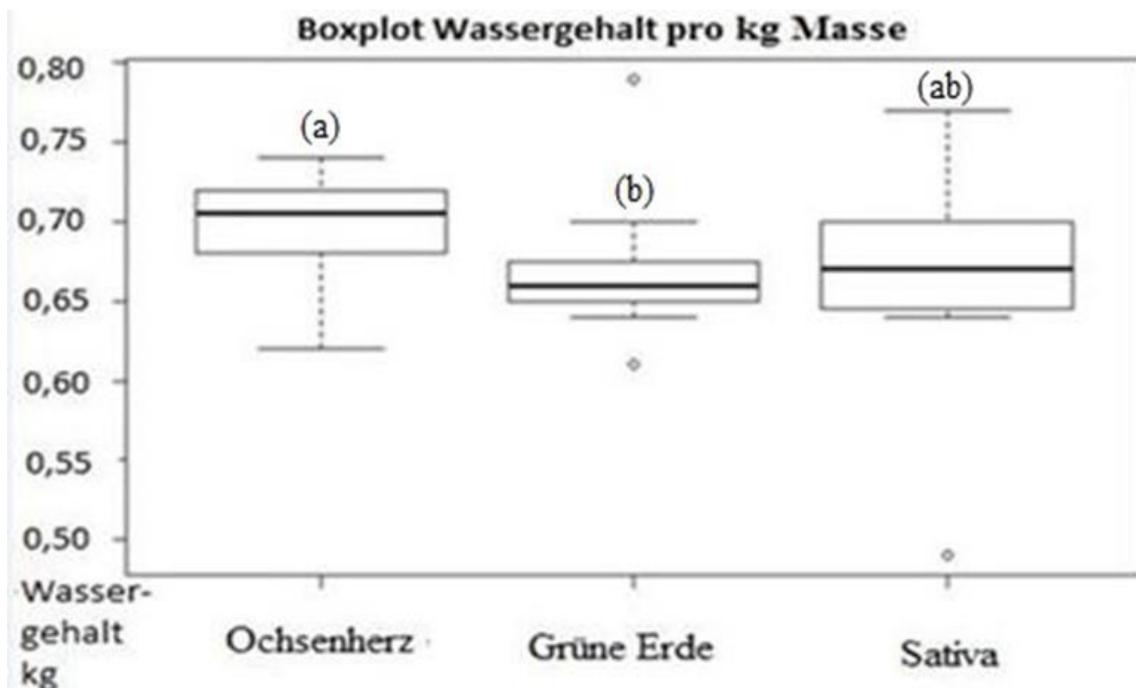


Abbildung 18: Boxplot zu den Wassergehalten in kg pro kg Frischmasse aufgeschlüsselt nach verschiedenen Herkünften. Signifikante Unterschiede in den paarweisen Mann-Whitney-U-Tests bei $p \leq 0,016$ sind durch Buchstaben gekennzeichnet, d.h. gleiche Buchstaben zeigen dieselbe Gruppe an, $n=44$.

4.4 Sensorik

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der sensorischen Testung als Spinnendiagramm dargestellt. Pro Kriterium gab es fünf Möglichkeiten zur Auswahl. Die meist gewählte Möglichkeit des Kriteriums wurde im Spinnendiagramm auf der Achse eingetragen. Im ersten Teil werden die Ergebnisse der Verkostung von Rohproben präsentiert und im zweiten Abschnitt die Ergebnisse gedämpfte Proben.

4.5 Ergebnisse der Verkostung von Rohproben

In diesem Abschnitt werden die Auswertungen der Rohproben präsentiert. Nach einem Vergleich von „praxisübliche Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (Abb. 19) und den Herkünften folgen, die Ergebnisse bezogen rein auf die Herkünfte (Abb. 20).

4.5.1 Verkostung der Rohproben: „praxisübliche Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“

Bei dem Vergleich der „praxisüblichen Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ zeigten sich Unterschiede. In dem Merkmal „Aroma“ wurden alle Varianten mit „Rüben“ bewertet (Abb. 19), ausgenommen von „Grüne Erde“ bei „reduzierte Bewässerung“, welche die Wertung „Walnuss“ erhielt.

Bei dem Merkmal „Geruch“ wurde „Ochsenherz“ in beiden Bewässerungs-Varianten mit „Karotte“ bewertet. Bei der Herkunft „Sativa“ erhielt die Variante „praxisübliche Bewässerung“ die Wertung „Karotte“ und „reduzierte Bewässerung“ „Pastinake“. Die Herkunft „Grüne Erde“ wurde unabhängig von der Bewässerungs-Variante mit „Pastinake“ bewertet.

Bei den Geschmacksriterien „Süße“ sowie „Konsistenz“ wurden mit Ausnahme von „Ochsenherz“ alle Herkünfte gleich bewertet (Tab. 4). Unabhängig von der Bewässerung erhielt „Ochsenherz“ im Merkmal „Süße“ die Bewertung „Süß“, und alle anderen Herkünfte wurden mit „süßlich“ bewertet. In weiterer Folge erhielt „Ochsenherz“ bei der „Konsistenz“ die Bewertung „schmelzend“ und alle anderen Herkünfte wurden mit „faserig“ bewertet. Beim „Aussehen“ zeigte die Bewässerungs-Variante keinen Unterschied bei den Herkünften „Ochsenherz“ (appetitlich) und „Sativa“ (neutral).

Einzig bei der Herkunft „Grüne Erde“ wurden Unterschiede im Merkmal „Aussehen“ bezüglich der Bewässerung festgestellt. Die „praxisübliche“ Bewässerung wurde mit „wenig appetitlich“ und die „reduzierte Bewässerung“ mit „neutral“ bewertet.

Tabelle 4: Meist gewählte Geschmacksmerkmale der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).

	Ochsenherz praxisüblich	Ochsenherz reduzierte Bewässerung	Grüne Erde praxisüblich	Grüne Erde reduzierte Bewässerung	Sativa praxisüblich	Sativa reduzierte Bewässerung
Aussehen	appetitlich	appetitlich	wenig appetitlich	neutral	neutral	neutral
Geruch	Karotte	Karotte	Pastinake	Pastinake	Karotte	Pastinake
Aroma -	Rüben	Rüben	Rüben	Walnuss	Rüben	Rüben
Süße	süß	süß	süßlich	süßlich	süßlich	süßlich
Konsistenz	schmelzend	schmelzend	faserig	faserig	faserig	faserig

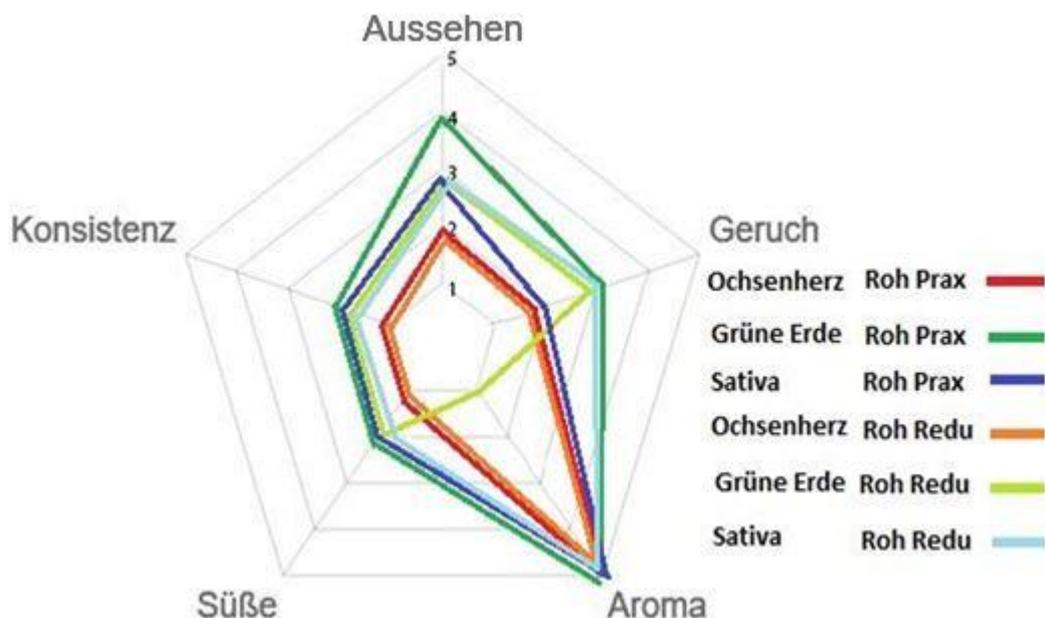


Abbildung 19: Spinnennetzdiagramm. Vergleich der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).

4.5.2 Verkostung der Rohproben: Herkunfts-Vergleich

Die Analyse der Ergebnisse der Rohproben zeigte Unterschiede bezüglich der Herkunft (Abb. 20). Einzig bei dem Geschmacksmerkmal „Aroma“ wurden alle Herkünfte mit „Rüben“ gleich bewertet. Bei dem Merkmal „Geruch“ wurden „Ochsenherz“ und „Sativa“ gleich bewertet und erhielten die Bewertung „Karotte“, und „Grüne Erde“ „Pastinake“ (Tab. 5). „Grüne Erde“ und „Sativa“ wurden in den Geschmacksmerkmalen „Süße“, „Konsistenz“ sowie „Aussehen“ gleich bewertet. Bei der „Süße“ erhielten beide Herkünfte die Bewertung „süßlich“ sowie bei der Konsistenz „faserig“. Beim „Aussehen“ wurden beide als „neutral“ bewertet. Die Herkunft „Ochsenherz“ wurde bei „Süße“ mit „süß“ bei „Konsistenz“ „schmelzend“ und beim „Aussehen“ mit „appetitlich“ bewertet.

Tabelle 5: Meist gewählte Geschmacksmerkmale der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von n=176)

	Ochsenherz	Grüne Erde	Sativa
Aussehen	appetitlich	neutral	neutral
Geruch	Karotte	Pastinake	Karotte
Aroma Geschmack	Rüben	Rüben	Rüben
Süße	süß	süßlich	süßlich
Konsistenz - Mundgefühl	schmelzend	faserig	faserig

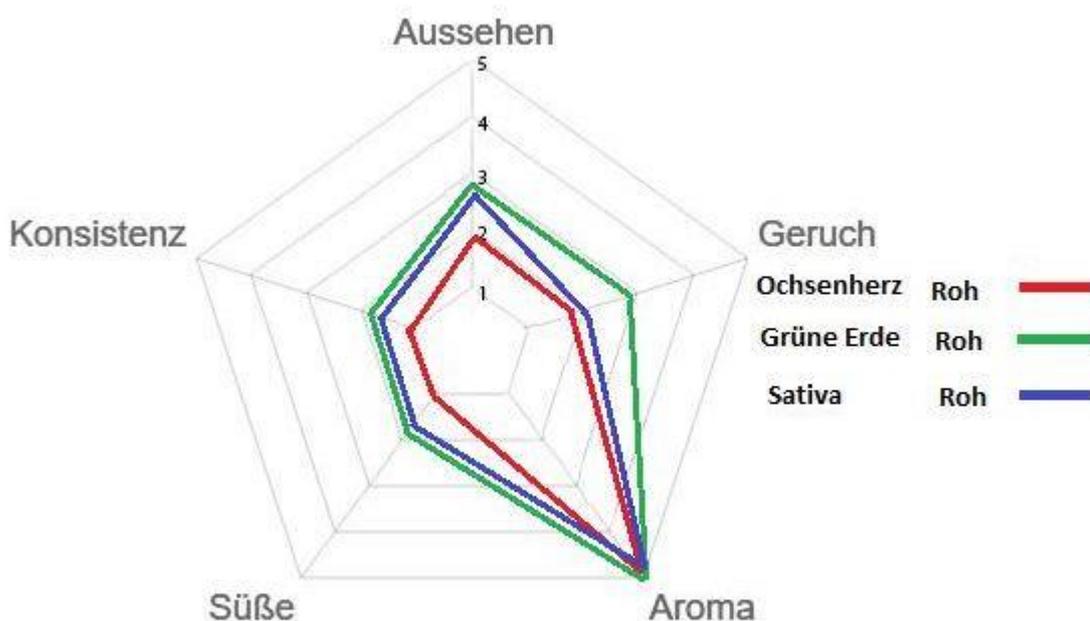


Abbildung 20: Spinnennetzdiagramm. Vergleich der Rohproben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von n=176)

4.6 Ergebnisse gedämpfte Proben

Im folgenden Abschnitt werden die Auswertungen der gedämpften Proben präsentiert. Nach einem Vergleich von „praxisübliche Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ und den Herkünften (Abb. 21), folgen die Ergebnisse bezogen rein auf die Herkünfte (Abb. 22).

4.6.1 Verkostung der gedämpften Proben: „praxisübliche Bewässerung“ bzw. „reduzierte Bewässerung“

Der Vergleich der verschiedenen Bewässerungs-Varianten zeigte nur wenige Unterschiede. Unabhängig von der Bewässerungs-Variante wurden in den Merkmalen „Aussehen“ und „Aroma“ alle Varianten gleich bewertet (Abb. 21). Bei „Aussehen“ erhielten alle Varianten die Bewertung „neutral“, bei „Aroma“ wurden alle mit „Cashew“ bewertet. Das gleiche Bild zeigte sich auch bei der „Süße“ sowie bei der „Konsistenz“, wo alle Varianten mit „süßlich“ bzw. „schmelzend“ bewertet wurden (Tab. 6). Einzig im Merkmal „Geruch“ wurde unabhängig von der Bewässerungs-Variante die Herkunft „Ochsenherz“ anders bewertet als die übrigen Herkünfte und erhielt die Bewertung „Karotte“, wobei alle anderen Varianten mit „Pastinake“ bewertet wurden.

Tabelle 6: Meist gewählte Geschmacksmerkmale der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).

	Ochsenherz praxisüblich	Ochsenherz reduzierte Bewässerung	Grüne Erde praxisüblich	Grüne Erde reduzierte Bewässerung	Sativa praxisüblich	Sativa reduzierte Bewässerung
Aussehen	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral
Geruch	Karotte	Karotte	Pastinake	Pastinake	Pastinake	Pastinake
Aroma -	Cashew (Kaschu)	Cashew (Ka- schu)	Cashew (Kaschu)	Cashew (Ka- schu)	Cashew (Kaschu)	Cashew (Ka- schu)
Süße	süßlich	süßlich	süßlich	süßlich	süßlich	süßlich
Konsistenz	schmelzend	schmelzend	schmelzend	schmelzend	schmelzend	schmelzend

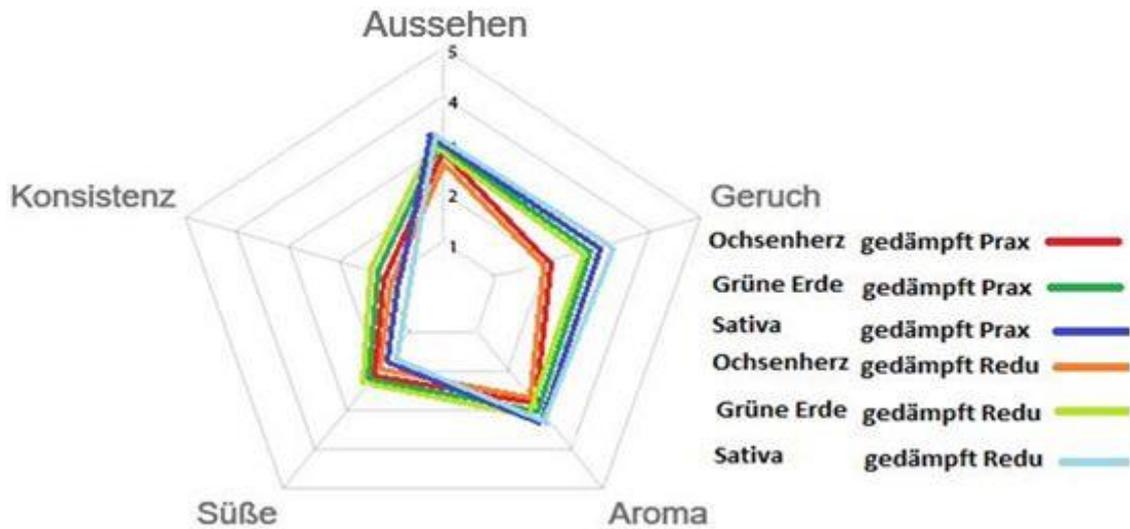


Abbildung 21: Spinnennetzdiagramm. Vergleich der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft und „praxisübliche“ bzw. „reduzierte Bewässerung“ (bei einem Stichprobenumfang von n=176).

4.6.2 Verkostung der gedämpften: Proben Herkunfts-Vergleich

Die Ergebnisse der gedämpften Verkostung bezogen auf die Herkunft zeigten nur wenige Unterschiede (Abb. 22). Im Merkmal „Geruch“ wurde die Herkunft „Ochsenherz“ anders bewertet als die Herkunft „Sativa“ und „Grüne Erde“, welche idente Wertungen erhielten.

„Ochsenherz“ wurde beim „Geruch“ mit „Karotte“ und die übrigen Herkünfte mit „Pastinake“ bewertet. In allen anderen Geschmacksmerkmalen zeigten sich keine Unterschiede bezüglich der Herkunft (Tab. 7). Unabhängig von der Herkunft wurde das „Aussehen“ als „neutral“, das „Aroma“ mit „Cashew“ und die „Süße“ mit „süßlich“ bewertet. Das gleiche Bild zeigte sich auch bei der „Konsistenz“, wo alle Herkünfte mit „schmelzend“ bewertet wurden.

Tabelle 7: Meist gewähltes Geschmacksmerkmal der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von n=176).

	Ochsenherz	Grüne Erde	Sativa
Aussehen	neutral	neutral	neutral
Geruch	Karotte	Pastinake	Pastinake
Aroma Geschmack	Cashew (Kaschu)	Cashew (Kaschu)	Cashew (Kaschu)
Süße	süßlich	süßlich	süßlich
Konsistenz - Mundgefühl	schmelzend	schmelzend	schmelzend

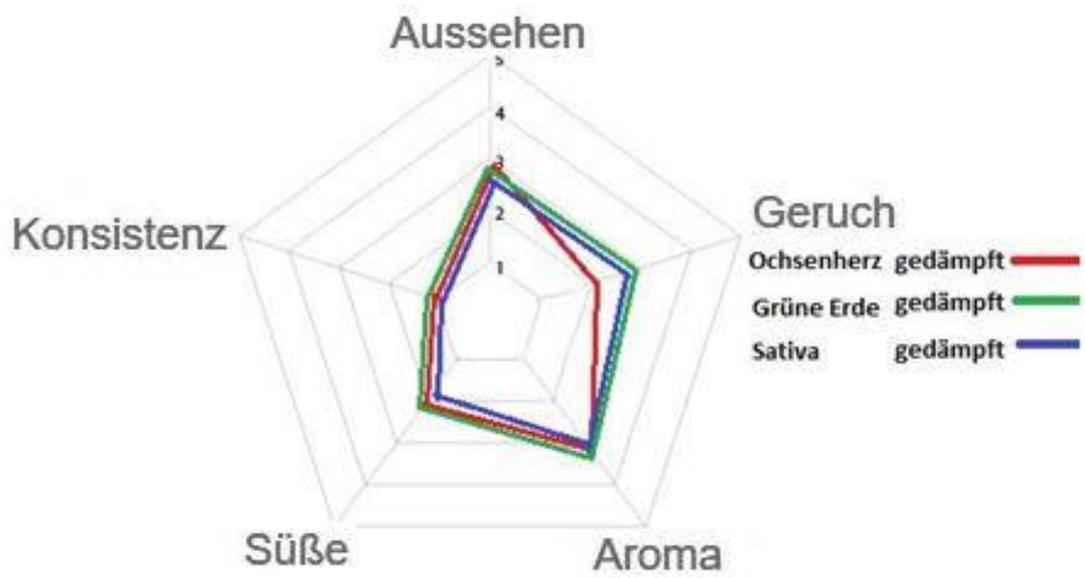


Abbildung 22: Spinnennetzdiagramm. Vergleich der gedämpften Proben aufgeschlüsselt nach Herkunft (bei einem Stichprobenumfang von $n=176$)

5 Diskussion

Die Auswertung der Ergebnisse dieser Masterarbeit zeigte, dass sich die verschiedenen Kerbelrüben-Herkünfte in den überprüften Merkmalen (Ertragsgewicht, Inhaltsstoffe, Geschmack) unterschieden. Eine Aussage, ob sich die Bewässerungs-Variante auf das Ertragsgewicht, die Inhaltsstoffe und den Geschmack auswirkte, ist nur bedingt zu treffen.

Grund dafür ist, dass die Bewässerungsmenge der einzelnen Varianten nicht aufgezeichnet wurde und die im Versuch eingesetzten Sensoren nur Auskunft über den volumetrischen Bodenwassergehalt geben. Es kann keine Aussage über die NFK getroffen werden. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse zur Bewässerungs-Variante mit Vorsicht zu interpretieren.

Die statistische Analyse der Ertragsdaten (kg lm^{-1}) zeigte, dass Wechselwirkungen zwischen den Faktoren bestehen. Dies deutet darauf hin, dass die Herkünfte unterschiedlich auf die Bewässerungs-Varianten reagierten. Deskriptiv zeigt sich, dass bei „Ochsenherz“ sowie bei „Grüne Erde“ die Bewässerungs-Variante „praxisüblich“ einen positiven Einfluss auf die Erträge (kg lm^{-1}) hatte. Einzig bei der Herkunft „Sativa“ zeigte die Bewässerungs-Variante geringe Unterschiede bei den Erträgen (kg lm^{-1}). Die höheren Erträge (kg lm^{-1}) von „Ochsenherz“ lassen sich durch die langjährige Selektionsarbeit von Peter Laßnig an dieser Herkunft erklären.

Die statistische Analyse, ob sich die Bewässerungs-Variante auf den Brix-Wert (pro Rübe) auswirkte, zeigte keinen signifikanten Einfluss der Faktoren Bewässerungs-Variante bzw. Herkunft oder eine Wechselwirkung der Faktoren. Die deskriptive Auswertung der Brix-Werte pro Rübe bezogen auf die Bewässerungs-Variante bzw. Herkunft zeigte, dass „Grüne Erde“ die höchsten Werte mit der höchsten Streuung aufwies.

Die Bewässerungs-Variante „praxisüblich“ zeigte bei dieser sowie bei den anderen zwei Herkünften einen positiven Einfluss auf die Brix-Werte, wobei diese jedoch unter der Signifikanzschwelle lagen. Die Herkunft „Ochsenherz“ zeigte in beiden Bewässerungs-Varianten die durchschnittlich niedrigsten Brix-Werte. Die Herkunft „Sativa“ reihte sich zwischen den anderen beiden Herkünften ein, wobei hier die Streuung der Werte am geringsten ausfiel, was bedeuten könnte, dass diese Herkunft die einheitlicheren Zuckerwerte innerhalb der Rübe unabhängig von der Bewässerung aufweist.

Zu den Brix-Werten sollte noch erwähnt werden, dass das eingesetzte Verfahren bei diesem Versuch zur Gewinnung des Rübenpress-Safts (siehe Kapitel 3.7.2) nicht der praxisüblichen Vorgangsweise entspricht. Da aber die benötigte Menge für die Bestimmung des Brix-Wertes sehr gering ist, konnte dieser trotz der unüblichen eingesetzten Methode bestimmt werden.

Die statistische Analyse des Wassergehalts (pro kg Masse) ergab, dass die Bewässerungs-Variante keinen Einfluss hatte, auch war keine Wechselwirkung der Faktoren zu finden oder nachzuweisen. Einzig beim Faktor Herkunft zeigt sich ein signifikanter Einfluss auf den Wassergehalt (pro kg Masse) der Rüben. Bei der Analyse des Wassergehalts (pro kg Masse) der Rüben bezogen auf die Herkunft wurden die höchsten Werte bei „Ochsenherz“ gemessen, wobei die Streuung zwischen jenen der beiden anderen Herkünfte lag. Die Herkünfte „Sativa“ und „Grüne Erde“ hatten im Mittelwert identische mittlere Wassergehalte (pro kg Masse). „Grüne Erde“ wies im Vergleich zu „Sativa“ eine geringere Streuung der Werte auf.

Da bis zum jetzigen Zeitpunkt wenige wissenschaftliche Arbeiten zu den Kerbelrüben publiziert wurden, fällt eine Diskussion der Ergebnisse schwer. Anbauversuche, die verschiedene Herkünfte der Kerbelrübe und Bewässerungs-Varianten miteinander vergleichen, waren in der Literatur nicht zu finden. Jedoch kann man Vergleiche von Anbauversuchen zu Verwandten der Kerbelrüben auf Familienniveau ziehen.

Fikselová et al., (2010) führte einen zweijährigen Anbauversuch mit Karotten (*Daucus carota* L.) durch. In diesem Versuch wurden verschiedene Karottensorten bzw. Kulturführung an unterschiedlichen Orten (Nitra, Komárno Prusy) in der Slowakei verglichen. Neben dem Gehalt an β -Carotin sowie Trockenmasse wurden auch Erntegewicht und die Rübenform analysiert. An einem Standort (Komárno) wurde bewässert und die verschiedenen Karottensorten in einer Dammkultur ausgepflanzt. Bei den anderen zwei Standorten wurde auf Bewässerung verzichtet und die Karotten ohne Dammkultur ausgepflanzt.

Die Analyse der Ergebnisse zeigte, dass sich die Bewässerung negativ auf die Trockenmasse sowie auch auf den β -Carotin Gehalt auswirkte. Im Versuchsfeld mit Dammkultur, in welchem bewässert wurde, konnten die höchsten Erntegewichte gemessen werden. Die einheitliche Wurzelform und Größe, welche in dieser Variante gemessen wurde, lässt sich auf die Dammkultur zurückführen. Zu diesem Versuch ist noch anzumerken, dass die drei Regionen in denen der Versuch stattfand, geographisch weit voneinander entfernt sind, wodurch sich größere klimatische Unterschiede (Temperatur und Niederschlag) ergeben, welche die Ergebnisse auch beeinflussen könnten.

Zusammenfassend halten die Autoren fest, dass periodische Bewässerung sowie Dammkulturen bei Karotten zu höheren Ernteerträgen und einer einheitlichen Wurzelform bzw. Wurzelgröße führten, aber eine Verringerung der Trockenmasse bzw. des β -Carotin-Gehalts zur Folge hatten (Fikselová et al., 2010).

Bei den Erträgen der Kerbelrübe zeigten sich teilweise dieselben Effekte wie bei dieser Studie. Die „praxisüblicher Bewässerung“ zeigten im Durchschnitt (mit Ausnahme der Herkunft „Sativa“) ein höheres Erntegewicht. Eine Auswirkung der Bewässerung auf den Wassergehalt der Rüben (welcher in Bezug zur Trockenmasse steht) konnte bei dieser Arbeit statistisch nicht nachgewiesen werden.

Zum Versuchsaufbau dieser Meisterarbeit sollte erwähnt werden, dass aufgrund eines fehlenden Bewässerungscomputers die Bewässerungszeit nach der eigenen Einschätzung der Mitarbeiter des LVZ getätigt wurde. Daraus ergaben sich in manchen Zeiträumen ungleiche Bewässerungen für dieselbe Variante.

In weitere Folge wäre es sinnvoll gewesen, bei der Bestimmung des Erntegewichts das Einzelgewicht der Rüben festzustellen, da sich dadurch präzisere Aussagen zum Gewicht der Herkünfte treffen lassen würden. Eine Analyse der oberirdischen Biomasse ist für weitere Versuche anzuraten, da diese möglicherweise in Korrelation zum Erntegewicht stehen könnte.

Da die NFK bei diesem Versuch nicht erhoben wurde, wäre es für Versuche die mit Bewässerungs-Varianten arbeiten ratsam, diese zu bestimmen, um die unterschiedlichen Bewässerungs-Varianten besser beurteilen zu können.

Die installierten Sensoren bei diesem Versuch befanden sich nur in Parzellen einer Herkunft, deshalb wäre es ratsam, bei Folgeversuchen die Sensoren gleichmäßig auf die Herkünfte aufzuteilen, da dies eine bessere Interpretation der Daten zulässt.

Sensorik

Die Auswertung der Sensorik zeigte nur wenig Unterschiede bezüglich der Herkunft und der Bewässerungs-Variante. Die Ergebnisse zeigten bei den roh-verkosteten Proben mehr Unterschiede als bei den gedämpften Proben. Beim Vergleich der Rohproben bezüglich der Bewässerungs-Variante zeigten sich nur geringe Unterschiede. In den Geschmacksmerkmalen, „Süße“ und „Konsistenz“ zeigte sich kein Unterschied innerhalb der Herkunft bezüglich der Bewässerungs-Variante. Einzig bei der Bewertung von „Aussehen“ und „Aroma“ von „Grüne Erde“ sowie beim „Geruch“ von „Sativa“ wurden Unterschiede in der Bewertung bezüglich

der Bewässerungs-Variante festgestellt. Bei dem Herkunftsvergleich der Rohproben zeigte sich, dass „Ochsenherz“ im Merkmal „Aussehen“ „Konsistenz“ und „Süße“ anders als die anderen Herkünfte bewertet wurde. Im Punkt „Geruch“ wurde „Grüne Erde“ anders bewertet als „Sativa“ und „Ochsenherz“

Bei der Auswertung der gedämpften Proben zeigten sich insgesamt weniger Unterschiede als bei den Rohproben. Bei dem Vergleich der gedämpften Proben bezüglich der Bewässerung zeigten sich nur geringe Unterschiede. Bei „Geruch“ wurde unabhängig von der Bewässerungs-Variante „Ochsenherz“ anders bewertet als die zwei anderen Herkünfte. In allen anderen Merkmalen zeigten sich kein Unterschied bezüglich Herkunft und deren Bewässerung. Der Vergleich der Herkünfte zeigte nur bei „Ochsenherz“ im Merkmal „Geruch“ Unterschiede. In allen anderen Merkmalen wurden die Herkünfte gleich bewertet.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Unterschiede bei der sensorischen Verkostung gering ausfielen. Das sehr einheitliche Geschmacksbild zeigt, dass die Herkunft oder die Bewässerungs-Variante das Geschmacksbild wenig verändern. Bezüglich der Herkunft kann das daran liegen, dass Kerbelrüben vom Standpunkt der Züchtung noch zu wenig bearbeitet wurden, um ein unterschiedlich definiertes Geschmacksbild aufzuweisen.

Nach Beendigung der Verkostung wurden in einer abschließenden Runde die Eindrücke der Verkoster noch einmal mündlich besprochen. Die Tester hatten den Eindruck, dass der Geschmack immer eher einheitlich war und nur ganz wenige Rüben sich geschmacklich deutlich von den anderen abhoben.

Laut Urteil der Testpersonen zeichneten sich nur sehr wenige Rüben durch einen besonders süßen oder sehr bitteren Geschmack aus. In weiterer Folge waren sie sich sehr einig, dass der Geschmack der gedämpften Rüben dem der Walnuss ähnlich war. Interessant war auch die Übereinstimmung aller, dass die roh verkosteten Rüben ein sehr ausgeprägtes Nuss-Aroma haben. Sehr einheitlich war auch die Meinung, dass der Geruch der Kerbelrübe stark an Karotten erinnert. Die Variante „gedämpft“ wurde eher von den Testern bevorzugt, weil die ungekochten Rüben manchmal einen sehr bitteren Nachgeschmack aufwiesen.

Für weitere Versuche wäre es ratsam, die sensorische Verkostung mit mehreren Testpersonen bzw. an verschiedenen Tagen durchzuführen. Eine Testgruppe aus geschulten Personen wäre außerdem ratsam, da die geschmacklichen Unterschiede sehr fein sind. Diese könnten unter Umständen von ungeschulten Personen nicht wahrgenommen werden.

6 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die Herkünfte signifikant das Ertragsverhalten beeinflussen. Die Herkünfte hatten einen Einfluss auf die Erträge (kg lm^{-1}) und den Wassergehalt (pro kg Masse). Die Herkunft „Ochsenherz“ hatte die höchsten Erträge (kg lm^{-1}) und den höchsten Wassergehalt (pro kg Masse). Bei der Herkunft „Grüne Erde“ zeigten sich die höchsten Brix-Werte pro Rübe, wobei diese Ergebnisse statistisch nicht signifikant ausfielen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Rüben bezüglich der Herkünfte eher unterschiedlich sind, da sie eine weite Streuung in den Merkmalen aufweisen.

Über den Einfluss der Bewässerungs-Varianten kann nur begrenzt Schlussfolgerung gezogen werden, da durch den Versuchsaufbau die Bewässerungsdaten nicht quantifizierbar sind.

Die Ergebnisse der sensorischen Auswertung zeigten, dass sich die verschiedenen Herkünfte nur in wenigen sensorischen Merkmalen unterschieden. Auch die Bewässerungs-Variante zeigte nur einen geringen Einfluss auf die sensorische Beurteilung. Im Großen und Ganzen zeigte sich ein sehr einheitlicher Geschmack, welcher nur leicht und in wenigen Fällen von der Herkunft oder der Bewässerung beeinflusst wurde.

Für weitere Versuche wäre die Frage interessant, wie sich die Kerbelrübe in verschiedenen Anbausystemen entwickelt. Da in dieser Arbeit kein Dünger verabreicht wurde, wäre es wichtig, den Einfluss organischer bzw. mineralischer Düngung auf das Ertragsverhalten und deren Geschmacksbildung zu testen. Für den Anbau mit Saatgut ist Direktsaat zu empfehlen, da dies die praxisübliche Vorgangsweise ist.

Aufgrund der langsamen Jungendentwicklung wären Versuche zum Beikrautmanagement mittels Mulchen sinnvoll. Wegen der höheren Erträge (kg lm^{-1}), aber auch wegen der weiten Streuung der Werte wäre es sinnvoll, intensive Selektionsarbeit bei der Herkunft „Ochsenherz“ durchzuführen. Des Weiteren ist eine genaue Analyse des Nachernteverhaltens (speziell bei der Entwicklung der sensorischen Qualitäten) für nachfolgende Arbeiten ratsam.

Für den Anbau im kommerziellen Bereich empfiehlt sich die Herkunft „Ochsenherz“, da diese das höchste Erntegewicht aufwies. Für den Anbau im Garten empfiehlt sich die Herkunft „Grüne Erde“, da diese in der Auswertung die höchsten Zuckerwerte aufwies. Insgesamt ist die Kerbelrübe ein noch sehr unbekanntes Delikatessen-Gemüse, in dem noch viel (züchterisches) Potenzial steckt.

7 Literaturverzeichnis

Ajani, Y. Bull-Hereñu, K. & Claßen-Bockhoff, R. (2016): Patterns of flower development in Apiaceae–Apioidae. *Flora* 221: 38-45.

Ayala-Garay, O.J. Briard, M. Peron, J.Y. (2003): *Chaerophyllum bulbosum*: a New Vegetable Interesting for its Root Carbohydrate Reserves. *Acta Horticulturae* 598: 227-234.

Bartha-Pichler, B. & Zuber, M. (2002): Haferwurzel und Feuerbohne - Alte Gemüsesorten – neu entdeckt. Aarau: AT Verlag.

Bartha-Pichler, B. (2002): Gemüse Inkognito - Vergessene Kulturpflanzen Vergangener Jahrhunderte. Schiltern: Arche Noah.

Becker-Dillingen, J. (1929): Handbuch des gesamten Gemüsebaues einschließlich des Gemüsesamenbaues, der Gewürz-, Arznei- und Küchenkräuter. Berlin: Paul-Parey Verlag.

Dénes, A. Papp, N. Babai, D. Czúcz, B. & Molnár, Z. (2012): Wild plants used for food by Hungarian ethnic groups living in the Carpathian Basin. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 8: 381-396.

Fikselová, M. Mareček, J. Mellen, M. (2010): Carotenes content in carrot roots (*Daucus carota* L.) as affected by cultivation and storage. *Vegetable Crops Research Bulletin* 73: 47-54.

Fritz, D. Stolz, W. Ventner, F. Weichmann, J. & Wonneberger, C. (1989): Gemüsebau. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Geoffriau, E. Suel, A. Briard, M. & Peron, Y.J. (2005): Evolution of Amylase Activity in Tuberous-rooted Chervil (*Chaerophyllum bulbosum* L.) roots during Storage at various Temperatures. *Acta Horticulturae* 682: 1153-1157.

Heisteringer, A. (2007): *Handbuch Samengärtnerei - Sorten erhalten Vielfalt vermehren Gemüse genießen*. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.

Heisteringer, A. (2010): *Handbuch Bio-Gemüse - Sortenvielfalt für den eigenen Garten*. Innsbruck: Loewenzahn in der Studienverlag.

Łuczaj, Ł. (2012): Ethnobotanical review of wild edible plants of Slovakia. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 81: 245–255.

Masoudi, S. Faridchehr, A. Alizadehfard, S. Zabarjadshiraz, N. Chalabian, F. Taghi-zadfarid, R. & Rustaiyan, A. (2011): Chemical composition and Antibacterial Activity of the Essential Oils of *Semenovia frigida* and *Chaerophyllum bulbosum* from Iran. *Chemistry of Natural Compounds* 47: 829-832.

Nedelcheva, A. (2013): An ethnobotanical study of wild edible plants in Bulgaria. *EurAsian Journal of BioSciences* 7: 77-94.

Peron, J.Y. (1990): Advances in New Crops. In: Janick, J. & Simon, J.E. [Hrsg] *Tuberous-rooted chervil- A new root vegetable for temperate climates*. Portland(Oregon): Timber Press.

Peron, J.Y. & Dubost, D. (1992): Revalorization of lost vegetables- A Contribution to Preservation of Genetic Resources. *Acta Horticulturae* 318: 263-269.

Peron, J.Y. & Briard, M. (2003): Breeding Advances in Tuberous Rooted Chervil (*Chaerophyllum bulbosum* L.), a New `Old Vegetable` Among the Apiaceae. *Acta Horticulturae* 589: 235-247.

Piwczyński, M. Puchałka, R. & Spalik, K. (2015): The infrageneric taxonomy of *Chaerophyllum* (Apiaceae) revisited: new evidence from nuclear ribosomal DNA ITS sequences and fruit anatomy. *Botanical Journal of the Linnean Society* 178: 298–313.

Reuther, K. & Claßen-Bockhoff, R. (2013): Andromonoecy and developmental plasticity in *Chaerophyllum bulbosum* (Apiaceae–Apioideae). *Annals of Botany* 112: 1495-1503.

Serena, M. Suanjak, M. Pedrazzetti, F. & Brechbühl, B. (2014): *Das Lexikon der Alten Gemüsesorten-800 Sorten-Geschichte, Merkmale, Anbau und Verwendung in der Küche*. Aarau & München: AT Verlag.

Šibul, F.S. Orčić, D.Z. Svirčev, E. Mimica-Dukić, N.M. (2015): Optimization of extraction conditions for secondary biomolecules from various plant species. *Hemijska industrija* 70: 473–483.

Stešević, D. Božović, M. Tadić, V. Rančić, D. Stevanović, Z.D. (2016): Plant-part anatomy related composition of essential oils and phenolic compounds in *Chaerophyllum coloratum*, a Balkan endemic species. *Flora* 220: 37-51.

Vogel, G. Hartmann, H.D. Krahnstöver, K. (1996): *Handbuch des speziellen Gemüsebaues*. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Vogl, T. (2011): *Lokale Gemüsesorten-Erfahrungswissen von Hausgärtner_innen zu Lokalsorten im Biosphärenpark Großes Walsertal (Vorarlberg)*. Masterarbeit. Akademisches Jahr 2011/2012, Boku, Wien

Vorderwülbecke, B. (2006): Arche Noah Magazin: Kerbelrübe –klein aber oho. Schiltern: Arche Noah 3: 10-11.

Internetquellen:

Anonymous. (2019): Produktinformation der Firma Sentek Technologies. Sensor and Probe FAQs - Answers to questions about Sentek's moisture, salinity, and temperature sensors. In: <http://sentektechnologies.com/faq/> (20.10.2019)

Lammer, P. (2019): Gemüseraritäten aus dem Kamptal.
https://www.arche-noah.at/files/infoblatt_kamptal_kerbelruebe_final_web.pdf (04.01.2020)

Universität für Bodenkultur (2019): Lehr- und Versuchszentrum Jedlersdorf.
<https://www.dnw.boku.ac.at/gb/organisation/versuchszentrum-jedlersdorf/> (01.11.2019)

Universität für Bodenkultur (2014): Wetterstation Boku Raasdorf.
https://dnw-web.boku.ac.at/dnw/wetter_form_pys.php (15.10.2019)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Datum : _____

Unterschrift: _____