



Abteilung Gartenbau

Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Universität für Bodenkultur Wien

Masterarbeit

Winteranbau von *Daucus carota* L. als Bündelware in Vorarlberg

gestellt von:

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

Keutgen Norbert, Priv.-Doz. Dr

verfasst von:

Hämmerle Clara

Wien, Oktober 2018

Winteranbau von *Daucus carota* L. als Bündelware in Vorarlberg

Clara Hämmerle

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der Möglichkeit Bio-Karotten als Bündelware für eine Ernte im Winter im Rheintal Vorarlbergs anzubauen. Es wurden dafür die Erträge und die äußeren Qualitätsmerkmale der Sorten Romance F1, Napoli F1 und Mokum F1 bei einem Sommer- und Wintererntetermin verglichen. Außerdem wurden Geschmack und qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe der Winterkarotten und herkömmlicher Lagerware analysiert. Der niederschlagsreiche Sommer und Herbst 2017 führten zu einer Pilzinfektion des Laubes, so dass bei beiden Terminen keine Ernte von Bündelware möglich war. Trotzdem wurden deutliche Sortenunterschiede sichtbar. Das legt eine Untersuchung weiterer Sorten nahe, um eine allgemeingültigere Aussage über die Wintererntemöglichkeiten von Bündelware in Vorarlberg treffen zu können. Überdies zeigte die Analyse der Inhaltsstoffe, dass die Gehalte an Zucker, Karotinoide, Gesamtphenole, antioxidative Kapazität und Nitrat eher von der Sorte abhängig sind als von Erntezeitpunkt und Anbauweise. Die Sorte Romance F1 war im Ertrag am stabilsten und wies im Sortenvergleich die besten Gehalte an qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen auf.

Winter cultivation of *Daucus carota* L. in form of bundled goods in Vorarlberg

Clara Hämmerle

Abstract

The following master thesis discusses the option of cultivating organic carrots in the Rhyne valley of Vorarlberg, Austria, as bundled goods during the winter season. For this purpose, yield as well as the external quality traits of the varieties Romance F1, Napoli F1 and Mokum F1 were selected to execute a careful comparison between the regular summer and the winter production. In addition, taste and quality-determining components of the winter carrots and traditional goods were analyzed. Due to high precipitation in the summer and autumn months of the year 2017, the foliage suffered from a fungal infection, which led to an unsuccessful harvest of bundled goods. Nonetheless, distinct differences between the varieties were recognizable. This begs for further examination of other varieties to come to an absolute testimony. Furthermore, the analysis of components indicated that the sugar, carotenoids, total phenols, antioxidative capacity and nitrates depend more on the variety than on the moment of harvest or the methods of cultivation. The variety Romance F1 proved to be the most stable and simultaneously demonstrated the best contents of quality-determining components in comparison to the rest.

Ein **herzlicher** Dank geht an...

... Simon Vetter vom Vetterhof für die unkomplizierte Zusammenarbeit, wertvollen Praxistipps und die Bereitstellung der Flächen und Infrastruktur.

... meine Betreuer Anna Keutgen und Norbert Keutgen, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen und an Heike Foditsch für die Unterstützung im Gartenbaulabor.

... meine Familie und Freunde für die bedingungslose Unterstützung.

... die Abteilung Lebensmitteluntersuchung des Umweltinstitutes Vorarlberg für die Möglichkeit einen Teil der Inhaltstoffanalysen und Sensorik dort durchführen zu können.

... die Abteilung Umweltanalytik des Umweltinstitutes Vorarlberg für die Durchführung der Bodenanalyse.

... Austroaat und Hildsamen für die Bereitstellung des Saatgutes.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielstellung und Forschungshypothesen	3
3	Wintergemüse.....	5
3.1	Bedeutung und Anbau in Österreich	5
3.2	Vermarktung von Wintergemüse	7
4	<i>Daucus carota</i> L. im Überblick	11
4.1	Herkunft und Botanik.....	11
4.2	Visuelle Qualitätsmerkmale	13
4.3	Inhaltsstoffe und Geschmacksbeurteilung	14
5	Ertragsfaktoren	19
5.1	Genetisches Potential	19
5.2	Umwelteinflüsse.....	19
5.3	Kulturmaßnahmen.....	20
5.4	Krankheiten und Schädlinge	22
6	Material und Methoden	25
6.1	Standortbeschreibung	25
6.2	Versuchsaufbau	27
6.3	Laboranalysen	31
6.4	Sensorische Untersuchung	34
6.5	Bodenanalyse	36
6.6	Statistische Auswertung	37
7	Ergebnisse	38
7.1	Ertrag.....	38
7.1.1	Winterversuch.....	38
7.1.2	Vergleich Sommer Winter	40

7.2 Bonituren.....	43
7.2.1 Winterversuch.....	43
7.2.2 Vergleich Sommer Winter	47
7.3 Inhaltsstoffe.....	50
7.3.1 Winterversuch.....	50
7.3.2 Vergleich Sommer Winter	55
7.3.3 Vergleich Winter - handelsübliche Lagerware.....	58
7.4 Sensorische Analyse.....	61
7.5 Bodenanalyse und Bestandsaufnahme Winterversuch	62
8 Diskussion.....	64
8.1 Ertrag.....	64
8.2 Bonituren.....	69
8.3 Inhaltsstoffe und Sensorik	72
9 Fazit.....	79
10 Literaturverzeichnis.....	80
11 Anhang	89

Abkürzungsverzeichnis

AGES	Agentur für Ernährungssicherheit
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
EPPO	European and Mediterranean Plant Protection Organization
FIBL	Forschungsinstitut für biologischen Landbau
GAE	Gallussäureäquivalenz
HBLFA	Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
Kcal	Kilokalorie
N	Stickstoff
WKO	Wirtschaftskammer Österreich
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Mini-Karotten aus Südafrika wurden in Vorarlberg im Großhandel im Februar 2018 zum Verkauf angeboten.....	10
Abbildung 2 Typische Formen von Karotten (Rubatzky et al., 1999)	12
Abbildung 3 Anatomie der Speicherwurzel im Querschnitt (verändert nach Rubatzky et al., 1999)	13
Abbildung 4 Monatssummen des Niederschlags in mm der Jahre 2012 - 2017 in Dornbirn (~ 5 km von der Versuchsfläche entfernt) (ZAMG, 2017)	26
Abbildung 5 Temperaturverlauf während der Versuche	26
Abbildung 6 Versuchsdesign des Frühjahrsversuchs mit drei verschiedenen Karottensorten und je vier Wiederholungen	28
Abbildung 7 Versuchsdesign des Winterversuchs mit drei verschiedenen Karottensorten, zwei verschiedenen Abdeckungen und je vier Wiederholungen.	28
Abbildung 8 Beispielbilder für die Boniturnoten bei der Rübenform, links = 5, mitte = 7, rechts = 9 (Eigene Fotos)	31
Abbildung 9 Darstellung der Bodenbeprobung der Winterversuchsfläche für die Bodennährstoffanalyse	36
Abbildung 10 Durchschnittliche Ergebnisse des Ertrages im Sommer- und Winter unterteilt in Sorten; n=4.....	41
Abbildung 11 Unterteilung der Ausschussware in Ursachen im Winter je Sorte, n=4	42
Abbildung 12 Unterteilung der Ausschussware in Ursachen im Sommer je Sorte, n=4.....	42
Abbildung 13 Ergebnisse der Bonitur der Wurzel im Sortenvergleich; n = 120	43
Abbildung 14 Wurzeldurchmesser im Sortenvergleich bei der Winterernte; Mokum F1 n=109, Napoli F1 n= 110, Romance F1 n=120	43
Abbildung 15 Durchschnittliche Anzahl der Blätter in Bezug auf Sorte und Schutzmaßnahme im Winter	47
Abbildung 16 Durchschnittliche Ergebnisse der Laubbonituren im Sommer- und Wintervergleich; n=40 (Laubmasse, Laubgesundheit), n=120 (Laublänge, Anzahl Blätter)	49
Abbildung 17 Trockenmassegehalt von Karotten in Bezug auf Sorte und Schutzmaßnahme; n=8.....	50

Abbildung 18 °Brix und Gesamtzuckergehalt von Karottensaft in Bezug auf die Sorte und Schutzmaßnahme; n=8	51
Abbildung 19 Reduzierende Zuckergehalt von Karottensaft in Bezug auf die Sorte und Schutzmaßnahme; n=8	52
Abbildung 20 Saccharosegehalt von Karottensaft in Bezug auf die Sorte im Winter; n=24 (a, b.. unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test).....	52
Abbildung 21 Karotinoidgehalt und Antioxidative Kapazität von Karottensaft in Bezug auf die Sorte im Winter; n=24.....	53
Abbildung 22 Gesamtphenolgehalt in Bezug auf die Sorte und Schutzmaßnahme; n=8.....	53
Abbildung 23 Nitratgehalte des Karottensaftes in Bezug auf die Sorte und die Schutzmaßnahmen.....	54
Abbildung 24 °Brix des Karottensaftes und Trockenmasse der Karotten im Sommer- Winter- und Sortenvergleich; n=8	55
Abbildung 25 Gesamtzucker und Saccharose von Karottensaft im Sommer- und Wintervergleich (n=24) und im Sortenvergleich (n=16).....	56
Abbildung 26 Reduzierender Zuckergehalt von Karottensaft im Sommer- Winter- und Sortenvergleich; n=8.....	57
Abbildung 27 ° Brix-Gehalt von Karottensaftes und Trockenmasse von ganzen Karotten im Vergleich der Versuchssorten vom Winter (n=8) mit handelsüblicher Lagerware (n=4).....	59
Abbildung 28 Zuckergehalte von Karottensaft im Vergleich der Versuchssorten vom Winter (n=8) mit handelsüblicher Lagerware (n=4).....	59
Abbildung 29 Antioxidative Wirkung von Karottensaft im Vergleich der Versuchssorten vom Winter (n=8) mit handelsüblicher Lagerware (n=4).....	60
Abbildung 30 Ergebnisse der sensorischen Analyse frisch geernteter Sorten (Mokum F1, Napoli F1, Romance F1) im Dezember 2017 und handelsüblicher Lagerware (erworben im Dezember 2017)	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Auflistung verwendeter Sorten für die Versuche (Hildsamen 2017; Austro Saat 2017)	27
Tabelle 2 Zusammenfassung der abgefragten Merkmale bei der sensorischen Analyse von fünf verschiedenen Karottenproben	35

Tabelle 3 Durchschnittliche Ergebnisse des Ertrags der Winterernte im Sortenvergleich, n=12.	39
Tabelle 4 Ergebnisse des Ertrages in Bezug die Schutzmaßnahme; n=4	39
Tabelle 5 Durchschnittliche Ergebnisse des Ertrags im Sommer- und Wintervergleich; n=12	40
Tabelle 6 Ergebnisse der Winterernte in Bezug auf die Wurzelbonitur in Abhängigkeit der Schutzmaßnahme, n=120	44
Tabelle 7 Vergleich der Sorten und der Schutzmaßnahmen in Bezug auf die Wurzelqualität der Winterernte	45
Tabelle 8 Durchschnittlicher Vergleich der Sorten und der Schutzmaßnahmen in Bezug auf die Laubqualität der Winterernte.....	46
Tabelle 9 Durchschnittliche Ergebnisse der Bonituren der Wurzel von Karottensorten zu unterschiedlichen Ernteterminen.	48
Tabelle 10 Durchschnittliche Ergebnisse der Bonituren der Wurzel von drei Karottensorten zu unterschiedlichen Ernteterminen.	48
Tabelle 11 Nitratgehalte von Wurzel und Laub in Bezug auf die Sorte im Winter erfasst mittels HPLC, n=12.....	54
Tabelle 12 Ergebnisse der Analyse der antioxidativen Wirkung im Sommer- Wintervergleich	57
Tabelle 13 Ergebnisse der Nitratanalyse von den Wurzeln und des Laubes im Sommer- Winter- und Sortenvergleich.....	58
Tabelle 14 Nitratgehalt von Karottensaft und ganzen Karotten im Vergleich der Versuchssorten vom Winter mit handelsüblicher Lagerware	61
Tabelle 15 Ergebnisse der Bodenprobenanalyse vom Winterversuchsfeld 2018.....	63
Tabelle 16 Bestandsaufnahme der Laubhöhe und Einschätzung der Laubgesundheit am 24.09.2017 ..	63
Tabelle 17 Durchschnittliche Nitratgehalte in Abhängigkeit der Sorte und der Schutzmaßnahme	91
Tabelle 18 Gesamte Ergebnisse der sensorischen Analyse vom Dezember 2017	92
Tabelle 19 Ergebnisse der Laboranalyse von der antioxidativer Wirkung im Sommer- Wintervergleich	93

1 Einleitung

Der Wintergemüseanbau ermöglicht für direktvermarktende Betriebe mehr Vielfalt im Sortiment, ganzjährige Kundenbindung und Innovation (Palme, 2016; Coleman, 2014). In Österreich steht der heizungsfreie Gemüseanbau in der kalten Jahreszeit allerdings noch ganz am Anfang. Es gibt bisher nur wenige Informationen und Studien zu an den Winter angepassten Anbaumethoden, geeignete Aussattermine und Sorten. Eine Umfrage von Depisch et al. (2014) zeigte jedoch, dass der Wunsch von Seiten der Produzenten nach mehr praktischen Informationen zum Thema Wintergemüsebau besteht. Dieses Interesse bestätigt auch der Ausbau des einjährigen Kooperationsprojekts „Anbau von Wintergemüsevielfalt“, das 2015 zunächst abgeschlossen wurde, und nun in einem dreijährigen Projekt „Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse“ fortgeführt wird. Die bisherigen Ergebnisse zeigen teilweise große Ertrags- und Qualitätsunterschiede zwischen den Versuchsstandorten in Österreich und bei verschiedenen Gemüsearten und –sorten (BIO AUSTRIA, 2018; Betz et al., 2015).

Dass eine Ernte von Karotten mit Grün selbst in kalten Wintern erfolgreich sein kann, beschreibt Coleman (2014) für das schneereiche Maine, USA. Er führt neben Blattsalaten und anderen Gemüsen schon seit Jahren Bündelkarotten in seinem Wintersortiment. Allerdings lassen sich Colemans Erfahrungen nicht ohne weiteres auf Österreich bzw. auf Vorarlberg übertragen. Die beiden oben erwähnten Projekte zu frischem Wintergemüse, eine Masterarbeit, bei der unter anderem zwei Karottensorten auf ihre Wintertauglichkeit als Bündelware untersucht wurden (Hampl, 2016) und natürlich die intensiven Forschungsarbeiten von Palme (2016), lassen aber vermuten, dass trotz aller bisherigen Schwierigkeiten ein Winteranbau von Gemüse in Österreich möglich ist. Allerdings muss die Vorgehensweise jeweils an die Region angepasst werden. Speziell für Vorarlberg gibt es noch keine bekannten wissenschaftlichen Untersuchungen zu frischem Wintergemüse. Eine erfolgreiche Vermarktung von frischen Wintergemüse wäre zumal in der gehobenen Gastronomie sicher aussichtsreich. Es besteht in Vorarlberg ein starkes Interesse der KonsumentInnen an regionalem, biologischem Gemüse. Außerdem sind hier Sommer- und Wintertourismus wichtige Wirtschaftszweige und die Gastronomie versucht, durch Authentizität und Qualität wettbewerbsfähig zu bleiben. Karotten mit Grün können im Winter daher optisch sehr spannend für die gehobene Gastronomie sein (Vetter, 2018).

In dieser Arbeit wurde daher untersucht, ob die biologische Winterproduktion von Karotten als Bündelware in Vorarlberg mit den drei Sorten Mokum F1, Napoli F1 und Romance F1 gelingen

kann. Um die Einflüsse des Herbstes und des Winters besser einschätzen zu können, wurden die drei Sorten im Sommer- und Winter angebaut. Mehrere Studien aus den USA zeigen die Vorteile von Folientunneln im Wintergemüsebau (Shiwakoti et al. 2018; Santosh et al. 2017; Dos Santos Hecher et al. 2014; Lamont, 2005). Zusätzlich wurde deshalb der Einfluss einer Abdeckung durch einen Minifolientunnel bzw. ein Vlies auf die Qualität des Laubes bei niedrigen Temperaturen getestet.

Bei der Direktvermarktung sind auch die Inhaltsstoffzusammensetzung und der Geschmack des Gemüses ausschlaggebend und bestimmen, ob KundInnen die Ware bevorzugen. Im Labor wurden deshalb Zuckergehalt, Trockenmasse, Karotinoide, Gesamtphenole, antioxidative Kapazität und Nitrat der im Dezember geernteten Karotten analysiert und eine sensorische Analyse mit den frisch geernteten Bündelkarotten im Dezember durchgeführt.

Die Arbeit beginnt mit einem Überblick über den Wintergemüseanbau in Österreich. Es folgt eine Darstellung der Herkunft und der Eigenschaften von Karotten und der Ertragsfaktoren beim Anbau. Anschließend werden die angewandten Methoden, bestehend aus den Feldversuchen, den Laboranalysen und der sensorischen Analyse beschrieben und die jeweiligen Ergebnisse dargestellt. Den Abschluss bilden die Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse und ein Vergleich mit aktueller Literatur.

2 Zielstellung und Forschungshypothesen

Ziel der vorliegenden Arbeit war es zu untersuchen, ob sich die drei Karottensorten Mokum F1, Napoli F1 und Romance F1 hinsichtlich verschiedener Qualitätskriterien für die Bio-Bündelwareproduktion im Winter in Vorarlberg eignen. Um dies herauszufinden, wurden nachfolgende Methoden angewandt.

Beim praxisorientierten Feldversuch im Herbst/Winter 2017 wurde der Einfluss von zwei verschiedenen Schutzmaßnahmen insbesondere auf die Laubqualität der Sorten, welche für eine Bündelwareproduktion unabdingbar ist, untersucht. Um den Unterschied zwischen der Winterproduktion und der regulären Sommerproduktion zu überprüfen, wurde ein praxisorientierter Feldversuch im Frühjahr/Sommer des gleichen Jahres durchgeführt.

Im analytischen Teil wurden die Inhaltsstoffe Nitrat, gravimetrische und refraktrometrische Trockensubstanz, antioxidative Kapazität, Gesamtphenole, Karotinoide sowie reduzierende Zucker und Gesamtzucker der Sommer- und Winterernte sowie herkömmlicher Lagerkarotten untersucht, um Aussagen über die innere Qualität der Karotten treffen zu können.

Zudem wurde eine sensorische Analyse mit den Winterkarotten durchgeführt. Es wurde geklärt, ob sich die im Dezember frisch geernteten Karottensorten hinsichtlich Geschmack, Geruch, Textur und Gesamteindruck von zwei verschiedenen Bio-Lagerkarotten unterscheiden.

Es wurde die Forschungshypothese aufgestellt, dass sich die Karottensorten Mokum F1, Romance F1 und Napoli F1 für eine Winterernte als Bündelware in Bezug auf Ertrag und Qualität in Vorarlberg eignen. Zur Überprüfung dieser Forschungshypothese wurden vier Arbeitshypothesen formuliert:

1. Im Winter können Unterschiede zwischen den drei untersuchten Sorten Mokum F1, Napoli F1 und Romance F1 hinsichtlich Ertrag und äußerer Qualität sowie hinsichtlich qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe verglichen mit handelsüblicher Marktware im Winter festgestellt werden.
2. Die Stressbedingungen im Herbst und Winter haben Auswirkungen auf den Ertrag sowie äußere und innere qualitätsbestimmende Merkmale verglichen mit der regulären Bündelwareproduktion im Frühjahr/Sommer.

3. Die Anwendung eines Minifolientunnels oder eines Vlieses als Schutzmaßnahme im Herbst zeigt signifikante Auswirkungen auf den Ertrag und die äußere Qualität der Sorten.
4. Die im Winter frisch geernteten Sorten werden bei der sensorischen Analyse als geschmacklich besser beurteilt wie handelsübliche Lagerware im Winter.

3 Wintergemüse

3.1 Bedeutung und Anbau in Österreich

Der Wintergemüseanbau ist ein Konzept, das den Fokus auf eine Gemüseproduktion im Jahreskreislauf legt (Coleman, 2014). Es wird nicht einfach im Sommer geerntetes Gemüse gelagert und verkauft. Vielmehr ist das Ziel die Produktion von frischem Gemüse in den Wintermonaten, das auf dem Feld gelagert und nach Bedarf frisch geerntet wird. Dafür eignen sich beispielsweise Salate (z.B. Asia Salate, Feldsalat, Rucola, Endivie), Kohlgewächse, Kräuter (z.B. Petersilie) und auch Wurzelgemüse wie Karotten und Pastinaken (Palme, 2016; Coleman, 2014). Dabei wird Wert auf eine ressourcenschonende und nachhaltige Anbauweise gelegt, die ohne eine Beheizung des Gewächshauses oder des Folientunnels auskommt. Vor allem für direktvermarktende Betriebe kann ein Anbau von Gemüse im Winter von Interesse sein (Palme 2016; Coleman, 2014).

Beim Wintergemüseanbau sind laut Coleman (2014) drei Faktoren zu beachten: Sortenwahl (kältetolerante Sorten), Anbaustaffelung und geschützte Produktion. Nach Palme (2016) gibt es im Winter zwei Zeitpunkte, wann der Bedarf an frischem Gemüse bei den KonsumentInnen am höchsten ist und zwar Ende Dezember während der Weihnachts- und Neujahrsfeiertage sowie in den Monaten Februar und März, wenn die Menschen sich nach Frühling und frischem Blattgrün sehnen.

In Österreich forscht Wolfgang Palme an der Versuchsstation Zinsenhof des Lehr- und Forschungszentrums für Gartenbau schon seit längerem an Gemüsebauverfahren nach dem Low-Energy-Prinzip. Es stehen Ressourcenschonung und Gemüsevielfalt im Vordergrund. Vor einigen Jahren hat er seine Anbauversuche auf den Wintergemüseanbau, nach dem Vorbild von Eliot Coleman, ausgeweitet und gibt sein umfassendes Wissen und seine Begeisterung als Vortragender im In- und Ausland weiter.

Von August 2014 bis März 2015 wurde von BIO AUSTRIA, der HBLFA Schönbrunn, den landwirtschaftlichen Versuchsstationen (LVZ Wies, Zinsenhof, Gartenbauschule Langenlois) und dem FIBL Österreich sowie sieben Bio-Betrieben ein gemeinschaftliches Forschungsprojekt durchgeführt. Es wurde der Winteranbau von vielen Gemüse- und Spezialkulturen im Gewächshaus und im Freiland in verschiedenen österreichischen Klimagebieten untersucht (Betz

et al. 2015). Betz et al. (2015) stellten grundsätzlich fest, dass es sich beim Anbau von Wintergemüse um ein weiteres Produktionssystem handelt, das unterschiedliche Methoden aufweist. Ein Erfolg hängt zum einen von der Ausrichtung des Betriebes und den klimatischen Bedingungen vor Ort ab, zum anderen von der persönlichen Präferenz und dem Einsatz der BetriebsleiterInnen. An einem derzeit laufenden (von 2016 bis 2019) Nachfolgeprojekt “Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse” nehmen sechs BIO AUSTRIA-Betriebe, drei Versuchsanstalten sowie fünf Partner aus Wissenschaft und Beratung teil. Bei diesem Projekt werden langfristige Daten zu Wintergemüsearten aufgenommen. Es sollen unter anderem ideale Anbauzeitpunkte und Sorten für die Winterproduktion festgestellt werden. BIO AUSTRIA hat derzeit schon erste Anbauanleitungen und Sortenempfehlungen zu ausgewählten Kulturen auf ihrer Website veröffentlicht (BIO AUSTRIA, 2017). Zudem soll eine ökologische und ökonomische Analyse von Fruchtfolgen, nachhaltige Verpackungslösungen, eine sensorische Ansprache und optimierte Arbeitsabläufe Ergebnis des Projektes sein (BIO AUSTRIA, 2017).

In Vorarlberg bemüht sich der Obst- und Gartenverband (OGV) für das Thema Wintergemüse zu sensibilisieren. Bei einer bundesländerübergreifenden Initiative “Ausbildung zum Projektgärtner”, die von 2016 - 2018 dauert, haben sich die Teilnehmer aus Vorarlberg dem Projekt “Wintergemüseanbau” verschrieben (Amann, 2017).

Trotz den Projekten und Initiativen befindet sich der frische Wintergemüseanbau im Vergleich zum Frühjahrs- und Sommeranbau noch in der Anfangsphase. In den historischen Quellen gibt es wenig über frisches Gemüse im Winter, es sind kaum Angaben zu Frostfestigkeit und kältetoleranten Sorten zu finden (Palme, 2016; Coleman, 2014). Obwohl beispielsweise Herbstsaat oder die Frühbeete für eine verfrühte Ernte im Frühling lange Tradition haben und auch heute noch üblich sind (Palme, 2016). Die Vorstellung des Winters als Jahreszeit, in der wenig wächst und kaum etwas geerntet werden kann, ist noch weit verbreitet. Die Pflanzen, welche im August und September ausgesetzt werden, können die oft milden Bedingungen im Herbst noch ausnützen und sich gut entwickeln. Je mehr die Lichtintensität und die Temperatur sinken, desto langsamer wird aber das Wachstum der Pflanzen. Bei Frost wird es ganz gestoppt, das Wintergemüse hält aber je nach Sorte und Pflanzenart einige Minusgrade aus und kann, wenn es wieder aufgetaut ist, unbeschadet geerntet werden (Palme, 2016).

Zur Erprobung von Winterschutzmaßnahmen wurde in den Jahren 2009 bis 2011 in den USA das Projekt “Winter Production of Leafy Greens in the Southwestern USA using High Tunnels” durchgeführt. Salate und Spinat wuchsen unter drei Folientunnelmodellen. Ziel war es

herauszufinden, welche Variante sich als am rentabelsten erweist und welche Aussattermine die höchsten Erträge bringen (Guldan, 2013). Langfristig erhoffen sich die Projektträger, dass sich der Anbau von grünem Gemüse in der Gegend etabliert, um eine größere Vielfalt an frischen Produkten das ganze Jahr über anbieten zu können und sich ein Markt entwickelt, der für die Landwirtschaft eine zusätzliche Einkommensmöglichkeit schafft (Guldan, 2013). Die Anpassung an aktuelle Konsumententrends kann auch eine Strategie sein, um dem Klimawandel zu begegnen und Verluste durch die immer häufigeren Wetterextreme auszugleichen (Jaborek, 2017).

3.2 Vermarktung von Wintergemüse

Die Vermarktung von frischem Wintergemüse kann neue Perspektiven für landwirtschaftliche Betriebe bringen und die regionale, biologische, kleinstrukturierte Landwirtschaft stärken. Durch die Einzigartigkeit des frischen Wintergemüses können sich Produzenten eine Nische schaffen und von anderen Betrieben differenzieren. Biologisches Gemüse wird heute nicht mehr nur von bäuerlichen Betrieben auf den Markt gebracht, sondern auch in großem Stil angebaut und vor allem im Winter meist aus südlicheren Ländern importiert. Heimische Betriebe sind darauf angewiesen sich mit besonders frischen und geschmackvollen Produkten von hoher Qualität von der oft billigeren importierten Ware abzuheben. Wenn es gelingt die Wertschätzung der Konsumenten für Qualität und Regionalität der bäuerlichen Erzeugnisse zu bekommen, dann kann auch ein fairer Preis verlangt werden und die Wirtschaftlichkeit der Betriebe ist gesichert (Palme 2016; Coleman, 2014). Laut BIO AUSTRIA (2017) sind vor allem KundInnen, die Wert auf geschmackvolles, nachhaltig produziertes, saisonales und regionales Gemüse Wert legen, auch an frischem Wintergemüse interessiert.

Für den Wiener Betrieb Gartenbau Mader ergeben sich durch den Wintergemüseanbau mehrere Vorteile. Sein umfangreiches Angebot an frischem Gemüse im Winter ist einzigartig in der Region. Die KundInnen werden dadurch mehr an den Hofladen und die Geschäfte gebunden und neue KonsumentInnen werden durch das reichhaltige, frische Gemüseangebot in der kalten Jahreszeit auf diese Einkaufsmöglichkeit aufmerksam. Das hat die positive Folge, dass ein durchgängiges Einkommen lukriert werden kann und die Arbeitskräfte besser ausgelastet werden können. Als Konsequenz benötigt der Betrieb weniger Saisonpersonal (Gartenbau Mader,

2017). Betriebe, die eine wöchentliche Gemüsebox anbieten, können mit einem üppigen Angebot auch im Winter punkten (Vetter, 2018; Palme, 2016).

Es bietet sich aber nicht nur der direkte Ab-Hof Verkauf oder der Bauernmarkt als Vertriebskanal für frisches nachhaltig produziertes Wintergemüse an, sondern auch die gehobene Haus-Gastronomie ist ein potenzieller Absatzpartner. Die Fast-Food und Trendgastronomie ist aufgrund der Preissensibilität der KundInnen weniger geeignet (Spiller et al, 2004). Bei der Spitzengastronomie sind neben dem Preis oftmals Liefertreue und Lieferflexibilität entscheidende Kriterien für den Direkteinkauf bei einem landwirtschaftlichen Lieferanten.

Von Vorteil ist, dass in den letzten Jahren ein Trend zu mehr Bewusstsein für Regionalität, sowohl bei den GastronomInnen, als auch bei KonsumentInnen beobachtet werden kann. Die KundInnen verlangen österreichweit immer öfter Herkunftsnachweise (Jaborek, 2018) und das nicht nur beim Einkauf von Lebensmitteln, sondern auch in der Außerhausverpflegung. Die Agrarmarkt Austria setzt deshalb ein Zeichen mit dem AMA-Gastrosiegel, das die GastronomInnen verpflichtet, ihre Gäste über regionale Spezialitäten und die Herkunft der Produkte zu informieren. Im Jahr 2016 wurde das AMA-Gastrosiegel um zwei neue Kategorien zur Stärkung der Regionalität erweitert (WKO, 2016).

Eine Rückbesinnung auf eine regionale, frische und traditionellen Küche in Top-Restaurants lässt sich auch in Vorarlberg beobachten (Kohl, 2008). So beschreibt z. B. der Betriebsführer des biologischen Gemüsebetriebes Vetterhof in Lustenau/Vorarlberg ein steigendes Interesse der hiesigen GastronomInnen an regional und biologisch produziertem Gemüse (Vetter, 2018). Vetter beliefert derzeit rund 15 Restaurants. Davon ist der überwiegende Teil auf dem 4 bis 5 Sterne Niveau. Rund 25 % des Umsatzes erwirtschaftet der Vetterhof momentan durch Direktvermarktung in der Gastronomie (Vetter, 2018).

Es werden nachfolgend einige Vorarlberger Initiativen vorgestellt, die die Vernetzung zwischen Gastronomie, regionaler Landwirtschaft, Tourismus und Naturschutz stärken wollen.

- Die Initiative der WKO Vorarlberg „Vorarlberg isst...“ setzt auf die Vernetzung von LandwirtInnen und GastronomInnen, um einen Mehrwert für die heimische Wirtschaft und den Tourismus zu erzeugen. Es wird die Besonderheit Vorarlbergs als Alpen-Region zur Abgrenzung von anderen Regionen hervorgehoben (WKO Vorarlberg, unbekannt).

- Das Netzwerk „vo:dô“ wurde im Gebiet Lech-Zürs am Arlberg gegründet und besteht aus ansässigen Hoteliers, GastronomInnen und LandwirtInnen. Dort befanden sich 2017 die meisten Restaurants Vorarlbergs mit mindestens einer Haube von Gault Millau (Vorarlberger Nachrichten, 2017). Es wird jährlich eine kleine Lebensmittelmesse veranstaltet, bei der LandwirtInnen ihre Produkte präsentieren können, damit ein Austausch und Kennenlernen zwischen den Partnern stattfinden kann (Kienreich, 2014). Oft wissen die GastronomInnen und KöchInnen gar nicht um die guten, qualitativ hochwertigen Produkte aus der Region, da die Suche nach solchen Produkten auch Zeit und persönliches Engagement erfordert. Zudem ist es als LieferantIn wichtig zu wissen, welche Ansprüche der/die jeweilige GastronomIn hat. Meist ist es entscheidend, gleichbleibende Qualität und kontinuierlich Ware in ausreichender Menge liefern zu können (Spiller et al, 2004). Auch die LandwirtInnen können auf solch einem Netzwerktreffen, KöchInnen kennen lernen, die überhaupt gewillt sind, Spezialitäten aus der Region zu verarbeiten.
- Weitere Initiativen, die die Partnerschaft zwischen Landwirtschaft, Tourismus und Gastronomie in Vorarlberg beleben und fördern sowie die KonsumentInnen für regional produzierte Produkte sensibilisieren sind: KäseStrasse Bregenzerwald, Biosphärenpark im Großen Walsertal, bewusstmontafon, Klostertaler Bauerntafel, Walser Buura, Regio Im Walgau, Landwirtschaftsstrategie 2020 der Vorarlberger Landesregierung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit den vielen bestehenden Netzwerken und der starken Betonung der Regionalität in Vorarlberg eine gute Grundlage für einen erfolgreichen Absatz von Wintergemüse gegeben ist.

Dass ein Interesse an Karotten mit Grün besteht, zeigt Abbildung 1, in der Karotten mit Grün aus Südafrika ersichtlich sind. Diese wurden bei einem Lebensmittelgroßhändler in Vorarlberg im Februar 2018 gesichtet. Der Preis lag für 200 g bei 3,99 Euro. Der Vetterhof bietet während der Saison einen biologisch erzeugten Bündel Karotten um 1,50 Euro an. Der Aufwand

Bündelware im Winter zu erzeugen ist höher, aber wie das Beispiel der Karotten aus Südafrika zeigt, könnte vermutlich im Winter ein höherer Preis verlangt werden.



Abbildung 1 Mini-Karotten aus Südafrika wurden in Vorarlberg im Großhandel im Februar 2018 zum Verkauf angeboten.

Nicht nur die Regionalität ist ein zunehmend wichtigeres Merkmal von Lebensmitteln, viele GastronomInnen setzen auch immer mehr auf biologisch erzeugte Produkte, weil sie sich von ihren KonkurrentInnen abheben möchten, aber auch weil sie persönlich eine nachhaltigere Landwirtschaft unterstützen wollen. Jede Initiative, jeder Betrieb und jedes Unternehmen, alle, die auf regionale, nachhaltige und qualitativ hochwertige Lebensmittel setzen, stärken das Bewusstsein für Qualität und Nachhaltigkeit in der Öffentlichkeit und damit auch die Nachfrage nach frisch geerntetem und biologischem Wintergemüse.

4 *Daucus carota* L. im Überblick

4.1 Herkunft und Botanik

Karotten sind eine der wichtigsten Nutzpflanzen der Familie *Apiaceae*. Mengenmäßig sind sie nach den Paradeisern und den Zwiebeln das dritthäufigst verzehrte Gemüse in Österreich. Der Selbstversorgungsgrad lag 2015/16 bei 95 % (Grüner Bericht, 2017).

Daucus carota L. wird in zwei Herkunftsgruppen geteilt, die westliche und die östliche Gruppe (Zhen-Guo, 2016). Derzeit wird angenommen, dass die ersten violett- und gelbgefärbten Karotten in China, Iran und nördlichen Arabien im zwölften bzw. zehnten Jahrhundert angebaut wurden (Zhen-Guo et al. 2016, Iorizzo et al. 2013). Studien zeigen, dass die westliche Gruppe aus den in Zentralasien domestizierten Karotten entstanden ist (Rong et al. 2014, Iorizzo et al. 2013). Im 14. Jahrhundert waren im nördlichen Europa vor allem gelbgefärbte Wurzeln beliebt (Simon et al., 1997). Eine genetische Analyse von Iorizzo et al. (2013) verschiedener Karottenherkünfte untermauert die Annahme von Banga (1957), dass in Europa die orange Karotte aus gelb gezüchteten Karotten selektiert wurde. Vor allem der mediterrane Raum soll Ursprungszentrum für die verschiedensten Karottenspezies gewesen sein (Rong et al., 2014). Die Wurzelfarbe der wilden Karotte ist weiß. In Asien wurden hauptsächlich gelbe, rote und violette Karotten angebaut.

Die orange Karotte hat sich von Europa auf andere Kontinente verbreitet und ist jetzt die meist-angebaute Karotte. In den letzten Jahren konnte beobachtet werden, dass aber auch die gelben, violetten, weißen und roten Karotten in Europa wieder beliebter werden. Um neue Sorten zu kreieren wurden asiatische mit europäisch/amerikanischen Herkunft kombiniert (Baranski et al., 2012). Durch die Züchtung der Karotten wurden unterschiedliche Formtypen entwickelt. So kam es, dass früher für eine Ernte im Frühjahr der Typ Paris Market angebaut wurde. Für eine Sommerernte wurde der Typ Half-Long Horn bevorzugt. Über die Jahre wurde eine Vielzahl an Typen entwickelt, je nach den örtlichen Begebenheiten und Präferenzen der KonsumentInnen. Für die Herbst- und Winterproduktion wurde der Typ Nantes, welcher heutzutage in Europa am häufigsten angebaut wird, kultiviert (Prohens und Nuez, 2008). In Abbildung 2 sind die verschiedenen Typen abgebildet.

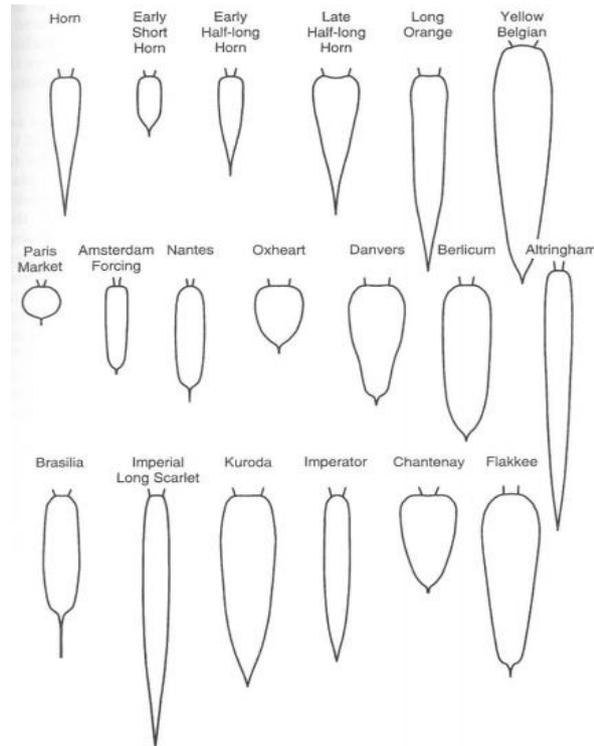


Abbildung 2 Typische Formen von Karotten
(Rubatzky et al., 1999)

Botanisch gesehen besteht die Speicherwurzel der Karotte in einem geringeren Teil aus dem Epikotyl und vor allem aus dem Hypokotyl und der Pfahlwurzel, in welcher die Assimilate, Mineralsstoffe und Wasser eingelagert werden. Beim Querschnitt besteht die Karottenwurzel aus Rinde und Mark. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, steht die Rinde für das Phloem und das Mark für das Xylem, welches vom vaskulären Cambium umgeben ist. Es wird in der industriellen Produktion angestrebt, dass Mark und Rinde eine ähnliche Farbe haben (Rubatzky et al. 1999). Der Kopf, auch Schulter genannt, kann durch hohe Temperaturen dahingehend beeinflusst werden, als das der Laubansatz deutlich über dem Rübenkörper gebildet wird und eher kegelförmig wird. Bei moderateren Temperaturen schauen die Schultern mehr abgerundet und flach aus. Gesamthaft betrachtet, hat aber der Genotyp den größten Einfluss auf die Wurzelform (Rubatzky et al., 1999).

Die Speicherwurzel wird im ersten Jahr gebildet, um Assimilate für das nächste Jahr vorrätig zu haben. Die gespeicherten Assimilate werden im zweiten Jahr für die Ausbildung eines bis zu 80 cm hohen Blütenstands für die Fortpflanzung verwendet. Die Blüten werden durch Insekten fremdbestäubt.

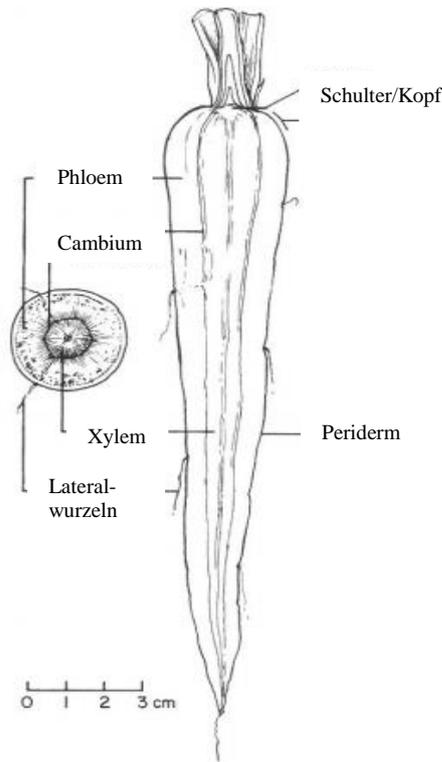


Abbildung 3 Anatomie der Speicherwurzel im Querschnitt (verändert nach Rubatzky et al., 1999)

4.2 Visuelle Qualitätsmerkmale

Das Aussehen eines Produktes bestimmt über das Kaufverhalten von KonsumentInnen. Deshalb ist es nicht nur wichtig Karotten mit ausgezeichnetem Geschmack und gesundheitsfördernden Inhaltsstoffen zu produzieren, sondern sie sollten auch entsprechende äußere Qualitätsmerkmale aufweisen. Der/die durchschnittliche KonsumentIn verlangt Karotten, die frei von Schäden, glattschalig, nicht holzig, ohne Risse oder Verfärbungen sind, sowie keine bzw. nur eine sehr geringe Grünfärbung am Rübenkopf aufweisen. Grünköpfigkeit ist größtenteils sortenbedingt (Bedlan, 2012). Die Karotten sollten frisch aussehen und nicht deformiert, zu klein (mindestens 8 g) oder groß (höchstens 150 g) sein (BLE, 2011). Zusätzlich sollte beim Bündelwarenverkauf das Laub voll und sattgrün ohne welke Erscheinungen aussehen. In der Direktvermarktung hat der/die ProduzentIn meist etwas mehr Spielraum. Er steht mit den KundInnen in direktem Austausch und hat die Chance den KundInnen zu erklären, warum das ein

oder andere Produkt nicht dem üblichen Aussehen hinsichtlich Größe oder Form entspricht (Vetter, 2017).

4.3 Inhaltsstoffe und Geschmacksbeurteilung

Eine Umfrage in Österreich von Spectra Marktforschung im Jahr 2017 zeigte, dass Karotten als das zweitbeliebteste Gemüse von den TeilnehmerInnen angegeben wurde.

Die sensorische Qualität und der gesundheitliche Wert von Gemüse werden maßgeblich über die Inhaltsstoffe bestimmt. Zudem haben physikalische und chemische Merkmale einen Einfluss auf den Geschmack (Szymczak et al., 2007; Fillion und Kilcast, 2002). Varming et al. (2004) zeigten, dass Zuckergehalt und Trockensubstanz positiv mit einem süßen und fruchtigen Karottengeschmack zusammenhängen und auch der bittere Geschmack durch unterschiedliche aromatische Verbindungen bestimmt wird. Flüchtige Verbindungen sind ein wichtiger Bestandteil des charakteristischen Geschmacks von Karotten. Andere Stoffe, wie beispielsweise der Bitterstoff Isocumarin, können die Süße von Zuckern überdecken, sodass die Karotten weniger süß schmecken, obwohl ein hoher Zuckergehalt nachgewiesen werden kann (Höhn et al., 2004).

Um die Akzeptanz und Produktbeliebtheit festzustellen, werden vorrangig hedonische Prüfungen mit ungeschulten KonsumentInnen durchgeführt. Es ist zu beachten, dass das Empfinden der Sinnesorgane und die Aufmerksamkeit von den Testern je nach Tagesverfassung unterschiedlich sein können. Beeinflusst wird die Interpretation der sensorischen Wahrnehmung der unterschiedlichen KonsumentInnen durch ihre bisherigen Erfahrungen mit dem zu testenden Produkt, das Lebensalter, individuelle Vorlieben und die momentane körperliche und physische Verfassung (Schneider-Häder, 2015). Es werden üblicherweise vier verschiedene Prüfmerkmale analysiert. Das sind das Aussehen, die Konsistenz/Textur/Mundgefühl, der Geruch und der Geschmack. Bei Karotten ist vor allem ein süßer, „typisch-karottiger“, aromatischer, kaum bitterer Geschmack erwünscht. Ein Fehlgeschmack lässt sich meist auf flüchtige Terpene zurückführen. Die Textur einer Karotte sollte knackig und saftig sein. Zudem sollte die Karotte einen „karottigen“, süßen Geruch aufweisen (Wrzodak et al., 2012).

Karotten haben im Durchschnitt pro 100 g 33 kcal, die aus 19 kcal Kohlenhydrate, 7 kcal Ballaststoffe, 4 kcal Proteine, 2 kcal Fett und 1 kcal organischen Säuren bestehen (Souci et al., 2015).

Ausgewählte gesundheitlich-relevante Inhaltsstoffe von Karotten

Karotten sind eine reiche Quelle für antioxidativ wirkende Inhaltsstoffe, die das Immunsystem des Körpers unterstützen. Dazu zählen Polyphenole (Flavonoide), Karotinoide (α - und β - Karotin, Lycopin, Lutein usw.), Tocopherole sowie Spurenelemente wie Selen und Zink. Diese Stoffe schützen die Zellen auf vielfältige Weise vor freien Radikalen, den sogenannten reaktiven Sauerstoffspezies (ROS), die in Zellen oxidativen Stress auslösen können (Bravo, 2009). ROS werden durch aerobe Stoffwechselforgänge, körpereigene Abwehrprozesse oder photo-biologische Effekte gebildet und lösen bei unkontrollierter Bildung in einem Organismus oxidativen Stress aus. Dadurch werden Zellmembranen, DNA und Proteine verändert und in ihrer Funktion beeinträchtigt. Funktionseinschränkungen einer Zelle über einen längeren Zeitraum führen zur Alterung des Organismus (Sies et al., 2004).

Phenolische Verbindungen sind sekundäre Pflanzenstoffe, die für den Organismus sehr nützlich sind, aber nicht im Primärstoffwechsel der Pflanzen gebildet werden. Polyphenole sind aromatische Verbindungen mit meist mehr als zwei aromatischen Hydroxylgruppen im Molekül und sind in unterschiedliche Stoffklassen unterteilt. Die drei Untergruppen der phenolischen Verbindungen sind die Flavonoide, welche ungefähr zwei Drittel der Polyphenole ausmachen, die Hydroxybenzoesäuren und die Hydroxyzimtsäuren. Die zwei letzteren Gruppen tragen in etwa ein Drittel zur Gesamtphenolaufnahme bei. Polyphenole beeinflussen nicht nur die Pflanzenphysiologie und schützen die Pflanze vor Krankheiten und Schädlingen, sondern sie haben auch eine gesundheitsfördernde Wirkung auf den Menschen. Sie sollen beispielsweise das Krebsrisiko vermindern (Bravo, 2009; Hooper und Cassidy, 2006). Zu den wichtigsten Gruppen von natürlichen Antioxidantien zählen die Flavonoide. Zu den Flavonoiden gehören viele farblose Substanzen, aber auch die blau, violetten Anthocyane. Durch die Verarbeitung von Karotten kann es zu Verlusten an Phenolen kommen. In der Schale von Karotten befindet bis zu 54 % des Gesamtphenolgehalts (Sharma et al., 2012). In frisch zerkleinerten Karotten konnte ein höherer Phenolgehalt nachgewiesen werden (Hager und Howard, 2006).

Karotten sind eine der wenigen Gemüsearten, die einen hohen **Karotinoidgehalt** in den Wurzeln aufweisen. In der Ernährung spielen die Karotinoide vor allem bei der Versorgung mit Provitamin A eine Rolle. Die bestuntersuchten Karotinoide sind β -Karotin, β -Kryptoxanthin, α -Karotin, Lycopin, Lutein und Zeaxanthin. Bei den Karotten sind vor allem die sehr hohen Gehalte an β -Karotin und α -Karotin zu erwähnen (Maiani et al., 2009). Karotinoide gehören zu den natürlichen Farbstoffen, die eine gelb bis rötliche Verfärbung in der Pflanze bewirken. Ein

hoher Gehalt an Karotinoiden im Gemüse, heißt aber nicht gleich, dass sie auch vom menschlichen Körper gänzlich aufgenommen werden können. Deshalb spielt die Bioverfügbarkeit von Nährstoffen eine Rolle in der Ernährung. Können die Substanzen nicht vom Körper umgesetzt und verwendet oder gespeichert werden, sind sie nicht bioverfügbar. Viele Faktoren beeinflussen die Bioverfügbarkeit von Karotinoiden. Beispielsweise kann nur Vitamin A gebildet werden, wenn mindestens 3-5 g Fett pro Mahlzeit bei der Aufnahme von Lebensmitteln mit β -Karotin und α -Karotin verfügbar ist (Roodenburg et al., 2000). Auch unterstützen Vorgänge wie Kochen, Schneiden oder Mixen des Lebensmittels die Freisetzung von Karotinoiden (Hager und Howard, 2006; Van het Hof et al., 2000).

Während der Lagerung kann es zur Oxidation von Karotinoiden in Karotten kommen. Es muss mit bis zu 10 % Karotinoidverlust gerechnet werden (Böttcher und Belker, 1996). Auch bei der Saffherstellung muss mit Karotinoidverlusten gerechnet werden. Im Verarbeitungsrückstand (Trester) kann 20 % des Gesamtkarotinoidgehalts zurückbleiben (Mayer-Biebach et al., 2005). Sharma et al. (2012) berichten von einem β -Karotingehalt um 50 % im Karottentrester. Die Konzentration der Carotinoide steigt mit zunehmender Reife und erreicht im Zustand der Vollreife ein Maximum (Rodriguez-Concepcion und Stange, 2013).

Nitrat (NO_3^-) ist in Gemüse, Wasser und anderen Lebensmitteln in den letzten Jahrzehnten sehr kritisch betrachtet worden. Nitrat wird in Lebensmitteln und im Körper zu Nitrit (NO_2) reduziert. Nitrit wird dann entweder zu Stickstoffmonoxid (NO) umgewandelt oder es reagiert mit sekundären Aminen. Dann werden vor allem im Gastrointestinaltrakt und beim Erhitzen von Lebensmitteln N-Nitroso-Verbindungen, wie beispielsweise Nitrosamine, gebildet. Nitrosamine gelten als krebserregend (Höhn et al., 2004). Nitrit kann bei Säuglingen zu Methämoglobinämie (Blausucht), welche die Folge einer Sauerstoffunterversorgung ist, führen. Dabei wandelt Nitrit Hämoglobin in Methämoglobin um, welches keinen Sauerstoff binden kann. In den letzten Jahren konnte aber gezeigt werden, dass Nitrat und Nitrit durchwegs auch positive Eigenschaften auf Erwachsene haben können (Lundberg et al., 2018; Hord et al., 2009; Mensinga et al., 2003).

Nähere Beobachtungen und Forschung ist noch notwendig, um eine verlässliche Risiko/Nutzen Analyse von Nitrat auf die Gesundheit des Menschen präsentieren zu können (Habermeyer et al., 2015). Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) legt die täglich akzeptierbare Aufnahmemenge ab dem 4. Lebensmonat für Nitrat bei $3,7 \text{ mg kg}^{-1}$ Körpergewicht fest (AGES, 2018).

Es wird allgemein angenommen, dass die Nitratgehalte in Gemüse im Sommer geringer sind als im Winter (European Commission, 1997).

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2009) spricht aber von einer gering akuten Toxizität von Nitrat und Nitrit in Spinat, der ein sehr Nitrat- und Nitritreiches Gemüse ist, auch wenn größere Mengen verzehrt werden. Ausgenommen sind davon Säuglinge in den ersten Lebensmonaten. Bedenklich können aber hohe Mengen an Nitrit über einen längerfristigen Zeitraum sein (Bundesamt für Risikobewertung, 2009).

Höchstwerte für Nitrat legt die Europäische Kommission in der Verordnung Nr. 1258/2011 für Spinat (je nach Verarbeitung 2000- 3500 mg NO₃ kg⁻¹), frischer Salat (je nach Anbauweise 2000 – 5000 mg NO₃ kg⁻¹) und Beikost für Säuglinge und Kleinkinder (200 mg NO₃ kg⁻¹) in der Verordnung Nr. 1881/2006 fest. Für die Karotte im speziellen ist kein Grenzwert festgelegt.

Die Höhe des **Zuckergehaltes** stellt eine wesentliche Einflussgröße auf Geschmack und Beliebtheit von Karotten dar (Höhn et al., 2004). In Karotten sind hauptsächlich die Zucker Glucose, Fructose und Saccharose zu finden (Höhn et al., 2004; Herrmann, 2001). Das Anreichern von Zuckern in der Wurzel kann in drei Stufen eingeteilt werden, wobei in der ersten keine Zucker akkumuliert werden, in der zweiten Stufe hauptsächlich reduzierende Zucker (Glucose, Fructose) gespeichert werden und in der dritten Stufe Saccharose eingelagert wird (Steingröver, 1983). Wellinger et al. (2006) stellten einen Zusammenhang zwischen dem Zuckergehalt in Karotten und der Trockenmasse fest. Bei einem hohen Gehalt an Trockenmasse kann auch ein höherer Zuckergehalt erwartet werden. Zucker macht 34 -70 % der Trockenmasse in der Wurzel aus (Nilsson, 1987; Daie, 1984).

Der Zuckergehalt kann über verschiedene Methoden gemessen und in verschiedenen Größen angegeben werden. Der Brix-Wert, welcher für die Bestimmung des Massenverhältnisses von Zucker zu Wasser in einer Lösung hergenommen wird, ist ein Indikator für den Zuckergehalt und kann sehr einfach und schnell ermittelt werden, sollte aber etwas kritischer beurteilt werden. Die Lichtbrechung wird nicht nur durch den Zucker hervorgerufen, sondern kann auch durch andere Substanzen beeinflusst werden (Höhn et al., 2004). Die Gesamtzuckergehalte, sowie die einzelnen Zucker können beispielsweise mit einem Spektrophotometer oder mit einer HPLC (High pressure liquid chromatography) bestimmt werden (Dolores Rodríguez-Sevilla et al., 1999).

Die Zuckergehalte in Karotten werden durch unterschiedliche Umweltbedingungen, Anbaumethoden und Lagerungen beeinflusst (Kjellenberg et al., 2016; Höhn et al., 2004; Suojala, 2000; Nilsson, 1987; Simon et al., 1980). Bei der Lagerung bei 1 °C und 98 % Luftfeuchte konnte Simon (1984) feststellen, dass der Zuckergehalt beinahe konstant blieb, aber das Verhältnis von nicht reduzierenden zu reduzierenden Zuckern sank. Zudem sei der süße Geschmack während der Lagerung gestiegen. Höhn et al. (2001) wiederum fanden heraus, dass sich die Brix-Werte und die Gesamtzuckergehalte während der Lagerung verringerten, wobei sich diese Verminderung geschmacklich aber kaum auswirkte. Während der Lagerung kann es zu einem Abbau von Stärke zu Zucker kommen (Böttcher und Belker, 1996).

Suojala (2000) konnte nachweisen, dass in kälteren Jahren die Karotte während der Wachstumsphase mehr Zucker in der Wurzel einlagerte. Aber nicht nur die Lagerung und die Wetterbedingungen haben einen Einfluss auf den Zuckergehalt, sondern auch der Sortentyp. Frühe Sorten tendieren dazu, mehr reduzierende Zucker einzulagern, während Lagertypen eher Saccharose speichern (McKee et al., 1984).

5 Ertragsfaktoren

5.1 Genetisches Potential

Das innige Zusammenspiel von Genotyp und Umwelt bedingt Entwicklung und Erscheinungsbild einer Pflanze. Vor der Etablierung der modernen Pflanzenzüchtung entwickelten die LandwirtInnen eigene, regionale Sorten, die an das örtliche Klima, die anbautechnischen Maßnahmen und die vorherrschenden Krankheiten und Schädlinge angepasst waren. Diese bilden heute ein wertvolles Reservoir für genetische Vielfalt und sind zum Teil in Gen- und Samenbanken gelagert. Mit dem Aufkommen der kommerziellen Züchtung und des Saatguthandels, verdrängten Zucht- und Hybridsorten die alten Landsorten. Den LandwirtInnen fällt nun die Aufgabe zu, die für den Standort, die angewandte Kulturführung und die angestrebte Endnutzung am besten angepasste Sorte aus dem großen Angebot auszuwählen (Diepenbrock et al., 2016).

Spezielle Zuchtziele bei Karotten sind starkes Laub, die sortenechte Farbe und Form, geringe Anfälligkeit gegenüber Grünköpfigkeit, der Geschmack, die Verbesserung der Ausbeute und Stabilität, gute Lagerfähigkeit (bei Lagertypen), kurzes Laub für frühe Sorten sowie die innere und äußere Fleischfarbe (Heistinger, 2013).

5.2 Umwelteinflüsse

Das Pflanzenwachstum ist abhängig von den abiotischen Faktoren wie Licht, Temperatur, Wasser, CO₂ und Nährstoffen. Das Klima an einem Standort beeinflusst somit das Pflanzenwachstum. Vorarlberg liegt auf dem Längengrad 9.9 und dem Breitengrad 47.2., was bedeutet, dass sich in dieser geographischen Lage vor allem die Faktoren Licht und Temperatur limitierend auf die Pflanzen im Winter auswirken. Die Nähe des Bodensees kann zudem im Herbst zu ausgeprägten Boden- und Hochnebeln führen. Die Lage des Rheintals Vorarlbergs zwischen den Alpen und dem Bodensee führt zudem zu häufigen Niederschlägen.

Die abnehmende Temperatur im Herbst/Winter senkt die Rate der chemischen Reaktionen in den Pflanzen und beeinflusst dadurch Wachstum und Qualität. Temperaturen über 25°C und unter 10°C wirken sich negativ auf die Entwicklung von Gemüsearten des gemäßigten Klimas aus (Rubatzky et al., 1999). Für Karotten liegt das Temperatur-Optimum bei 18 °C. Sie haben

jedoch eine breite Temperaturtoleranz und können auch leichte Minusgrade ohne groben Schaden aushalten (Rubatzky et al., 1999). Wenn niedrige Temperaturen eintreten, kann sich die Pflanze schützen, indem sie die Struktur der Biomembran ändert. Fällt die Temperatur unter 0°C entstehen Eiskristalle im Apoplasten. Das führt zu einem glasigen Aussehen der Pflanzenteile. Diesen Zustand können frosttolerante Pflanzen nach einem Temperaturanstieg wieder verlassen. Wenn sich bei tieferen Minusgraden auch im Symplasten Eiskristalle bilden, treten irreversible Schäden auf (Schopfer und Brennicke, 2010).

Mit der Abnahme des Sonnenlichts reduziert sich die Photosyntheseaktivität der Pflanzen. Schon Lawrence postulierte im Jahr 1948 in „Science and the Glasshouse“, dass Pflanzen mindestens zehn Stunden Tageslicht brauchen, um gut wachsen zu können. Auch Coleman (2014) beschreibt ein stark verlangsamtes Wachstum, wenn die Tageslänge unter zehn Stunden fällt. Die Pflanzen sollten bis dahin schon eine gewisse Mindestgröße erreicht haben, damit im Winter kontinuierlich geerntet werden kann. Anbaustaffelung und präzise Aussattermine seien laut Coleman (2014) dafür unerlässlich. In Vorarlberg liegt die Tageslänge von 21. Oktober bis 11. Februar unter zehn Stunden (Werner und Auer, 2001). Zudem ist ausschlaggebend, wieviel Sonnenstunden ein Ort im Winter hat. Ein sehr nebliger, dunstiger Standort ist weniger geeignet (Palme, 2017).

In der Hauptwachstumsphase benötigt die Karotte am meisten Wasser. Aber auch in der früheren Entwicklungsphase würde sich Trockenstress negativ auf das spätere Wachstum und den Ertrag auswirken (Rubatzky et al., 1999).

5.3 Kulturmaßnahmen

Durch verschiedene Kulturmaßnahmen können LandwirtInnen die Karottenernte beeinflussen. Zum einen ist vor allem für eine erfolgreiche Ernte im Winter der Aussattermin von Bedeutung, aber auch die Düngung, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Schutzmaßnahmen durch beispielsweise einen Minifolientunnel beeinflussen die Qualität und den Ertrag von Karotten.

Den Aussattermin für eine Winterernte von Bündelkarotten sollte spätestens Anfang bis Mitte August nach Palme (2016) und Coleman (2014) gewählt werden.

Aufgrund des eher geringen Nährstoffbedarfs können Karotten nach Starkzehrern wie Kohlgemüse und Kartoffeln angebaut werden. Bei der Düngung ist unbedingt auf Gülle, Jauche und

halbverrotteten Stallmist zu verzichten. Der Düngerbedarf von Karotten liegt bei 180 kg ha⁻¹ Stickstoff, 70 kg ha⁻¹ Phosphat, 300 kg ha⁻¹ Kalium. Auch im Jahr vor dem Anbau sollte auf keinen Fall Mist ausgebracht worden sein und nach der Ernte wird eine 2 bis 5-jährige Pause empfohlen (Keutgen, 2014).

Coleman (2014) beschreibt eine mögliche Fruchtfolge auf seiner Farm folgendermaßen: Die Karotten werden im Dezember, Jänner und Februar geerntet. Darauf folgen am 15. März Baby-Frühhkartoffeln, die von Charantais-Melonen als Sommerkultur Ende Mai abgelöst werden. Nach den Melonen wird ein Satz Spinat angebaut, der bis Ende November abgeerntet wird. Das Ziel ist, im Gewächshaus mindestens drei Kulturen anzubauen (Coleman, 2014).

Im Sommeranbau werden Karotten üblicherweise nicht geschützt produziert. Wird ein Anbau im Herbst/Winter angestrebt kann die geschützte Produktion eine Hilfe sein. Folientunnel werden weltweit verwendet, um Gemüse und Zierpflanzen in einer kontrollierten Umgebung zu produzieren (Lamont, 2009). Dabei ist die ungeheizte geschützte Produktion mit Folientunnel, Gewächshaus oder einer Vliesabdeckung auch wichtig für eine erfolgreiche Winterernte. Die Gemüsekulturen brauchen unterschiedlich viel Schutz, manche wachsen auch ganz ohne, andere sind etwas empfindlicher. Durch den Anbau von Kulturen im Herbst und Winter können bestehende Gewächshausflächen und Folientunnel ausgenutzt werden. So wird die Rentabilität dieser erhöht (Coleman, 2014; Guldán, 2013).

Interessant für den Winteranbau, aber auch für den regulären Anbau, sind mobile Varianten. Das kann entweder durch das zeitweise Anbringen eines Minifolientunnels oder einer Abdeckung mit einem Vlies geschehen oder es wird ein rollbarer Folientunnel bzw. Gewächshaus installiert. Vorteile mobiler Abdeckungen sind:

- die Möglichkeit einer intensiveren Nutzung des Bodens, da weniger Probleme mit Versalzung und Krankheits- und Schädlingsanreicherung auftreten,
- eine Erweiterung der Fruchtfolge,
- eine extensive Verlängerung der Saison.

Mobile Schutzmaßnahmen können vor allem für direktvermarktende Betriebe eine Bereicherung sein, da sie ProduzentInnen flexibler in seiner Anbauweise machen. Rollbare Gewächshäuser und Folientunnel sind in Österreich noch nicht sehr etabliert, obwohl sie aus England schon lange bekannt sind (Palme, 2016). An der Versuchsaußenstelle Zinsenhof der HBLFA Schönbrunn wurde ein bewegbares Gewächshaus aufgebaut und ist erfolgreich im Einsatz. In

den USA wurde dazu schon mehr ausprobiert und untersucht, welche Roll-Systeme sich eignen und praktikabel sind (Palme, 2016).

Minifolientunnel sind ein sehr kostengünstiges und flexibles System und schützen vor Niederschlägen, was ein Abdeckvlies nicht kann. Dafür ist bei Vlies ein besserer Luftaustausch gegeben. Vliese und Folie verhindern auch eine zu starke Verdunstung und Vertrocknung. Für die Winterproduktion sind Vliese mit 30-70 g m⁻² am besten geeignet (Palme, 2016).

5.4 Krankheiten und Schädlinge

In diesem Kapitel wird hauptsächlich auf die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge, die auf dem Feld und an den Blättern vorkommen, eingegangen. Die Lagerkrankheiten, beispielsweise Grauschimmel oder die Thielaviospis-Lagerfäule, werden nicht besprochen, da es bei den Winterkarotten nur zu kurzen Lagerzeiten von etwa 1 bis 2 Wochen kommt. Diese Krankheiten sind deshalb nicht von großer Relevanz für die Bündelwarenproduktion.

Allgemein kann gesagt werden, dass sich bei einem Befall des Laubes durch Pathogene die Assimilationsfläche verringert. Die Folge ist ein geringerer Ertrag.

***Alternaria dauci* - Möhrenschwärze**

Alternaria dauci verursacht weltweit hohe Verluste im Karottenanbau. Der pathogene Pilz gehört zu den Ascomyceten. Die optimale Temperatur für sein Wachstum liegt bei 28 °C, aber er kommt auch mit wesentlich niedrigeren und höheren Temperaturen zurecht (13 bis 35 °C) (Bedlan, 2012). Der Pilz tritt bei hoher Luftfeuchtigkeit besonders stark auf, ist über das Saatgut übertragbar und kann auch im Boden überdauern. Hauptsächlich geschieht die Übertragung über den Wind.

Alternaria dauci führt eine nekrotrophe Lebensweise, das heißt, der Krankheitserreger tötet zunächst die Wirtszelle ab, ernährt sich dann von ihr und nutzt sie zur Fortpflanzung. Das typische Schadbild zeigt deshalb zunächst eine gelbe Verfärbung und kleine braune Flecken, die später zusammenfließen. Schlussendlich welken und verfaulen die Blätter. Es sind zudem dunkle Konidienträger mit den Konidien sichtbar. Die Wurzeln werden kaum befallen (Bedlan, 2012). Ein Vorkommen von *Alternaria dauci* ist oft gepaart mit dem Schwächeparasit

Alternaria alternata (Crüger et al., 2002). Bei einem sehr dichten Bestand, können sich diese Pilze rascher entwickeln, da ein feuchtes Mikroklima das Pilzwachstum fördert.

Gegenmaßnahmen sind die Einhaltung einer dreijährigen Fruchtfolge. Außerdem sollten Sorten bevorzugt werden, die gegen *Alternaria dauci* widerstandsfähiger sind. Die Sortenwahl hat einen großen Einfluss auf die Befallsstärke (Kappert, 2013), ebenso wie pathogenfreies Saatgut. Eine Fungizidbehandlung kann bei Bedarf vorgenommen werden (Bedlan, 2012).

***Xanthomonas hortorum* pv. *carotae* - Bakterielle Blattfleckenkrankheit**

Das Bakterium *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae*, ein aerobes, gram-negatives Stäbchen, verursacht die bakterielle Blattfleckenkrankheit. Ein Befall wird bei Temperaturen um die 25 bis 30 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 90 – 100 % (über mindestens zwei Tage) gefördert.

Das Schadbild zeigt sich als erstes durch gelbe, kleine Flecken an den Fiederblättchen. Nach ein paar Tagen verfärbt sich deren Zentrum durch Vertrocknen braun, umgeben von einem gelben Hof. Bei einem starken Befall können ganze Blätter absterben und auch die Stiele zeigen Spuren der Krankheit. Das Krankheitsbild ähnelt stark der Möhrenschwärze (*Alternaria dauci*) und wird deshalb oft mit dieser verwechselt. In der Regel gelangt das Bakterium durch verseuchtes Saatgut in den Bestand und verbreitet sich weiter über Wasser, Wind und Kulturmaßnahmen. Es kann aber auch im Boden überdauern, weshalb eine Fruchtfolge von mindestens vier Jahren zu empfehlen ist (Bedlan, 2012).

***Cercospora carotae* - Cercospora-Blattfleckenkrankheit**

Auch die Cercospora-Blattfleckenkrankheit, die durch den Pilz *Cercospora carotae* verursacht wird, ist *Alternaria dauci* ähnlich. Die Optimaltemperatur liegt zwischen 18 und 28 °C. Für die Erstinfektion benötigt der Pilz warme, nasse Blätter, damit die Konidien in die Stomata eindringen können. Bei Temperaturen unter 16 °C bzw. über 32 °C und unter 84 % relativer Luftfeuchte ist die Wachstumsrate gering.

Das Schadbild fängt mit kleinen Punkten an den Blatträndern an, die bald größer werden und hell umrandet sind. Auch hier ist nach einiger Zeit ein Pilzrasen sichtbar. Die Flecken sind vorrangig auf den jüngeren Blättern zu sehen.

Wie *Alternaria dauci* lebt *Cercospora carotae* nekrotroph und wird über das Saatgut übertragen. Er kann auf Pflanzenresten im Boden überdauern (Bedlan, 2012). Das Einhalten einer Fruchtfolge macht auch bei diesem Pathogen Sinn.

***Psila rosae* Fab. - Möhrenfliege**

Die Möhrenfliege ist im Alpenvorland und den Alpen der wichtigste Karottenschädling. Die erste Generation tritt ab Mai auf. Die Möhrenfliegen sind 4 bis 5 mm groß, besitzen einen gelben Kopf mit roten Augen, gelbe Beine, und einen schwarzen Hinterleib. Die Weibchen legen ihre Eier an den Wurzelhals der Karotten ab. Befallen werden auch Petersilie, Sellerie, Pastinake und Fenchel (Kahrer und Gross, 2002). Nach ungefähr sieben Tagen schlüpfen die Maden, wandern abwärts und fressen an den Feinwurzeln. Erst das dritte Stadium bohrt sich in die Hauptwurzel. Die Fraßzeit dauert 5-6 Wochen, danach verpuppen sich die Maden im Boden zu einer ca. 5 mm langen hellbraunen Tönnchenpuppe. Nach einiger Zeit, in der Regel ab Juli, schlüpfen die Fliegen und legen ihre Eier wieder an die Wurzelhäuse. Es können sich je nach Temperatur mehrere Generationen entwickeln. Die zweite Generation tritt meist stärker auf, eine dritte Generation kommt eher selten vor (Crüger et al., 2002). Die Fliegen überwintern im Boden in Puppen, aber auch die Larven können überleben. Typisches Erkennungsmerkmal an den Karotten sind die rostbraunen Fraßgänge, die starke Qualitätseinbußen mit sich bringen.

6 Material und Methoden

6.1 Standortbeschreibung

Lustenau liegt im Rheintal, im Nordwesten des Bundeslands Vorarlberg, auf einer Seehöhe von 404 m. Der Versuch, der in der vorliegenden Masterarbeit beschrieben wird, wurde auf Flächen des Betriebes Vetterhof in Lustenau angelegt. Der Vetterhof hält neben dem Gemüsebau, den er auf rund 10 ha betreibt, auch Mutterkühe und Freilandschweine. Seit den 70er Jahren wird der Betrieb biologisch bewirtschaftet. Die Produkte werden hauptsächlich direkt über Gemüse-kistenabos, einen wöchentlichen Marktstand, den Hofladen, Fleischpakete und die Gastronomie vermarktet. Feldsalat, Winterportulak, verschiedenste Asiasalate, Rucola, Spinat werden schon seit einigen Jahren auf dem Betrieb erfolgreich im ungeheizten Gewächshaus für eine Ernte im Winter angebaut.

Boden

Die Versuchsflächen befinden sich im Süden von Lustenau in einem Gebiet mit dem Flurnamen Heidensand. Im Heidensand ist kalkhaltiger grauer Auboden aus feinem jungem Schwemmma-terial mit Grundwassereinfluss vorzufinden. Es handelt sich bei der Bodenart um sandigen Schluff. Die Bodenklimazahl beträgt 48 (VoGIS, 2018).

Klima

Im Jahr 2017 betrug die mittlere Jahreslufttemperatur in Dornbirn 10,1°C, die Sonnenschein-dauer 1889 h und die Niederschlagssumme 1793 mm (ZAMG, 2017). Die Monate Mai und Juni 2017 waren in der Region im Vergleich zu den letzten fünf Jahren eher trocken, der August und Dezember waren sehr niederschlagsreich (Abbildung 4).

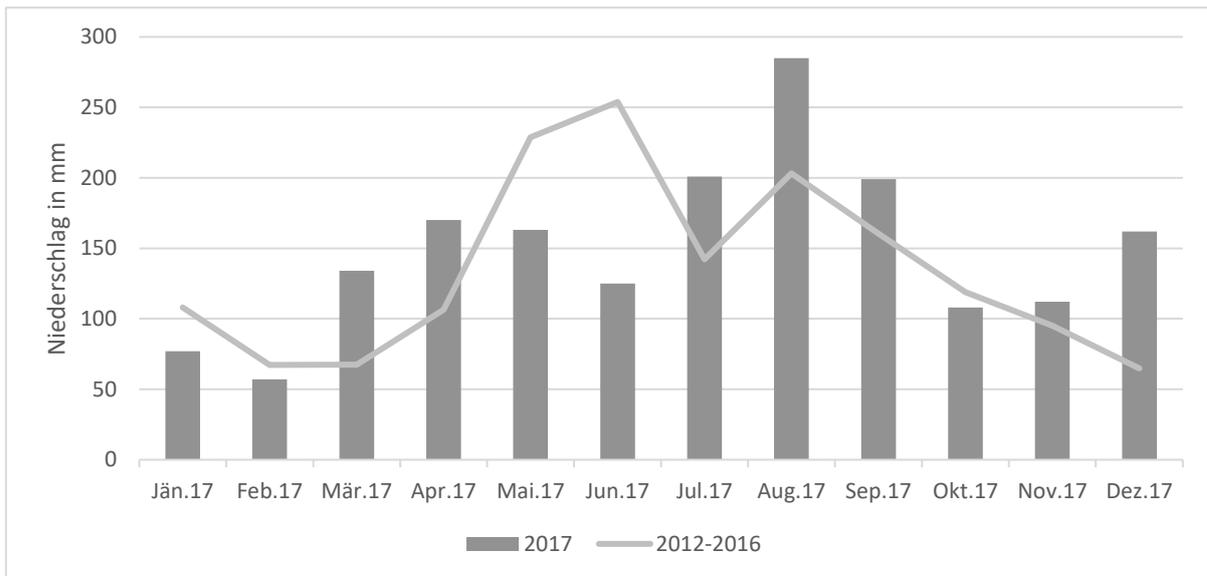


Abbildung 4 Monatssummen des Niederschlags in mm der Jahre 2012 - 2017 in Dornbirn (~ 5 km von der Versuchsfläche entfernt) (ZAMG, 2017)

In Abbildung 5 ist der Temperaturverlauf während der Versuche zu sehen. In den Monaten Mai, Juni, Juli und August konnten Tage mit über 30°C verzeichnet werden. Im Oktober waren die ersten Nächte mit leichten Minustemperaturen festzustellen.

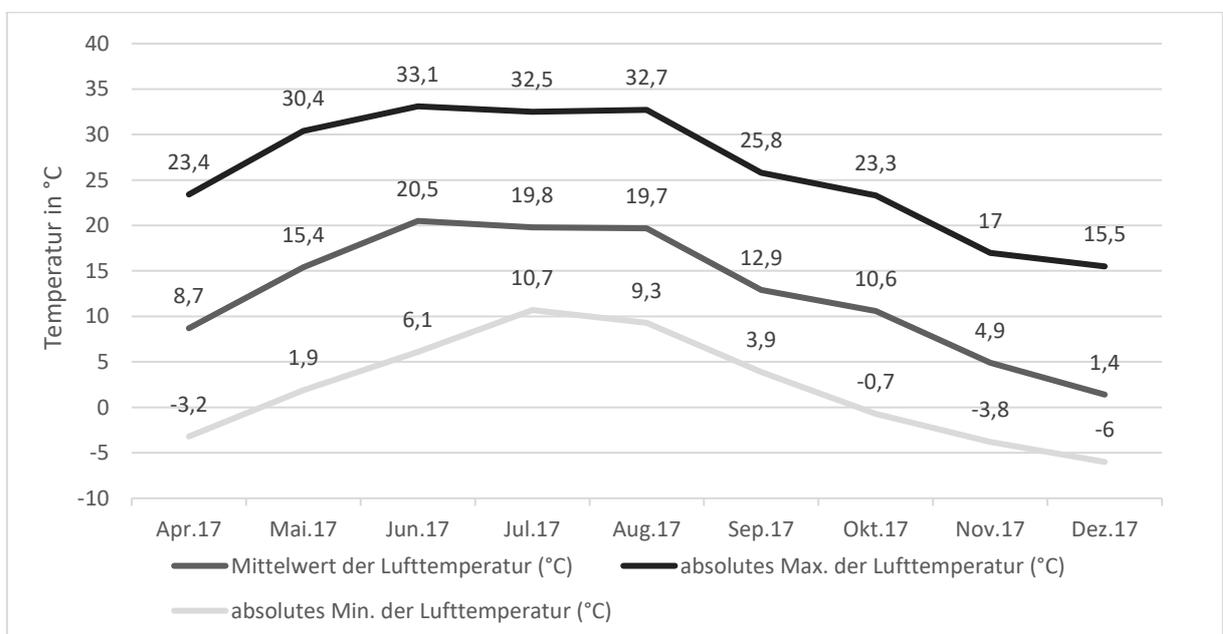


Abbildung 5 Temperaturverlauf während der Versuche

6.2 Versuchsaufbau

Es wurden ein Frühjahrsversuch und ein Winterversuch, mit drei verschiedenen Karottensorten im Heidensand, durchgeführt.

In Tabelle 1 sind die verwendeten Sorten aufgelistet. Die Sorten wurden nach verschiedenen Kriterien für den Versuch ausgewählt. Die Züchter beschreiben alle drei Sorten als geeignet für die Bündelwarenproduktion. Es wurde darauf geachtet, dass alle Sorten einer Reifegruppe angehören (Lindner et al., 2006). Des Weiteren wurden die Sorten Romance F1 und Napoli F1 auf dem Vetterhof schon seit längerem angebaut und hatten sich als gute Sorten erwiesen. Die Sorten Napoli F1 und Mokum F1 beschreibt Coleman (2009) als sehr geeignete Sorten für die Winterproduktion und als geschmacklich hervorragend.

Tabelle 1 Auflistung verwendeter Sorten für die Versuche (Hildsamen 2017; Austro Saat 2017)

Sorte	Reifezeit	Sortentyp	Züchter	Beschreibung der Züchter
Romance F1	mittel-früh	Nantaise	Hildsamen	Glatte Rübe mit auffallend gutem Geschmack, robustes, aufrechtes Laub, für Ernte Sommer bis in Winter
Mokum F1	früh	Nantaise	Austro Saat	Bündelkarotte, auch für Vlieskultur und Snackkarotte, gute Längenausbildung auch bei Dichtsaat
Napoli F1	früh	Nantaise	Austro Saat	Bündelkarotte, starkes Laub, auch für Treib- und Vlieskultur

Der Frühjahrsversuch wurde in vier Dammreihen mit zwölf Parzellen angelegt. So ergaben sich pro Dammreihe drei Parzellen mit einer Länge von 6,6 m. In Abbildung 6 ist das Versuchsdesign dargestellt. Pro Sorte wurden vier Wiederholungen angelegt. Der Abstand zwischen den Dämmen betrug 0,75 m. Die Aussaat erfolgte am 13.04.2018 von Hand mit einem Reihenabstand von 10 cm und 1,6 cm in der Reihe. Es wurde auf den Dämmen zweireihig ausgesät. Am 01.06.2017, sechs Wochen nach der Aussaat, waren alle Pflanzen vollständig aufgelaufen. Nach 44 Tagen waren bei allen Sorten mindestens 1 bis 2 Laubblätter sichtbar.

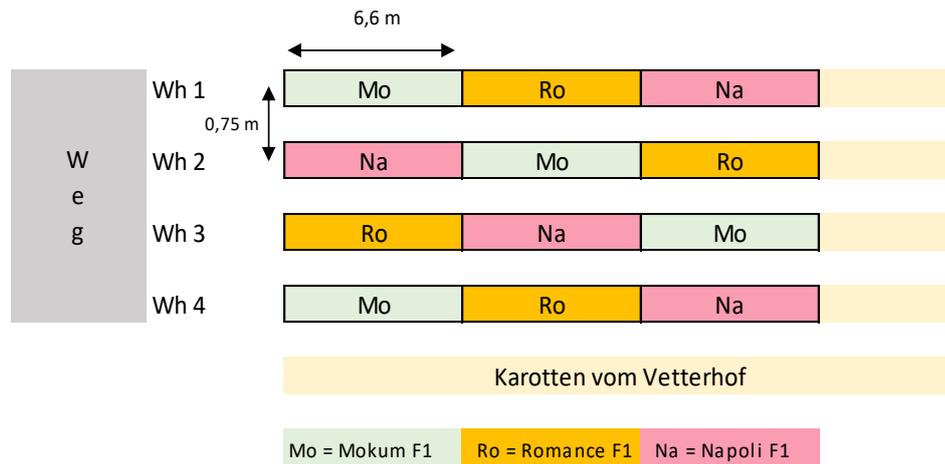


Abbildung 6 Versuchsdesign des Frühjahrsversuchs mit drei verschiedenen Karottensorten und je vier Wiederholungen

Die Kulturführung erfolgte gemäß betriebsüblicher Praxis. Zweimal wurde von Hand gejätet und einmal zwischen den Dämmen gehackt. Anfang Juli zeigten sich vereinzelt braune Flecken, zum Teil Vergilbungen an den Laubblättern. Vermutlich handelte es sich bei den Symptomen um eine Pilzinfektion durch *Alternaria dauci* und/oder *Cercospora carotae*. Bis zur Ernte verstärkte sich der Befall. Die Ernte der gesamten Versuchsfläche und die Bonitur erfolgten am 20.07.2017.

Der Winterversuch wurde auf dem gleichen Schlag angelegt. Um zusätzlich zwei verschiedene Schutzmaßnahmen zu testen, wurde die Versuchsfläche in 36 Parzellen eingeteilt. Jede Parzelle bestand wieder aus einem Damm, der 3 m bzw. 6 m lang war. Je Variante waren vier Wiederholungen vorhanden. In Abbildung 7 ist das Versuchsdesign dargestellt.

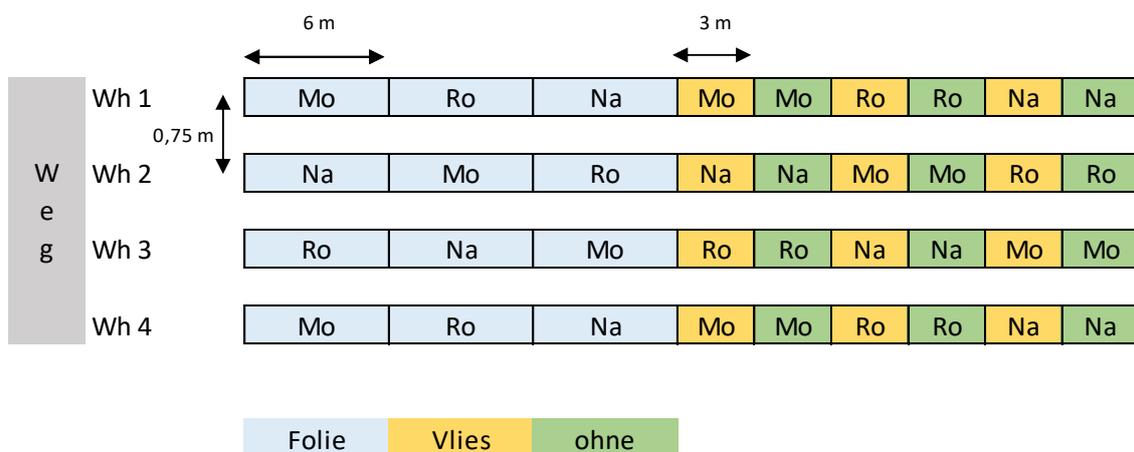


Abbildung 7 Versuchsdesign des Winterversuchs mit drei verschiedenen Karottensorten, zwei verschiedenen Abdeckungen und je vier Wiederholungen.

Die Aussaat erfolgte am 18.07.2017 von Hand, mit den gleichen Abständen wie beim Frühjahrsversuch. Es wurde im August und September insgesamt dreimal von Hand gejätet.

Da Mitte September schon ein deutlicher Pilzbefall der Blätter zu beobachten war, wurde am 15.09.2017 und 04.10.2017 das im biologischen Landbau zugelassene Pflanzenschutzmittel 'Cuproxin progress' mit einer Handspritze ausgebracht. Am 24.09.2017 wurde die Laubhöhe aufgenommen, sowie die Stärke des Befalls visuell eingeschätzt. Aufgrund von sichtbaren Fraßspuren am Laub durch Feldhasen, wurde die Versuchsfläche am 29.09.2017 mit einem Hasenzaun umzäunt.

Vom 08.11.2017 bis zur Ernte wurden die Karotten mit einem Minifolientunnel und einem doppelten Sommervlies geschützt. Ein Teil der Versuchsfläche blieb als Kontrolle ohne Abdeckung. Die Ernte und Bonitur der Karotten eines repräsentativen Meters pro Parzelle erfolgte am 16.12.2017.

Am Tag der Sommer- wie Winterernte wurden alle geernteten Karotten gewaschen und anschließend sortiert, gewogen und ausgezählt. Es wurde die Masse in Kilogramm und die Stückzahl von allen marktfähigen und nicht marktfähigen Rüben eines repräsentativen Meters erfasst. Die nicht marktfähigen Wurzeln kamen in die Gruppen geplatzt, zu klein, geschädigt infolge von Fraßschäden durch Maus oder Hase. Bei der Winterernte wurde zusätzlich noch der Möhrenfliegenbefall dokumentiert. Bei der Sommerernte konnte nur vereinzelt ein Schaden durch Möhrenfliegenlarven beobachtet werden. Anschließend wurden pro Parzelle 25 bzw. zehn Karotten zufällig ausgewählt, um diese zu bonitieren. Nach der Bonitur wurden für die spätere Analyse im Labor ca. fünf marktfähige Wurzeln pro Parzelle entsaftet. Davon wurden ca. 50 – 60 ml Saft in zwei Plastikröhrchen gefüllt und sofort bei -18 °C eingefroren. Von weiteren zehn Karotten pro Parzelle kam gesundes Laub in den Gefrierschrank. Die zugehörigen Wurzeln wurden mit einer Küchenmaschine zerkleinert, auf zwei Plastikbehälter aufgeteilt und dann tiefgekühlt. Zwischen dem Beginn des Zerkleinerns bzw. der Entsaftung der Karotten und dem Einfrieren lagen maximal 20 Minuten.

Bonituren

Die Bonituren erfolgten in Anlehnung an „Planung, Anlage und Auswertung von Versuchen im ökologischen Gemüsebau – Handbuch für die Versuchsanstellung“ (Lindner, 2006). Die Bonituren wurden immer von ein und derselben Person durchgeführt. Nachfolgend sind die bonitierten Merkmale beschrieben:

- Masse:** Es wurde von 25 Karotten im Sommer bzw. zehn Karotten im Winter die Masse in g von Wurzel und Laub getrennt erfasst.
- Laubgesundheit:** Bei zehn Karotten je Parzelle wurde der Krankheitsstatus erfasst. Es wurde von 1 bis 5 bonitiert (5 = < 30 % der Blattoberfläche gesund, 3 = 30 – 70 % gesund, 1 > 70 % gesund).
- Laub- und Wurzellänge:** Es wurde von zehn Blättern je Parzelle die Länge des längsten Blattes sowie bei zehn Wurzeln die Länge gemessen.
- Wurzeldurchmesser:** Es wurde bei zehn marktfähigen Wurzeln je Parzelle an der dicksten Stelle der Durchmesser gemessen.
- Grünköpfigkeit:** Es wurde bei zehn marktfähigen Karotten die innere und äußere Grünköpfigkeit bonitiert, da die innere unabhängig von der äußeren auftreten kann. Bonitiert wurde von 1 = fehlend, 3 = gering, 5 = mittel bis 7 = stark.
- Ausprägung der Schulter:** Die Form des Rübenkörpers am Laubansatz wurde bei zehn marktfähigen Wurzeln je Parzelle bonitiert (1 = stark abfallen (Laubansatz deutlich über Rübenkörper), 2 = kegelförmig, 3 = abgerundet, 4 = flach (nach UPOV, 2015)).

Rübenform: Die Rübenform wurde auch bei zehn marktfähigen Karotten je Parzelle bonitiert. Es kamen Karotten von 5 = kaum abgestumpft, 7 = mäßig abgestumpft und 9 = voll abgestumpft vor (Abbildung 8).

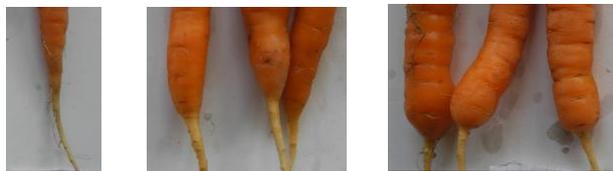


Abbildung 8 Beispielbilder für die Boniturnoten bei der Rübenform, links = 5, mitte = 7, rechts = 9 (Eigene Fotos)

6.3 Laboranalysen

Es wurden Analysen in Vorarlberg und in Wien durchgeführt. Die eingefrorenen Proben der Sommerernte wurden im Herbst 2017, die Proben der Winterernte im Jänner und Februar 2018 im Labor der Abteilung Lebensmitteluntersuchung des Umweltinstituts Vorarlberg untersucht. Zudem wurde die gravimetrische Trockensubstanz und Nitrat mittels HPLC analysiert.

Im Labor der Abteilung Gartenbau der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) wurde Nitrat, antioxidative Kapazität, Gesamtphenole, Carotinoide, reduzierende Zucker und Gesamtzucker sowie die refraktometrische Trockensubstanz (°Brix) bestimmt.

Für die Analysen im Gartenbaulabor der BOKU wurden die Inhaltsstoffe ausschließlich aus zentrifugierten Saftproben gemessen. Dafür wurde der Saft, der ein Tag nach der Ernte der Karotten gewonnen und direkt eingefroren wurde, bei 8000 Umdrehungen/min für 10 Minuten zentrifugiert. Nitrat, Zucker, Carotinoide, Gesamtphenole und die antioxidative Kapazität wurden mittels Spektrophotometer Metertech UV/VIS SP – 8001 analysiert. Für jede Messung wurde das Gerät mit einer Standardgerade kalibriert.

Nitrat

In Vorarlberg wurde der Nitratgehalt in der Karottenwurzel und dem Laub durch HPLC mittels isokratischer Elution und anschließender UV-Detektion nach der ÖNORM EN 12014-4 bestimmt. Die eingefrorenen Proben wurden aufgetaut und anschließend mit einer Retsch GRINDOMIX GM 200 homogenisiert. Etwa 10 g homogenisierte Probe wurden in ein 150 ml

Becherglas eingewogen. Zur Einwaage wurden 50 ml etwa 50 bis 60°C warmes Wasser hinzugegeben. Anschließend wurde die Probe mit einem ULTRA TURRAX T25 basic für mindestens eine Minute gemischt. Die Aufschlämmung wurde quantitativ in einen 200 ml Messkolben gebracht, und 50 ml Acetonitril zugegeben. Es wurde auf 200 ml mit Wasser aufgefüllt. Die Mischung wurde durch einen Faltenfilter, danach durch einen Membranfilter mit einer Porenweite von 0,22 µm in Probegläschen filtriert. Eine Kalibriergerade und eine Blindlösung wurden zudem erstellt.

Im Labor der BOKU wurde Nitrat mittels Photometer in den Karottensaftproben bestimmt. Dafür wurden die Saftproben bei 10.000 Umdrehungen/min für fünf Minuten zentrifugiert. Es wurden 200 µl Saftprobe und 800 µl Reinstwasser in ein Kulturröhrchen pipettiert und mit 1 ml Vanadium(III)chlorid-Lösung und 1ml Mischreagenz versetzt. Die Mischreagenz bestand aus einer Sulfanilsäurelösung und einer NEDD (N-(1-Naphthyl)ethylendiamin-dihydrochlorid) Lösung. Die Proben wurden für 30 Minuten bei 37 °C in einem Wasserbad inkubiert. Anschließend wurden die Proben in Einmal-Halbmikroküvetten überführt und die Absorption mittels Photometer bei 540 nm analysiert.

Trockensubstanz gravimetrisch

Die Bestimmung der Trockensubstanz der Karottenwurzeln des Sommer- und Winterversuchs wurde im Labor des Umweltinstituts Vorarlberg durchgeführt. Die eingefrorenen Proben wurden aufgetaut und anschließend mit einer Retsch GRINDOMIX GM 200 homogenisiert. Danach wurden ca. 1-2 g des Probenmaterials mit ca. 20 g Seesand in einer Wägeschale mit einem Pistill gut vermischt und bei 104°C in einem Trockenschrank für 4 ½ h getrocknet. Nach der Trocknung wurden die Proben in einem Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt und ausgewogen. Referenzmaterial wurde bei allen Durchgängen mitgeführt.

Trockensubstanz refraktometrisch

Der Brechungsindex n der Karottensaftproben wurde mit einem digitalen Tischrefraktometer (Atago Pr-101; Auflösung: min. 0,1 % Brix) bei 20 °C bestimmt.

Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität wurde auch mit dem Spektrophotometer nach Keutgen und Pawelzik (2007) gemessen. Dafür wurde am Messtag eine Eisensulfatstammlösung (Eisen(II)sulfat-Heptahydrat) für die Standardgerade sowie eine FRAP-Reagenz (ferric reducing ability of plasma) aus Acetat-Buffer (Natriumacetat, Essigsäure dH₂O), TPTZ-Lösung (2,4,6-Tri[2-Pyridyl]-s-triazine, Salzsäure), Eisenchloridlösung (Eisen(III)chlorid-Hexahydrat, dH₂O) und deionisiertem Wasser hergestellt. Es wurde 100 µl Probe sowie 1 ml FRAP-Reagenz direkt in eine Halbmikroküvette pipettiert und vermischt. Bei einem Teil der Proben war zuvor eine 1:1 bzw. eine 1:5 Verdünnung notwendig. Der niedrige pH-Wert der Eisenchloridlösung führte dazu, dass die antioxidativen Inhaltsstoffe das Eisen(III)chlorid-Hexahydrat zu Eisen(II)-Komplex reduzierte. Dadurch entstand eine blaue Färbung, die bei 592 nm im Spektrophotometer gemessen werden konnte (Benzie und Strain, 1996).

Gesamtphenole

Die Bestimmung der Gesamtphenole erfolgte mittels Folin-Ciocalteu-Phenolreagenz modifiziert nach Keutgen und Pawelzik (2007). Dafür wurden 100 µl Saftprobe mit 2,8 ml dH₂O, 1 ml NaOH und Folin-Phenolreagenz versetzt, um darauf für 15 Minuten im Wasserbad bei 37°C inkubiert zu werden. Nach der Überführung in Halbmikroküvetten wurden die Proben bei 735,8 nm im Spektrophotometer gemessen. Für die Kalibriergeraden wurden fünf verschiedene Standards aus Gallussäure hergestellt.

Carotinoide

Die Carotinoide und Chlorophyll a und b wurden mittels Photometer bei den Absorptionen $\lambda = 470$ nm, $\lambda = 653$ nm und $\lambda = 666$ nm gemessen. Es wurde dafür eine 1:1 Verdünnung der Saftproben mit deionisiertem Wasser hergestellt, die in Halbmikroküvetten überführt wurde. Anschließend wurde spektrophotometrisch gemessen. Ein Blindwert wurde bei allen Proben mitgeführt.

Reduzierende Zucker und Gesamtzucker

Die Zucker wurden mit dem Photometer bei 600 nm nach Poberežny et al. (2012) bestimmt. Dafür wurde zuerst eine Standardgerade mit einer D-Glucosestammlösung (1 mg ml⁻¹) erstellt. Für die Bestimmung der reduzierenden Zucker und der Gesamtzucker wurde 1 ml Probe mit 3 ml Farbreagenz bestehend aus 2,4-Dinitrophenol, 5 % Natronlauge und kristallinem Phenol

sowie Kaliumnatriumtartrat versetzt. Anschließend wurden die Proben für 10 Minuten bei 81°C in ein Wasserbad gegeben, abgekühlt, in Einmal-Halbmikroküvetten überführt und mit dem Photometer gemessen.

Für die Bestimmung der reduzierenden Zucker wurde die Saftprobe mit deionisiertem Wasser im Verhältnis 1:99 verdünnt.

Für die Bestimmung der Gesamtzucker wurde die Saftprobe zuerst, vor der Zugabe der Farbreagenz, mit deionisiertem Wasser verdünnt (0,1 ml Probe, 9,9 ml dH₂O), mit einem Tropfen 37 % rauchende Salzsäure versetzt. Damit eine Hydrolyse stattfinden konnte, wurden die Proben für eine halbe Stunde bei 81°C ins Wasserbad gegeben. Um wieder in den basischen Bereich zu kommen, wurde nach dem Abkühlen die Probe mit 40 %iger Natronlauge versetzt. Anschließend wurde wie oben beschrieben ein Milliliter dieser Probe mit 3 ml Farbreagenz vermischt, um die Absorption zu bestimmen.

6.4 Sensorische Untersuchung

Die Verkostung von fünf verschiedenen Karottenvarianten mit 30 Konsumentinnen und Konsumenten fand am 15.12.2018 auf dem Vetterhof in Lustenau statt. Am Tag zuvor, am 14.12.2018, wurde die gleiche sensorische Untersuchung mit sechs geschulten Personen im Labor des Umweltinstituts in Bregenz/Vorarlberg durchgeführt.

Für die Verkostungen wurden die Winterkarotten vom Versuchsfeld (Mischprobe aus den vier Wiederholungen unter der Folie) am 13.12.2018 geerntet, in Kunststoffolie eingepackt und bei ca. 1-2 °C zwischengelagert. Am gleichen Tag wurden beim Supermarkt SPAR Bio-Karotten gekauft. Vom Vetterhof wurden Bio-Lagerkarotten zur Verfügung gestellt. Von jeder der fünf Varianten (Lagerkarotte vom Vetterhof, Lagerkarotte von Spar, Versuchskarotten Mokum F1, Napoli F1 und Romance F1) wurden ca. 5 kg bezogen.

Probenvorbereitung

Am Tag der jeweiligen Verkostung wurden die Karotten geschält und in mundgerechte Stücke zerteilt. Hierfür wurden von der Spitze sowie vom Ende (Krautansatz) etwa 3-4 cm abgetrennt. Der mittlere Teil wurde der Länge nach zwei Mal durchgeschnitten, sodass sich vier Teilstücke ergaben. Bei längeren Rüben wurde das Mittelstück nochmals in zwei Teile getrennt (der Breite nach), sodass sich acht Teilstücke ergaben. Die Stücke waren etwa 2-4 cm lang.

Darreichung

In 100 ml Plastikbecher mit Verschluss wurden ca. 5-7 Teilstücke gegeben. Den Proben wurden anonyme Zifferncodes zugeteilt. Wasser zur Neutralisation wurde bereitgestellt. Jede Probe wurde einzeln angeboten.

Fragebogen

Die Prüfpersonen sollten zu jeder Probe ihre Einschätzung hinsichtlich unterschiedlicher Merkmale der Probe abgeben. In Tabelle 2 sind die abgefragten Merkmale aufgelistet und beschrieben. Im Anhang ist der gesamte Fragebogen zu finden.

Tabelle 2 Zusammenfassung der abgefragten Merkmale bei der sensorischen Analyse von fünf verschiedenen Karottenproben

Merkmal	Beschreibung der Eigenschaft	Bewertung
Typischer Karottengeruch	Charakteristischer Geruch einer rohen Karotte	nicht erkennbar - sehr stark kennbar
ungewöhnlicher Geruch	störender Geruch	nicht erkennbar - sehr stark kennbar
Knackigkeit	die Intensität der Lautstärke beim Abbeißen und Kauen der Karotte	kein Geräusch - sehr lautes Geräusch
süßer Geschmack	Süße der Karotten	nicht erkennbar - sehr stark erkennbar
bitterer Geschmack	Bitterkeit der Karotten	nicht erkennbar - sehr stark kennbar
fremdartiger Geschmack	ungewöhnlicher Geschmack für eine Karotte	nicht erkennbar - sehr stark kennbar
Gesamteindruck der Probe	Gesamteindruck, der alle Merkmale erfasst	Sehr schlecht - sehr gut
Eindruck einer typischen Karotte	Entsprechung des Bildes einer typischen Karotte	Nein - Ja
Beliebtheit der Probe	Abfrage, ob diese Probe wieder gegessen werden würde	Nicht wieder – sehr gerne wieder essen

6.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit der Software SPSS Version 24 ausgeführt. Mit einer einfaktoriellen bzw. zweifaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) wurden die Laborergebnisse sowie die Feldergebnisse auf signifikante Effekte unter Annahme von Normalverteilung und unter Berücksichtigung der Varianzheterogenität geprüft. Mit dem Tukey B Test wurden paarweise Mittelwertvergleiche angestellt.

Mit dem nicht-parametrischen Test Kruskal-Wallis wurden die Ergebnisse der sensorischen Analyse, der Bonituren mit Notensystem (ordinale Daten) und wenn die Anforderungen der ANOVA nicht erfüllt werden konnten, auf signifikante Unterschiede geprüft. Bei allen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $p = 0,05$ angenommen.

7 Ergebnisse

7.1 Ertrag

Nach den jeweiligen Ernten wurde noch am selben Tag die Gesamtmasse erfasst, die Merkmale bonitiert und ein Saft aus den vermarktungsfähigen Wurzeln hergestellt. Es wurde darauf geachtet bei Winter- und Sommerernte dieselbe Methodik anzuwenden. Es soll an dieser Stelle gleich erwähnt werden, dass ein Pilzbefall bei beiden Versuchen Probleme bereitete. Die Blätter wiesen kleine braune Flecken auf. Teilweise war das umliegende Gewebe vergilbt. Der Befall war bei der Sommerernte noch eher gering, aber doch schon so hoch, dass der Betriebsführer die Karotten eher nicht mehr als Bündelware vermarktet hätte. Der nötige Putzaufwand wäre aus praxisrelevanter Sicht nicht vertretbar gewesen (Vetter, 2017). Bei der Winterernte fielen verfaulte, braune Blätter ab und es waren deutlich dunkle Konidienträger mit Konidien sichtbar. Diese Ernte war definitiv nicht mehr als Bündelware vermarktungsfähig. Es wurde trotzdem Anfang November eine Abdeckung aus Vlies und Folie beim Winterversuch angebracht, um mögliche Auswirkungen feststellen zu können. Alle nachfolgenden Ergebnisse sind als Mittelwerte mit Standardabweichung angegeben.

7.1.1 Winterversuch

Bei der Auswertung der Ertragsdaten des Winterversuchs wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Sorte und Schutzmaßnahme durchgeführt. Es wurden keine Wechselwirkungen zwischen den beiden Faktoren festgestellt. Die Variable „Ertrag vermarktungsfähige Wurzeln“ wurde aufgrund heterogener Varianzen nach $[f(x) = \ln(x)]$ transformiert.

Bei der Ernte im Dezember konnten Unterschiede zwischen den Sorten Mokum F1, Napoli F1 und Romance F1 festgestellt werden. Die Sorte Mokum F1 erzielte einen signifikant geringeren vermarktungsfähigen Wurzelsertrag mit 6 t ha^{-1} im Vergleich zu ´Romance F1´ mit 14 t ha^{-1} und ´Napoli F1´ mit 10 t ha^{-1} (Tabelle 3). Da die Karotten als Bündelware aufgrund der schlechten Laubqualität nicht mehr vermarktungsfähig waren, wird hier nun von vermarktungsfähigen Wurzeln gesprochen, da diese Karotten ohne Laub vermarktungsfähig gewesen sind.

Die Karottenanzahl unterschied sich zwischen den Sorten nicht so stark wie die Masse. Auch war der Anteil der Ausschussware bei allen Sorten nicht signifikant unterschiedlich. Die

Ausbeute, die auf die Masse bezogen wurde, war bei 'Mokum F1' dadurch mit nur 50 % deutlich geringer als bei 'Romance F1' (75 %) und 'Napoli F1' (71 %).

Tabelle 3 Durchschnittliche Ergebnisse des Ertrags der Winterernte im Sortenvergleich, $n=12$.

Ertrag	Mokum F1	Romance F1	Napoli F1
Gesamtertrag $t\ ha^{-1}$	$11.9 \pm 0.6\ b$	$18.6 \pm 8.2\ a$	$14.5 \pm 8.0\ ab$
Ertrag vermarktungs-fähiger Wurzeln $t\ ha^{-1}$	$6.0 \pm 3.3\ b$	$14.1 \pm 8.6\ a$	$10.3 \pm 6.5\ a$
Ausbeute %	50.9	75.7	71.1
Gesamtanzahl Lm^{-1}	$65 \pm 14\ a$	$73 \pm 16\ a$	$62 \pm 14\ a$
Anzahl vermarktungs-fähiger Wurzeln ha^{-1}	$26 \pm 12\ b$	$38 \pm 11\ a$	$30 \pm 13\ ab$
Anzahl Ausfall ha^{-1}	$39 \pm 13\ a$	$35 \pm 14\ a$	$32 \pm 11\ a$

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test

Bei der Auswertung des Faktors Schutzmaßnahme mittels Tukey B Test konnten unter der Folie höhere Erträge dokumentiert werden als unter dem Vlies oder bei der Kontrolle, bei der keine Abdeckung angebracht wurde. Die Ausbeute der Massenerträge war unter der Folie um rund 10 % höher. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Ergebnisse des Ertrages in Bezug die Schutzmaßnahme; $n=12$

Schutzmaß-nahme	Gesamtertrag $t\ ha^{-1}$	Ausbeute %	Gesamtanzahl Lm^{-1}	Ausbeute Anzahl %
Folie	$22.0 \pm 8.7\ a$	73.0	$69 \pm 14\ a$	57.7
Vlies	$12.0 \pm 4.6\ b$	60.1	$66 \pm 16\ a$	39.6
Kontrolle	$11.0 \pm 4.0\ b$	65.2	$65 \pm 16\ a$	43.3

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test

7.1.2 Vergleich Sommer Winter

Um die Jahreszeiten besser vergleichen zu können, wurden vom Winterversuch nur die Ergebnisse der Kontrollgruppe ohne Schutzmaßnahme berücksichtigt. Auch hier wurde eine zweifaktorielle ANOVA durchgeführt, jedoch mit den Faktoren Sorte und Erntezeit.

Die Sommerernte, in Tonnen pro Hektar, war dreimal so hoch wie die Winterernte der Kontrolle (Tabelle 5) und damit im Tukey B Test signifikant unterscheidbar. Interaktionen zwischen dem Faktor Erntezeit und Sorte waren nicht signifikant. Wird die Gesamtanzahl an Karotten betrachtet, konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Sommer- und Winterernte dokumentiert werden. Die Anzahl an vermarktungsfähigen Wurzeln war im Sommer signifikant höher als im Winter. Die Ausbeute war im Winter um rund 10 % geringer als im Sommer.

Tabelle 5 Durchschnittliche Ergebnisse des Ertrags im Sommer- und Wintervergleich; n=12

Sorte	Ausbeute %	Gesamtertrag t ha ⁻¹	Ertrag vermarktungsfähiger Wurzeln t ha ⁻¹	Gesamtanzahl lm ⁻¹	Anzahl vermarktungsfähiger Wurzeln lm ⁻¹
Sommer	74.4	35.1 ± 9.5 a	24.2 ± 12.4a	64 ± 13 a	44 ± 12 a
Winter	65.2	11.0 ± 4.0 b	7.2 ± 3.8 b	65 ± 15 a	28 ± 12 b

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test

In Abbildung 10 sind die Ergebnisse der Erträge im Sommer- und Wintervergleich noch etwas detaillierter dargestellt. Ausgewertet wurden die Daten der Ausschussware mit einem Kruskal Wallis Test, bei dem sich zeigte, dass nur die Variante Napoli F1 Winter, die eine sehr geringe Standardabweichung aufwies, signifikant von 'Mokum F1' Sommer unterscheidbar war.

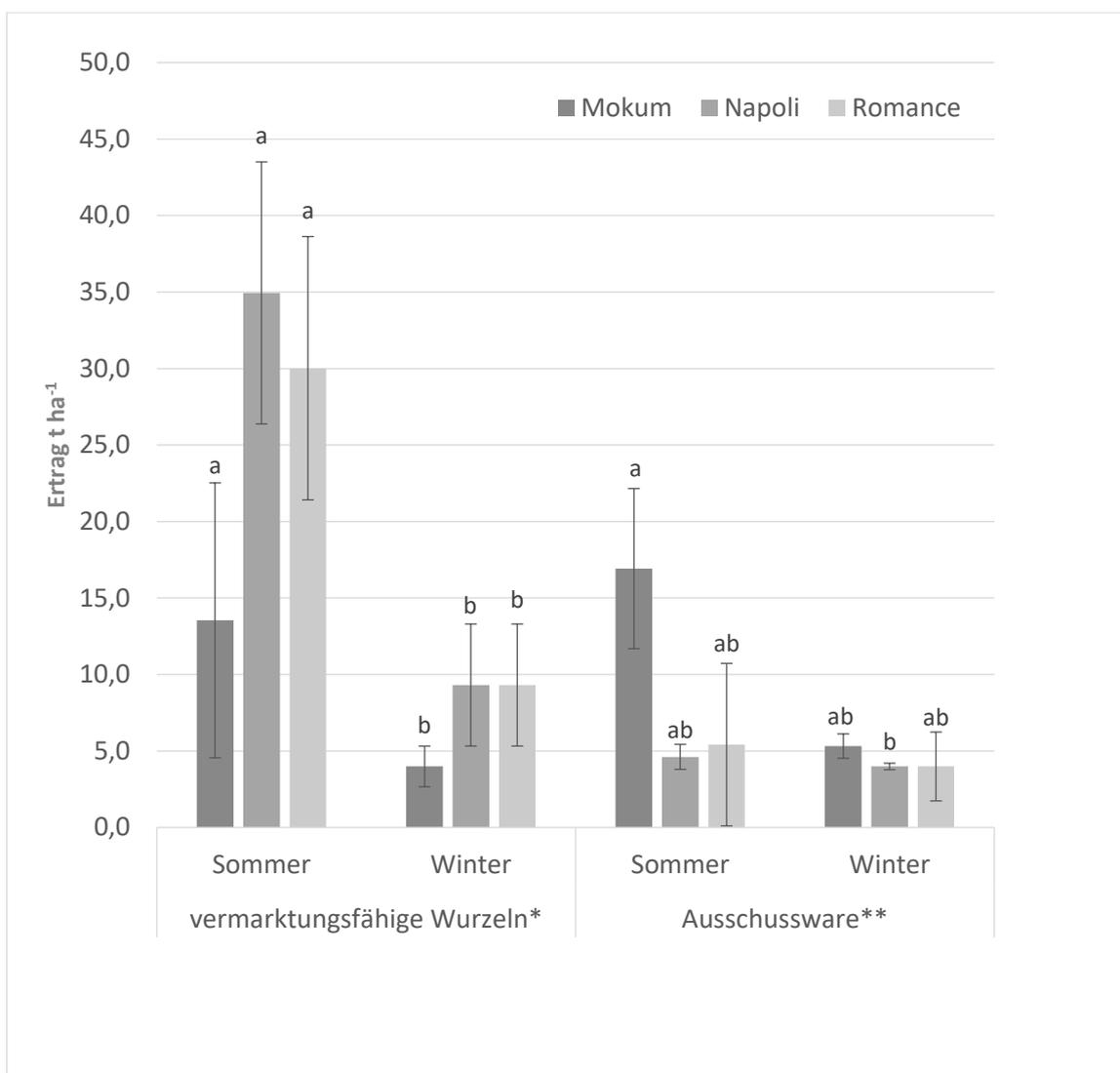


Abbildung 10 Ergebnisse des Ertrages im Sommer- und Winter unterteilt in Sorten; $n=4$

(a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen Sommer und Winter bei vermarktungsfähige Wurzeln bzw. zwischen Sommer- Winter und Sorte bei Ausschussware bei $\alpha = 0.05$ nach dem *Tukey B Test bzw. **Kruskal Wallis Test.)

In Abbildung 11 und Abbildung 12 ist die Ausschussware im Sommer und Winter in Bezug auf die Sorten und Ursache dargestellt. Im Winter führte die zu kleine Größe bei allen Sorten tendenziell zu den größten Verlusten. Außerdem gab es ein verstärktes Auftreten der Möhrenfliege, die im Sommer kaum vorhanden war. Auffällig war zudem, dass die Karotten im Sommer vorrangig im oberen Drittel am Rübenkopf angefressen wurden (sehr wahrscheinlich durch Hasen). Im Winter jedoch meist Fraßspuren im unteren Bereich der Wurzeln zu beobachten waren, die sehr wahrscheinlich durch Mäuse verursacht wurden.

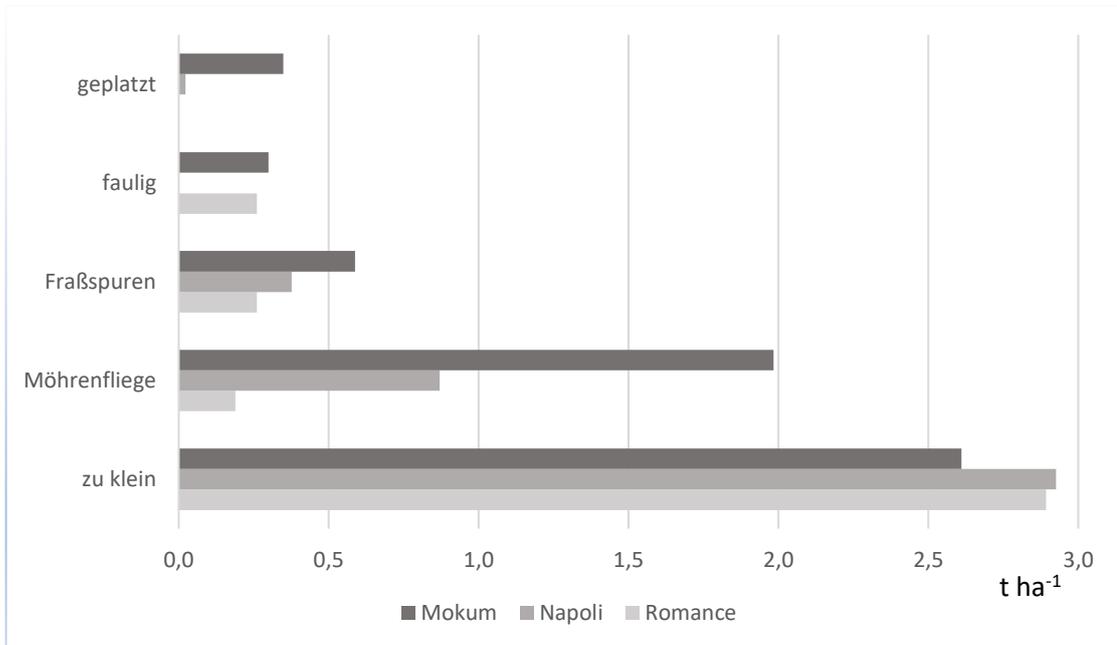


Abbildung 11 Unterteilung der Ausschussware in Ursachen im Winter je Sorte, n=4

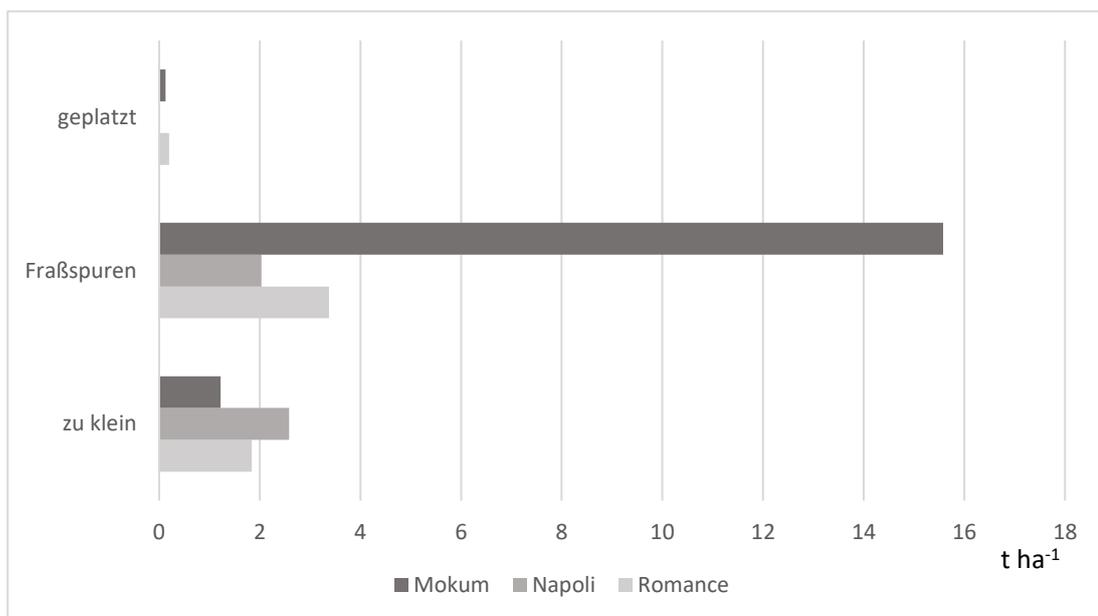


Abbildung 12 Unterteilung der Ausschussware in Ursachen im Sommer je Sorte, n=4

7.2 Bonituren

7.2.1 Winterversuch

Im Dezember fanden am selben Tag die Ernte sowie die Bonitur der Wurzeln und des Laubes statt. Es zeigte sich, dass die Sorte Mokum F1, wie in Abbildung 13 dargestellt, im Tukey B Test ein signifikant geringeres Wurzelgewicht bei einer Stichprobengröße von $n = 120$ aufwies. Heterogenität der Varianzen erforderte eine Transformation der Daten der Wurzelmasse nach $f(x) = \ln(x-1)$. Der Wurzeldurchmesser, der auch nach $f(x) = \ln(x)$ transformiert wurde, ist dementsprechend bei der Sorte Mokum F1 im Vergleich zu den anderen Sorten auch signifikant geringer (Abbildung 14).

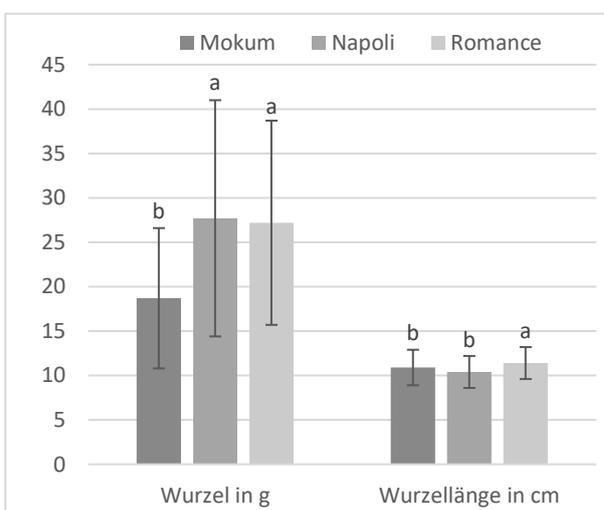


Abbildung 13 Ergebnisse der Bonitur der Wurzel im Sortenvergleich; $n = 120$

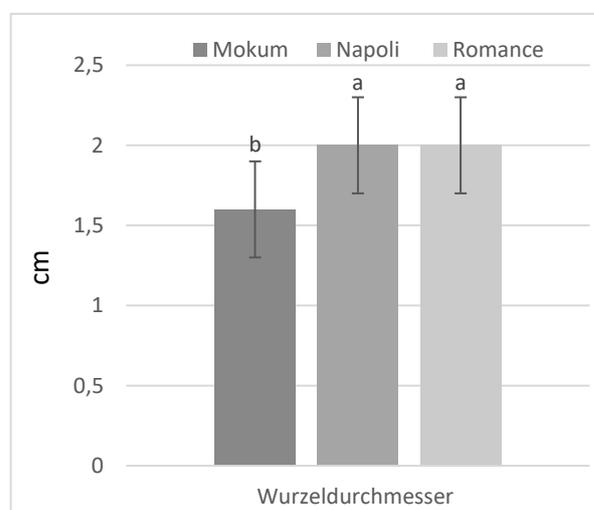


Abbildung 14 Wurzeldurchmesser im Sortenvergleich bei der Winterernte; Mokum F1 $n=109$, Napoli F1 $n=110$, Romance F1 $n=120$

(a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede bei beiden Abbildungen zwischen allen Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse zur Wurzelmasse, Wurzellänge und Wurzeldurchmesser in Bezug auf die Schutzmaßnahme zusammengefasst. Unter der Folie hatten die Karottenwurzeln die signifikant größte Wurzelmasse. Dies spiegelt sich in den durchschnittlich längeren Wurzeln und dem größeren Wurzeldurchmesser wieder. Es traten keine Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Schutzmaßnahme auf.

Tabelle 6 Ergebnisse der Winterernte in Bezug auf die Wurzelbonitur in Abhängigkeit der Schutzmaßnahme, n=120

Merkmale	Folie	Vlies	Kontrolle
Wurzel (g)	31.3 ± 14.4 a	21.2 ± 8.3 b	21.1 ± 9.0 b
Wurzellänge (cm)	11.5 ± 1.7 a	10.6 ± 1.9 b	10.6 ± 2.0 b
Wurzel­durchmesser (cm)	2.2 ± 1.3 a	¹ 1.8 ± 0.3 b	² 1.8 ± 0.3 b

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test; ¹n=109, ²n=110

Nicht nur die Länge und der Durchmesser wurden erfasst, sondern auch die Form der Karotten und die Grünköpfigkeit wurden bonitiert, indem Noten vergeben wurden. Deshalb wurden diese Daten mit einem Nicht-Parametrischen Test, dem Kruskal Wallis Test ausgewertet. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Wurzelbonituren in Bezug auf die Sorte und die Schutzmaßnahme der Winterernte dargestellt. Bei allen Sorten konnte kein signifikanter Einfluss der Schutzmaßnahme auf die innere Grünköpfigkeit sowie der Ausprägung der Schultern festgestellt werden. Die äußere Grünköpfigkeit war unter der Folie stärker ausgeprägt als unter dem Vlies. Die Rübenform, welche durch die unterschiedliche Abrundung im unteren Wurzelbereich charakterisiert wird, war bei der Sorte Romance F1 in Bezug auf die Schutzmaßnahme Folie im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant unterscheidbar.

Beim Vergleich der Sorten kann festgestellt werden, dass die Sorte Romance F1 eine geringere äußere Grünköpfigkeit als die Sorte Mokum F1 und eine etwas andere Rübenform als die anderen Sorten hatte.

Tabelle 7 Vergleich der Sorten und der Schutzmaßnahmen in Bezug auf die Wurzelqualität der Winterernte

Sorte	Schutzmaßnahme	Stichprobengröße	Rübenform	Ausprägung Schulter	Äußere Grünköpfigkeit	Innere Grünköpfigkeit
Mokum F1	Folie	n=40	7.5 ± 1.5 ab	2.6 ± 0.8 ab	4.2 ± 1.4 a	4.8 ± 1.7 a
	Vlies	n=40	7.3 ± 1.4 abc	2.4 ± 0.7 b	3.6 ± 1.5 abc	4.4 ± 1.9 a
	Kontrolle	n=40	6.9 ± 1.5 bc	2.4 ± 0.6 ab	3.7 ± 1.5 abc	4.9 ± 1.9 a
Romance F1	Folie	n=40	7.5 ± 1.4 ab	2.4 ± 0.6 ab	3.1 ± 1.4 bcd	4.9 ± 1.5 a
	Vlies	n=40	6.6 ± 1.4 bc	2.6 ± 0.7 ab	2.7 ± 1.1 cd	4.7 ± 1.9 a
	Kontrolle	n=40	6.4 ± 1.3 c	2.3 ± 0.6 b	2.5 ± 1.5 d	4.4 ± 1.8 a
Napoli F1	Folie	n=40	8.0 ± 1.3 a	2.8 ± 0.8 ab	3.8 ± 1.4 ab	4.9 ± 1.6 a
	Vlies	n=40	7.2 ± 1.5 abc	2.8 ± 0.9 ab	3.0 ± 1.5 bcd	3.6 ± 1.7 a
	Kontrolle	n=40	7.3 ± 1.3 abc	2.9 ± 0.9 a	3.6 ± 1.4 abc	4.4 ± 1.8 a
Total	Folie	n=120	7.7 ± 1.4 a	2.6 ± 0.7 a	3.7 ± 1.5 a	4.9 ± 1.6 a
	Vlies	n=120	7.0 ± 1.5 b	2.6 ± 0.8 a	3.1 ± 1.4 b	4.3 ± 1.9 a
	Kontrolle	n=120	7.0 ± 1.3 b	2.5 ± 0.8 a	3.4 ± 1.6 ab	4.7 ± 1.8 a
Total	Mokum F1	n=120	7.2 ± 1.5 ab	2.4 ± 0.7 b	3.8 ± 1.5 a	4.7 ± 1.8 a
	Romance F1	n=120	6.9 ± 1.4 b	2.4 ± 0.6 b	2.8 ± 1.4 b	4.8 ± 1.7 a
	Napoli F1	n=120	7.5 ± 1.4 a	2.8 ± 0.8 a	3.5 ± 1.4 a	4.3 ± 1.8 a

a, b, c, d... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test. Rübenform (5=kaum abgestumpft - 9= abgestumpft); Ausprägung Schulter (1=stark abfallend - 4=flach); Grünköpfigkeit innen/außen (1=fehlend - 7=stark)

In Tabelle 8 und Abbildung 15 sind die Ergebnisse der Laubbonitur dargestellt. Die Merkmale in Tabelle 8 wurden mit dem Kruskal Wallis Test ausgewertet, da diese entweder keine homogenen Varianzen aufwiesen oder ordinal skaliert waren. Die Anzahl der Blätter (Abbildung 15) wurde mit einer zweifaktoriellen ANOVA und Tukey B Test ausgewertet. Wechselwirkungen traten bei diesem Merkmal keine auf.

Es waren deutliche Sortenunterschiede bei der Laublänge, der Laubmasse und der Blätteranzahl ersichtlich. 'Romance F1' wies die meisten und die längsten Blätter auf, was sich auch in einer höheren Masse widerspiegelte. Bei der Laubgesundheit konnten keine Unterschiede

hinsichtlich Sorte festgestellt werden. Die Laubgesundheit war unter der Schutzmaßnahme Folie signifikant am schlechtesten, wies aber im Vergleich zur Kontrollfläche beim Merkmal Laubmasse die höchsten Werte auf. Im Detail hatte nur bei der Sorte Napoli F1 im Merkmal Laubgesundheit die Schutzmaßnahme einen Einfluss, das Vlies schnitt im Vergleich zu Folie und Kontrollfläche am besten ab. Die Laublänge betreffend konnten bei 'Romance F1' signifikant längere Blätter unter der Folie im Vergleich zur Kontrollfläche festgestellt werden.

Tabelle 8 Vergleich der Sorten und der Schutzmaßnahmen in Bezug auf die Laubqualität der Winterernte

Sorte	Schutzmaßnahme	Stichprobengröße	Laub (g)	Laublänge (cm)	Laubgesundheit
Mokum F1	Folie	n=40	0.8 ± 0.6 cde	9.5 ± 4.3 d	3.2 ± 0.9 abc
	Vlies	n=40	² 0.5 ± 0.6 de	9.9 ± 3.2 d	3.3 ± 1.3 abc
	Kontrolle	n=40	0.4 ± 0.5 e	8.1 ± 4.0 d	3.3 ± 1.0 abc
Romance F1	Folie	n=40	3.7 ± 1.1 a	26.8 ± 5.1 a	3.8 ± 1.1 ab
	Vlies	n=40	2.9 ± 1.6 a	20.9 ± 4.1 ab	3.1 ± 1.3 bc
	Kontrolle	n=40	2.2 ± 1.2 ab	17.6 ± 4.2 bc	3.2 ± 0.8 abc
Napoli F1	Folie	n=40	1.8 ± 1.9 bc	18.1 ± 8.1 bc	3.9 ± 1.0 a
	Vlies	n=40	¹ 1.3 ± 1.2 bcd	17.1 ± 4.4 bc	2.7 ± 1.2 c
	Kontrolle	n=40	1.5 ± 1.2 bcd	15.3 ± 4.1 c	3.3 ± 1.2 abc
Total	Folie	n=120	2.1 ± 1.8 a	18.1 ± 9.3 a	3.6 ± 1.1 a
	Vlies	n=117	1.6 ± 1.6 ab	16.0 ± 6.0 a	3.0 ± 1.3 b
	Kontrolle	n=110	1.3 ± 1.3 b	13.7 ± 5.7 b	3.2 ± 1.0 b
Total	Mokum F1	n=119	0.6 ± 0.6 c	9.2 ± 3.9 c	3.2 ± 1.1 a
	Romance F1	n=110	3.0 ± 1.5 a	21.8 ± 5.9 a	3.3 ± 1.1 a
	Napoli F1	n=118	1.6 ± 1.5 b	16.8 ± 5.9 b	3.3 ± 1.2 a

a, b, c, d... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test; ¹n=38 ²n=39; Laubgesundheit wurde von 5 < 30 % gesund bis 1 > 70 % gesund bonitiert

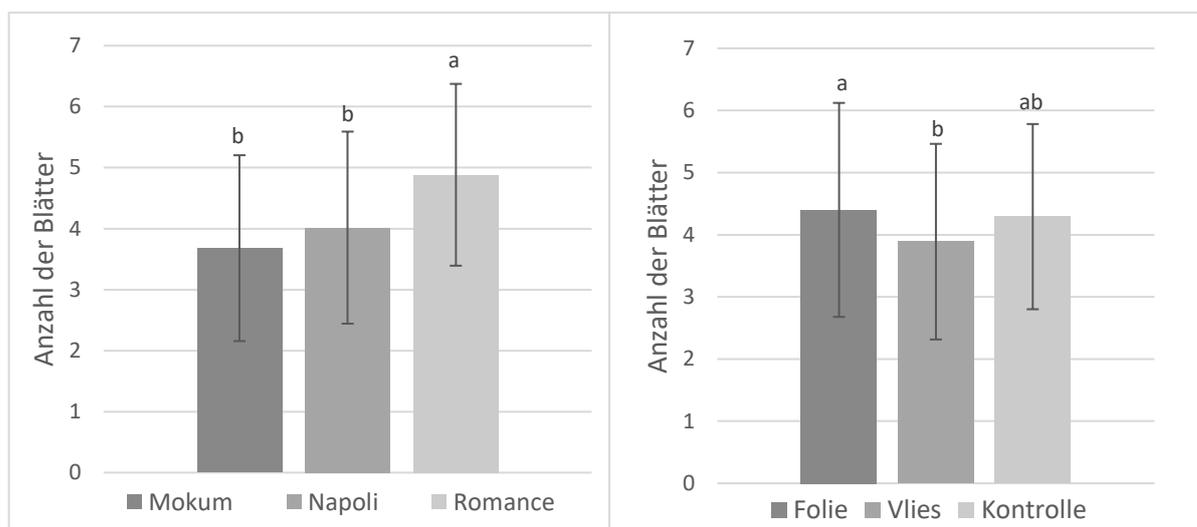


Abbildung 15 Anzahl der Blätter in Bezug auf Sorte und Schutzmaßnahme im Winter

(a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Balken eines Faktors bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test; Mokum F1 n=119, Napoli F1 n=118, Romance F1 und Kontrolle n=110, Vlies n=117, Folie n=120)

7.2.2 Vergleich Sommer Winter

Beim Vergleich zwischen Sommer- und Winterernte wurde im Sommer eine bessere Laubqualität festgestellt. Bei der Auswertung der Daten und dem Anstellen des Erntezeitvergleiches wurde bei den Winterdaten auf die Ergebnisse der Kontrollfläche zurückgegriffen.

Bei der Auswertung der Merkmale Wurzellänge und Wurzeldurchmesser nach einer zweifaktoriellen ANOVA wurden Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Erntezeit festgestellt. Die Wurzelmasse wurde mit einem nicht-parametrischen Test verglichen, da heterogene Varianzen vorlagen. In Tabelle 9 sind diese Ergebnisse dargestellt. Der Wurzeldurchmesser der Sorte Mokum F1 war im Sommer nicht signifikant größer als bei 'Romance F1' und 'Napoli F1' im Winter. Allerdings war die Wurzellänge bei allen Sorten im Winter signifikant kürzer als im Sommer, wodurch auch die Wurzelmasse im Winter signifikant geringer war.

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der weiteren Wurzelbonituren in Bezug auf die Erntetermine zusammengefasst. Die statistische Auswertung mit dem Kruskal Wallis Test zeigte, dass die Grünköpfigkeit bei 'Romance F1' im Winter geringer war wie im Sommer. Bei der Ausprägung der Schulter und der Rübenform kann kein deutlicher Trend abgelesen werden.

Tabelle 9 Durchschnittliche Ergebnisse der Bonituren der Wurzel von Karottensorten zu unterschiedlichen Ernteterminen.

Sorte, Erntezeit	¹ Wurzel (g)	² Wurzellänge (cm)	² Wurzeldurchmesser (cm)
	Sommer n = 100; Winter n=40	n = 40	n = 40
Mokum F1 Winter	14.8 ± 4.3 c	10.6 ± 1.9 bc	³ 1.5 ± 0.2 d
Romance F1 Winter	23.4 ± 8.2 bc	11.3 ± 2.0 b	1.8 ± 0.2 c
Napoli F1 Winter	25.0 ± 9.8 b	10.0 ± 1.9 c	2.0 ± 0.3 b
Mokum F1 Sommer	39.2 ± 12.8 a	16.5 ± 2.0 a	2.0 ± 0.3 bc
Romance F1 Sommer	45.0 ± 15.9 a	15.4 ± 1.9 a	2.2 ± 0.3 a
Napoli F1 Sommer	45.4 ± 18.1 a	15.9 ± 2.3 a	2.2 ± 0.3 a

a, b,c, d... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem ¹Kruskal Wallis Test bzw. nach dem ²Tukey B Test; ³n=30

Tabelle 10 Durchschnittliche Ergebnisse der Bonituren der Wurzel von drei Karottensorten zu unterschiedlichen Ernteterminen.

Sorte Erntezeit	Stichprobengröße	Rübenform	Ausprägung Schulter	Äußere Grünköpfigkeit	Innere Grünköpfigkeit
Mokum F1 Winter	n=40	6.9 ± 1.5 ab	2.4 ± 0.6 abc	3.7 ± 1.5 a	4.9 ± 1.9 ab
Romance F1 Winter	n=40	6.4 ± 1.3 ab	2.3 ± 0.6 bc	2.5 ± 1.5 b	4.4 ± 0.8 b
Napoli F1 Winter	n=40	7.3 ± 1.3 a	2.9 ± 0.9 a	3.6 ± 1.4 a	4.4 ± 1.8 b
Mokum F1 Sommer	n=40	6.7 ± 1.7 ab	2.7 ± 0.8 ab	3.7 ± 1.6 a	5.4 ± 1.1 ab
Romance F1 Sommer	n=40	5.9 ± 1.0 b	2.1 ± 0.5 c	3.1 ± 1.6 ab	5.3 ± 1.2 ab
Napoli F1 Sommer	n=40	6.0 ± 1.2 b	2.3 ± 1.0 bc	3.5 ± 1.7 a	5.6 ± 1.2 a
Sommer Gesamt	n=120	6.2 ± 1.4 b	2.3 ± 0.8 a	3.4 ± 1.6 a	4.4 ± 1.8 b
Winter Gesamt	n=120	7.2 ± 1.5 a	2.7 ± 1.1 a	3.7 ± 1.6 a	5.4 ± 1.1 a

a, b,c, ... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test; Rübenform (5=mäßig abgestumpft - 9=voll abgestumpft); Ausprägung Schulter (1=stark abfallend - 4=flach); Grünköpfigkeit innen/außen (1=fehlend - 7=stark)

Bei der Laubqualität ist in Abbildung 16 bei allen vier Merkmalen der signifikante Einfluss der Jahreszeit bei allen Sorten, mit Ausnahme von 'Napoli F1' bei der Laubgesundheit, zu erkennen. Die Daten der Laublänge wurden $f(x) = \ln(x+3000)$ transformiert, da keine homogenen Varianzen vorlagen. Die Merkmale Laubgesundheit und Laubmasse wurden mit dem Kruskal Wallis Test ausgewertet, weshalb die signifikanten Unterschiede zwischen Sommer und Winter, sowie den Sorten Mokum F1, Napoli F1 und Romance F1 gekennzeichnet wurden. Die Laubgesundheit war bei der Sorte Mokum F1 im Sommer am schlechtesten.

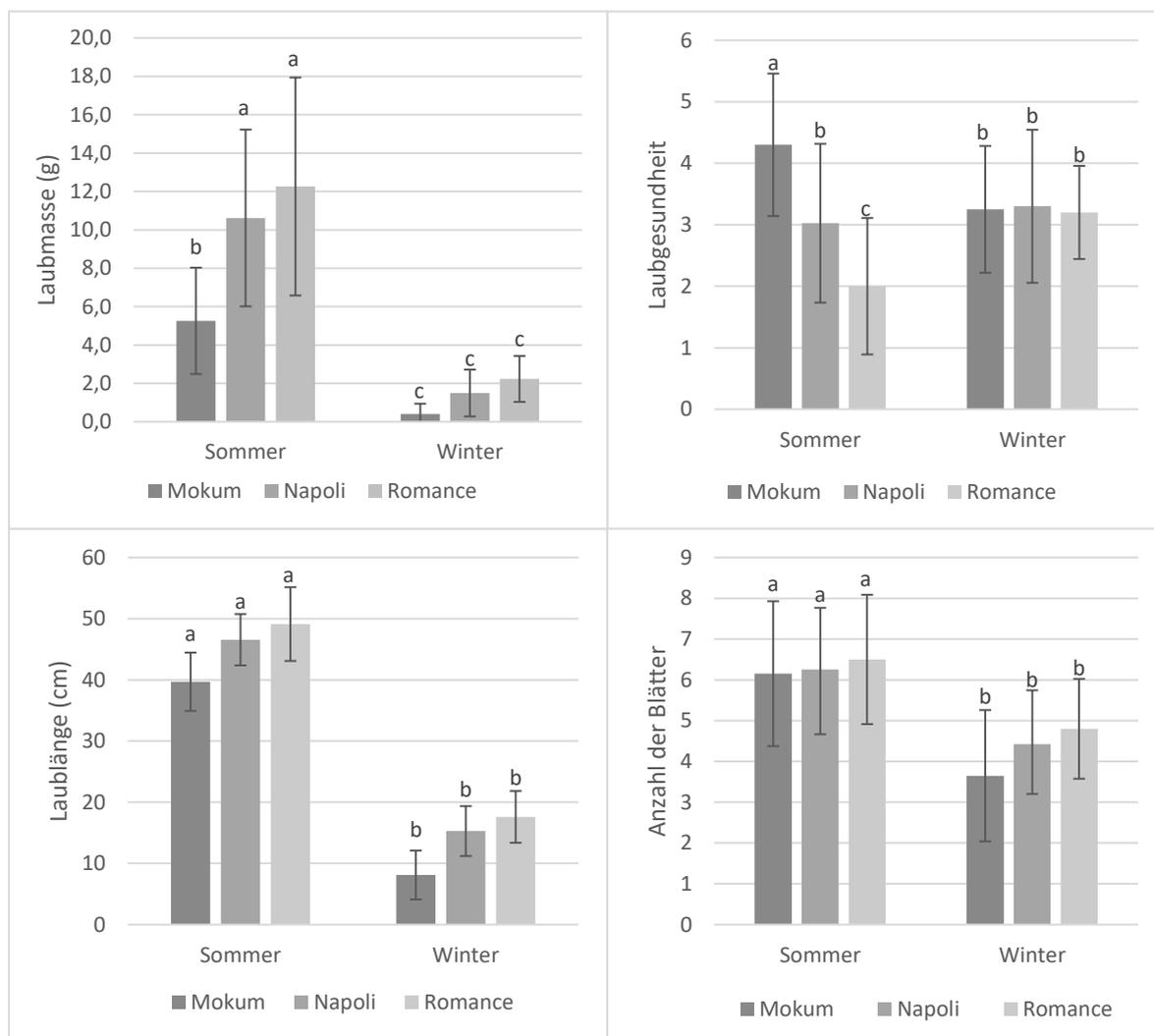


Abbildung 16 Durchschnittliche Ergebnisse der Laubbonituren im Sommer- und Wintervergleich; $n=40$ (Laubmasse, Laubgesundheit), $n=120$ (Laublänge, Anzahl Blätter)

(a, b, c... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen Sommer- und Winter und Sorte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test (Laubmasse und Laubgesundheit) bzw. nach dem Tukey B Test (Anzahl Blätter und Laublänge) zwischen Sommer und Winter. Laubgesundheit wurde von 5 < 30 % gesund bis 1 > 70 % gesund bonitiert.)

7.3 Inhaltsstoffe

7.3.1 Winterversuch

Es wurden zusätzlich zur Ertragshebung und den Bonituren auch qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe analysiert. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Winterernte hinsichtlich Sorte und Schutzmaßnahme dargestellt.

In Abbildung 17 sind die Ergebnisse der **Trockenmassebestimmung** der geernteten Karotten im Winter dargestellt. Es zeigte sich, dass die Sorte Romance F1 signifikant höhere Gehalte als 'Mokum F1' aufwies. 'Napoli F1' war von beiden Sorten nicht unterscheidbar.

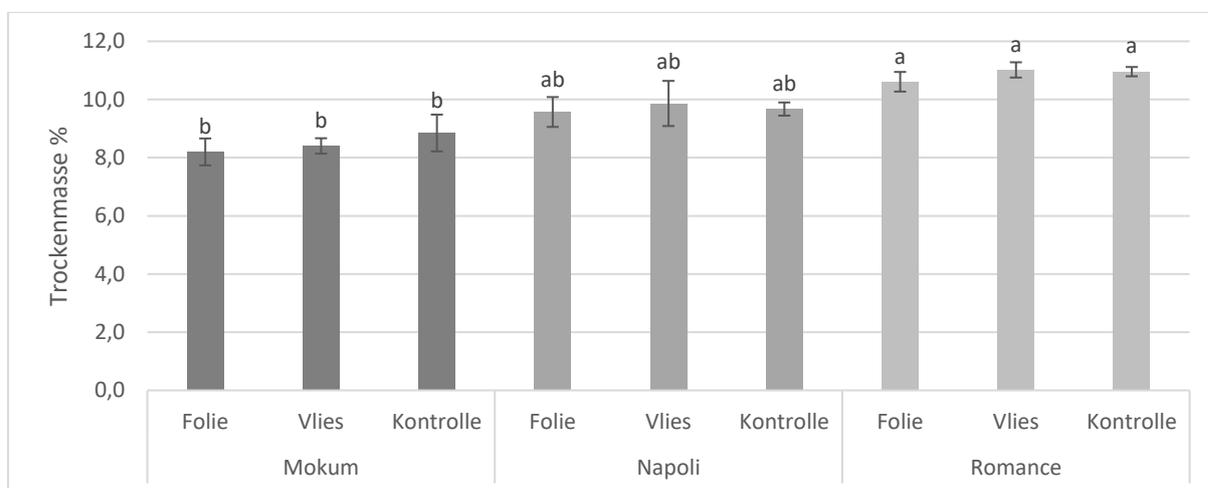


Abbildung 17 Trockenmassegehalt von Karotten in Bezug auf Sorte und Schutzmaßnahme; $n=8$

(a, b,... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test)

Hinsichtlich Zucker wurden Gesamtzucker, reduzierende Zucker, Saccharose und °Brix bestimmt (Abbildung 18-20). Aufgrund von heterogenen Varianzen wurden **°Brix und Gesamtzucker** mit einem Kruskal Wallis Test unter Berücksichtigung der Faktoren Sorte und Schutzmaßnahme ausgewertet. Beide Zuckeranalysen ergaben bei der Sorte Mokum F1 unabhängig von der Schutzmaßnahme einen geringeren Gehalt als bei der Sorte Romance F1. 'Napoli F1' lag bei allen Varianten zwischen den beiden Sorten, außer die Variante Napoli F1-Kontrolle unterschied sich bei °Brix signifikant von Romance F1-Vlies.

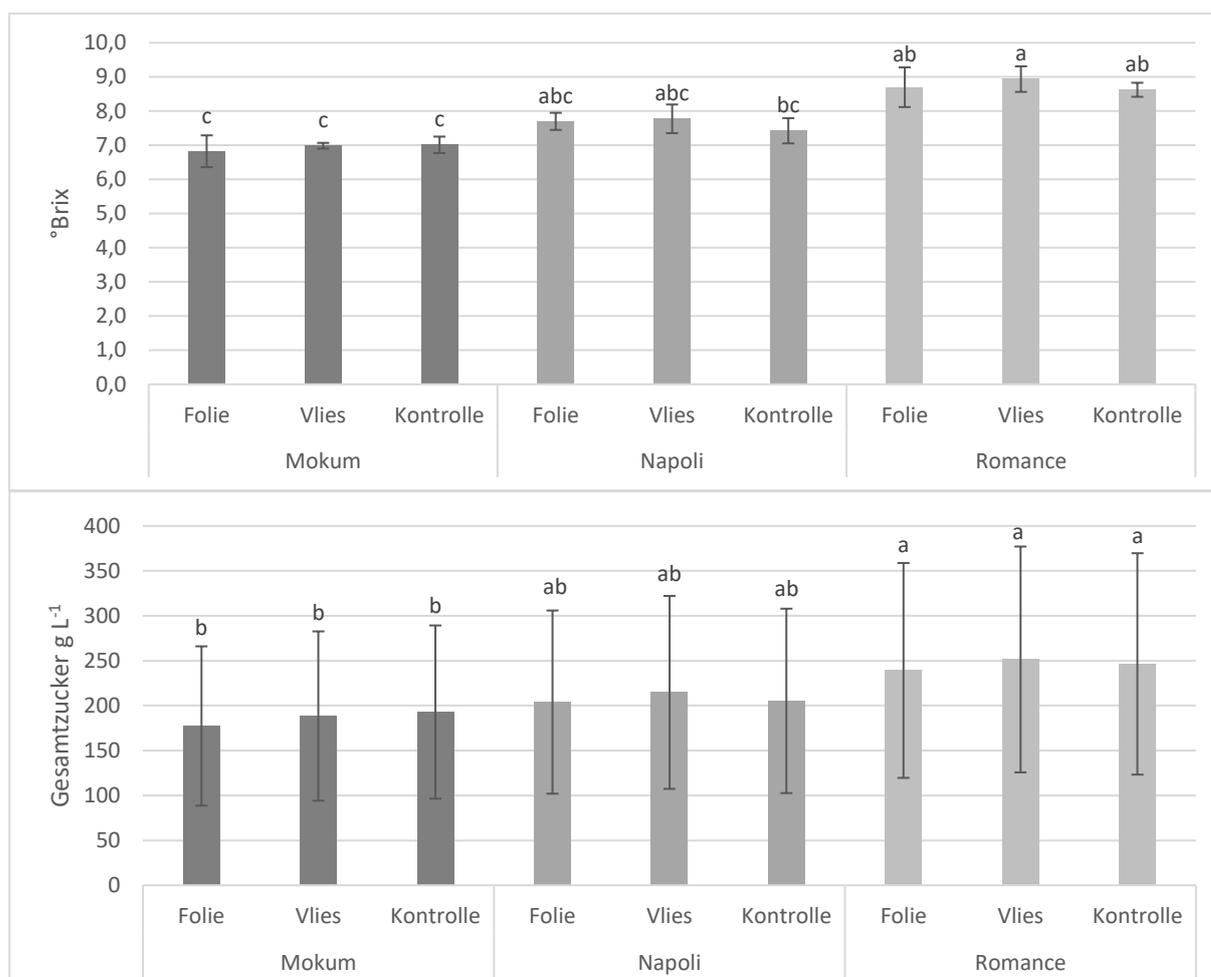


Abbildung 18 °Brix und Gesamtzuckergehalt von Karottensaft in Bezug auf die Sorte und Schutzmaßnahme; $n=8$

(a, b, c... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test)

Der **reduzierende Zuckergehalt**, bestehend aus Glucose und Fructose, zeigte nach einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Sorte und Schutzmaßnahme Interaktionen zwischen den Faktoren. Es wurde mit dem Tukey B Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Die Ergebnisse sind in Abbildung dargestellt. Die Kontrollvariante der Sorte Romance F1 wies die höchsten durchschnittlichen Werte auf, unterschied sich aber nicht signifikant von der Vliesvariante der Sorten Romance F1 und Napoli F1. Die Folienvariante hatte tendenziell bei allen Sorten den geringsten reduzierenden Zuckergehalt. Die Standardabweichungen waren sehr groß.

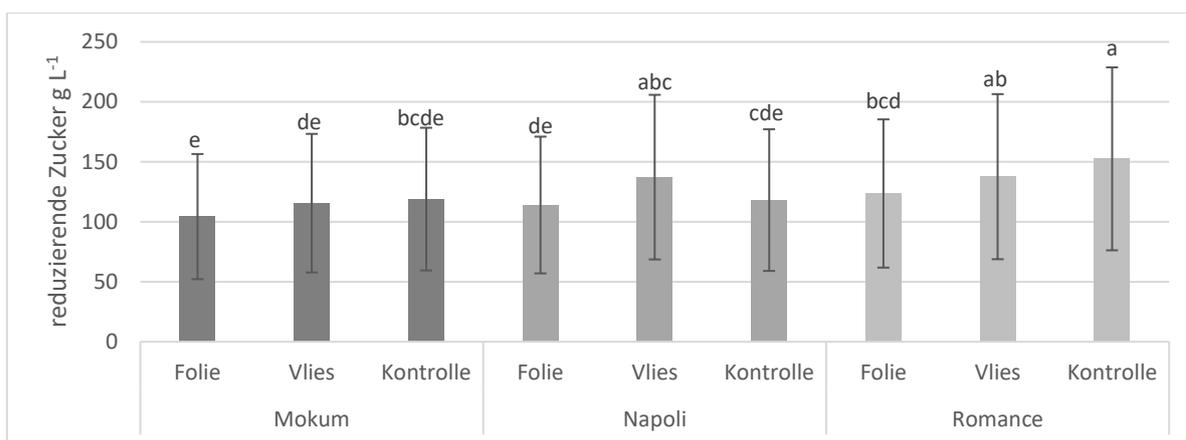


Abbildung 19 Reduzierender Zuckergehalt von Karottensaft in Bezug auf die Sorte und Schutzmaßnahme; $n=8$

(a, b, c, d, e.. unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Der **Saccharosegehalt** unterschied sich nur zwischen den Sorten signifikant. Der Post-Hoc Test Tukey B zeigte, dass der Karottensaft von 'Romance F1' signifikant höhere Saccharosegehalte aufwies als die Säfte der anderen Sorten (Abbildung 20).

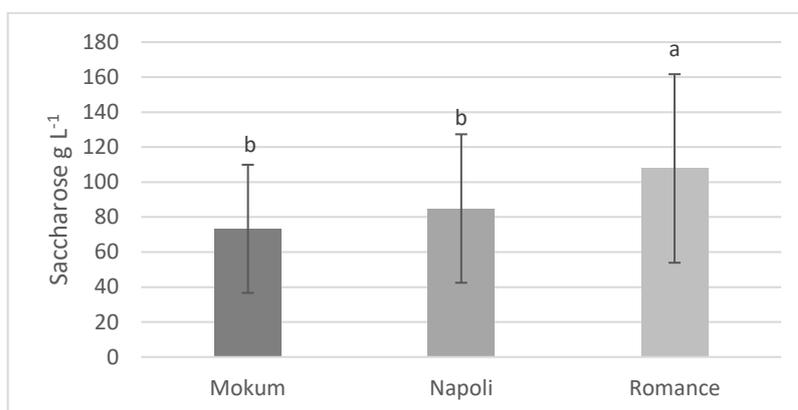


Abbildung 20 Saccharosegehalt von Karottensaft in Bezug auf die Sorte im Winter; $n=24$

(a, b.. unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Die **Karotinoide** und die **antioxidative Kapazität** wurden mit einer zweifaktoriellen ANOVA ausgewertet. Außerdem wurden die Karotinoide nach $f(x) = \ln(x)$ transformiert. Es wurden bei beiden Merkmalen keine Signifikanzen in Bezug auf den Faktor Schutzmaßnahme festgestellt. Zwischen allen Sorten konnte bei den Karotinoiden ein signifikanter Unterschied festgestellt werden, und zwar konnte bei 'Romance F1' ein höherer Karotinoidgehalt gemessen werden,

gefolgt von 'Napoli F1'. 'Mokum F1' wies die geringsten Werte auf. Bei der Antioxidativen Kapazität waren keine signifikanten Unterschiede messbar (Abbildung 21).

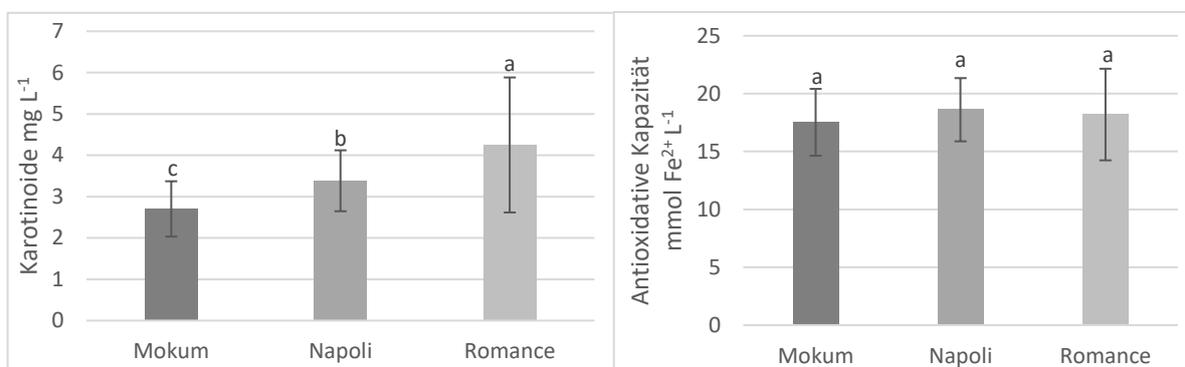


Abbildung 21 Karotinoidgehalt und antioxidative Kapazität von Karottensaft in Bezug auf die Sorte im Winter; $n=24$

(a, b, c... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Die Gesamtphenole (Abbildung 22) wurden aufgrund heterogener Varianzen mit dem Kruskal Wallis Test ausgewertet. Dabei konnte kein klarer Trend abgelesen werden.

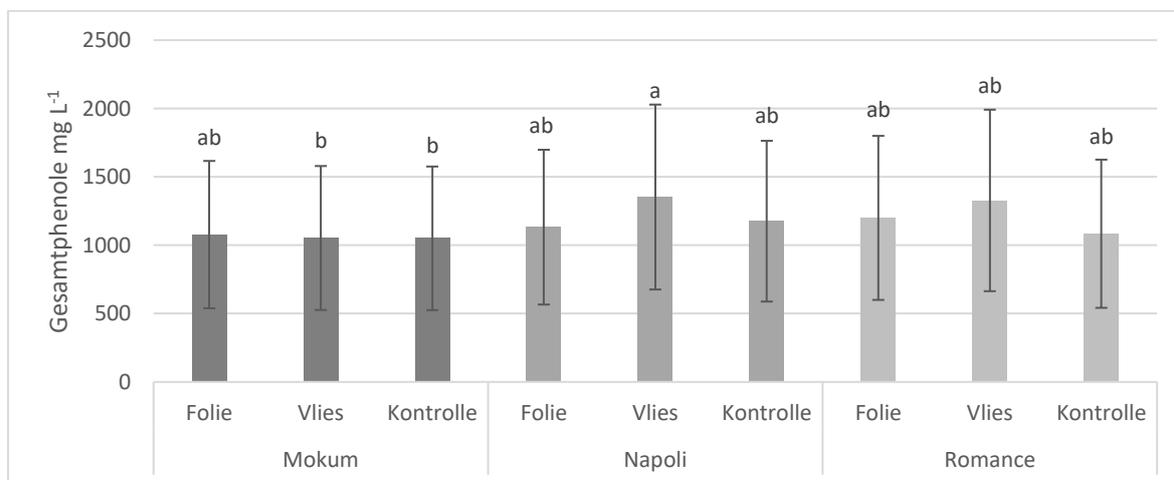


Abbildung 22 Gesamtphenolgehalt in Bezug auf die Sorte und Schutzmaßnahme; $n=8$

(a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test)

Die Auswertung der mittels HPLC-Methode durchgeführten **Nitratanalyse** von Wurzel und Laub durch eine zweifaktorielle ANOVA ergab, dass nur die Sorte, jedoch nicht die Schutzmaßnahme signifikante Unterschiede aufwies. Aufgrund heterogener Varianzen nach dem Levene's Test mussten die Daten des Laubes nach $f(x)=\ln(x)$ transformiert werden. Die Sorte Romance F1 wies dem Tukey B Test zufolge die geringsten Nitratgehalte auf (Tabelle 11). Im

Anhang sind die detaillierten Ergebnisse mit den Daten der Schutzmaßnahmen in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 11 Nitratgehalte von Wurzel und Laub in Bezug auf die Sorte im Winter erfasst mittels HPLC, n=12

Sorte	Nitrat ganze Wurzel mg kg ⁻¹	Nitrat Laub mg kg ⁻¹
Mokum F1	527.6 ± 219.7 a	222.1 ± 167.9 a
Romance F1	130.3 ± 111.6 b	65.3 ± 42.4 b
Napoli F1	390.6 ± 154.4 a	124.5 ± 131.2 ab

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test

Beim Nitratgehalte des Karottensaftes, der mit einem Spektrophotometer bestimmt wurde, ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Sorten und Schutzmaßnahmen (Abbildung 23). Diese Daten wurden jedoch mittels Kruskal Wallis Test, bei welchem alle Varianten miteinander verglichen werden, ausgewertet, da nach dem Levene's Test keine homogenen Varianzen vorlagen. Beim Einfluss der Schutzmaßnahme konnte kein klarer Trend abgelesen werden, bei den Sorten schneidete 'Romance F1' am besten ab.

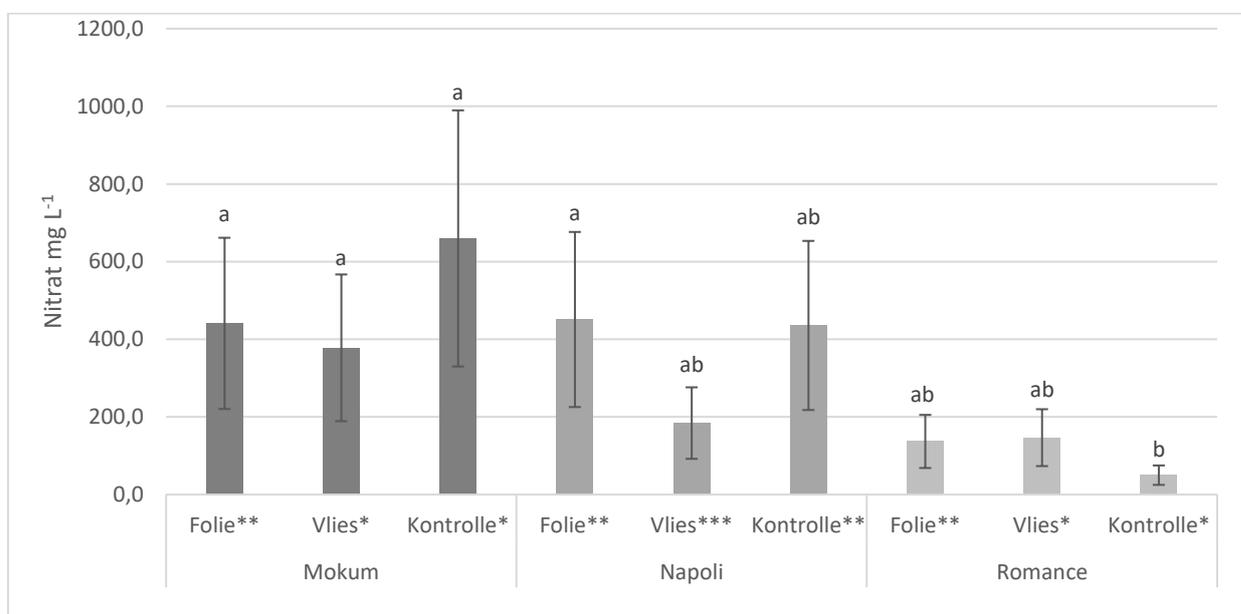


Abbildung 23 Nitratgehalte des Karottensaftes in Bezug auf die Sorte und die Schutzmaßnahmen

(a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test; * n=6; **n=7, ***n=8)

7.3.2 Vergleich Sommer Winter

Die Karottensaftproben und die Proben für die Trockenmasse- und Nitratbestimmung wurden im Sommer nach den gleichen Verfahren analysiert wie die Winterproben. Um die Anbauweisen besser vergleichen zu können wurde beim Winterversuch bei allen Sorten auf die Daten der Kontrollvariante ohne Schutzabdeckung zurückgegriffen.

Die Ergebnisse der Laboranalyse der **refraktometrischen Trockenmasse (°Brix)** und der **gravimetrischen Trockenmasse (%)** sind in Abbildung 24 dargestellt. Beide Merkmale wurden mit einem Kruskal Wallis Test ausgewertet, da heterogene Varianzen nach dem Levene Test vorlagen. Es zeigte sich, dass die Sorte Romance F1 im Sommer und Winter die höchsten Werte bei beiden Trockenmassen aufwies, die Erntezeit jedoch keinen signifikanten Unterschied bewirkte. Die Sorten Mokum F1 und Napoli F1 unterschieden sich bei beiden Merkmalen nicht in Anbetracht der Erntezeit.

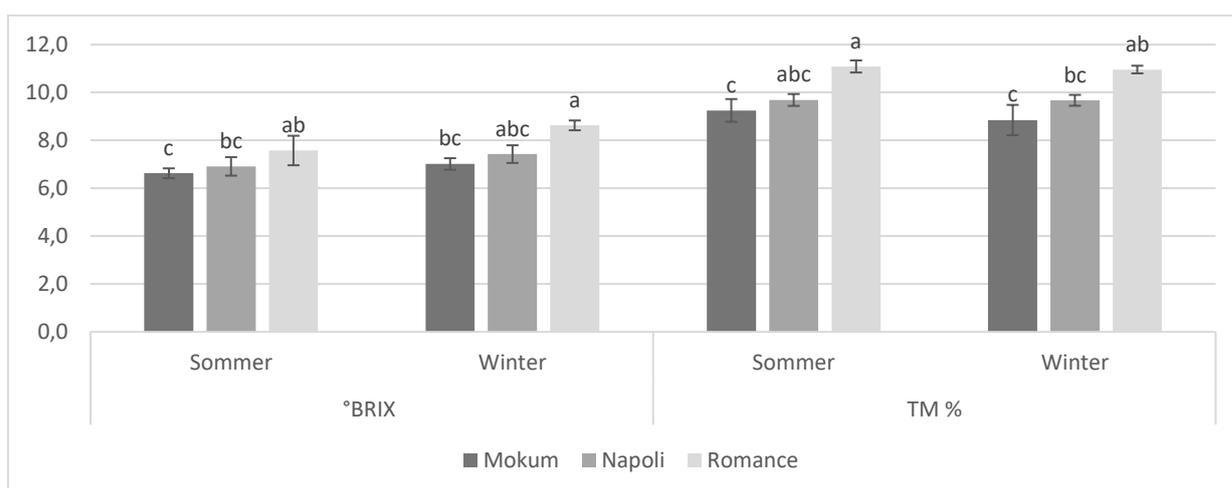


Abbildung 24 °Brix des Karottensaftes und Trockenmasse der Karotten im Sommer- Winter- und Sortenvergleich; $n=8$

(a, b, c.. unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test)

Bei der Auswertung des **Gesamtzuckergehaltes und der Saccharose** mit einer zweifaktoriellen ANOVA mit den Faktoren Sorte und Erntezeit (Sommer, Winter) konnten mit dem Tukey B Test signifikante Unterschiede bei beiden Merkmalen in Bezug auf die Erntezeit festgestellt werden (Abbildung 25). Der Faktor Sorte, bei dem die Daten des Sommers und Winters (Kontrollfläche) die Stichprobengröße definieren, zeigte nur signifikante Unterschiede beim Gesamtzuckergehalt an. Wechselwirkungen zwischen den Faktoren traten keine auf.

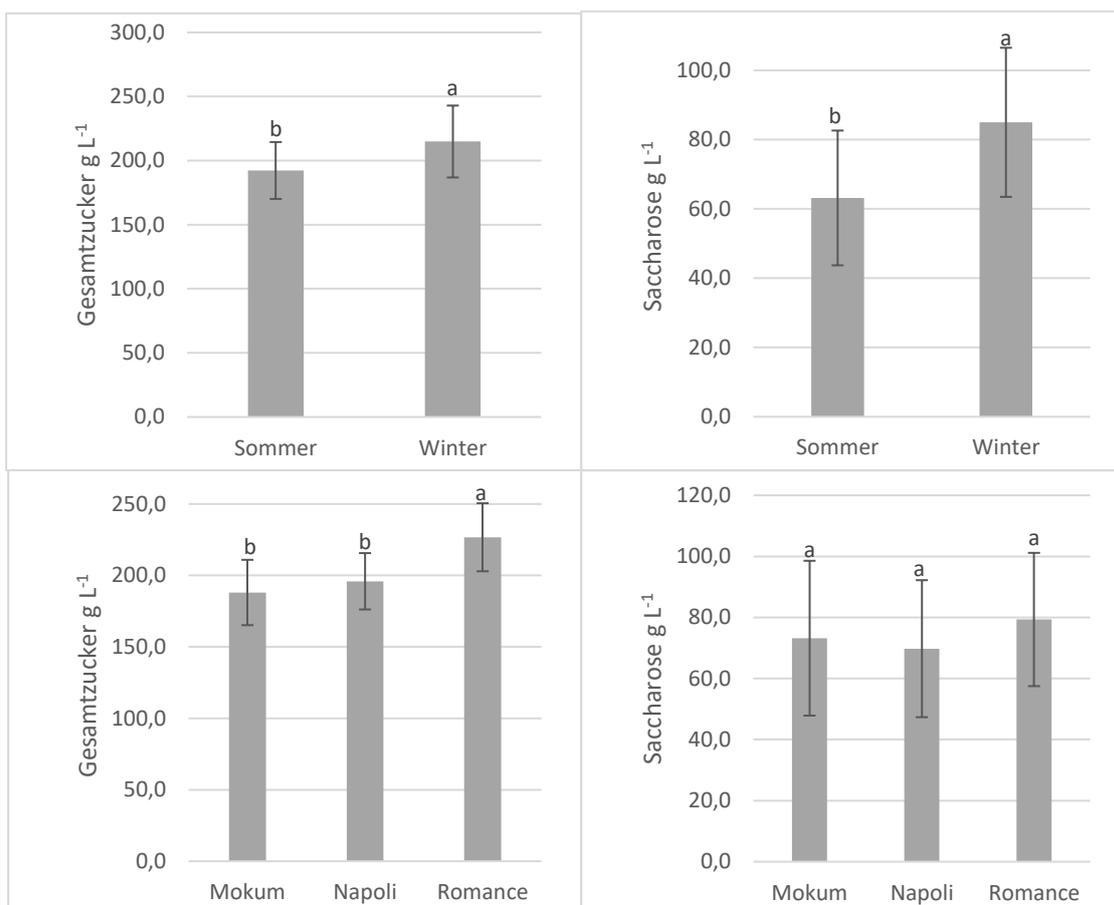


Abbildung 25 Gesamtzucker und Saccharose von Karottensaft im Sommer- und Wintervergleich ($n=24$) und im Sortenvergleich ($n=16$)

(a, b.. unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Beim **reduzierenden Zuckergehalt** traten, wie beim Vergleich der Schutzmaßnahmen und der Sorten, Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Sorte und Erntezeit auf. Auch hier wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit anschließendem Tukey B Test durchgeführt. In Abbildung 26 sind die Ergebnisse dargestellt. Die Sorte Romance F1 wies im Sommer und Winter signifikant höhere reduzierende Zuckergehalte auf als 'Mokum F1' und 'Napoli F1', mit Ausnahme von 'Napoli F1' im Sommer.

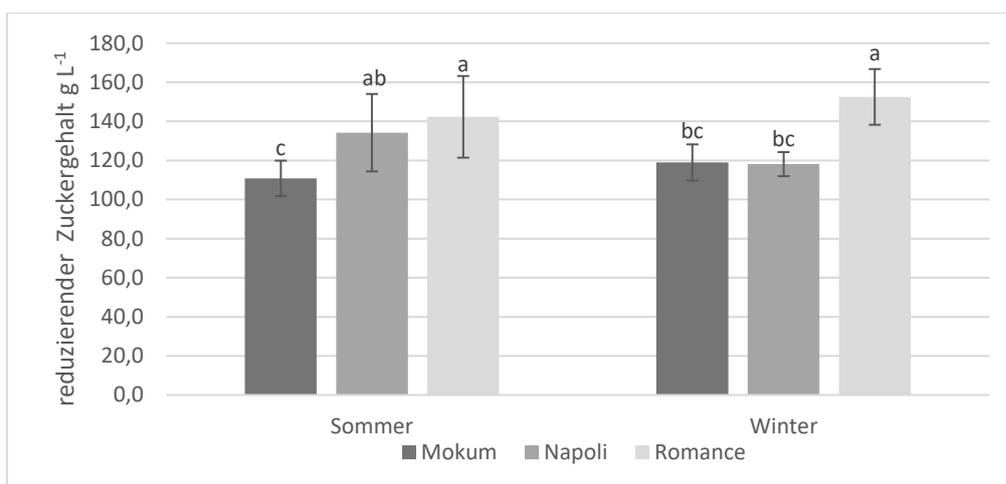


Abbildung 26 Reduzierender Zuckergehalt von Karottensaft im Sommer- Winter- und Sortenvergleich; $n=8$

(a, b, c... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Die Analyse der beiden antioxidativ wirkenden Inhaltstoffe **Gesamtphenole und Karotinoide** ergab nach der zweifaktoriellen Varianzanalyse bei den Gesamtphenolen signifikante Unterschiede zwischen den Erntezeiten Sommer und Winter, nicht jedoch beim Faktor Sorte (Tabelle 12). Im Sommer waren die Gesamtphenolgehalte durchschnittlich rund 250 mg L^{-1} höher als im Winter. Die Messung **der antioxidativen Kapazität** des Karottensaftes ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Erntezeiten. Die detaillierten Ergebnisse sind im Anhang in Tabelle 19 zu finden.

Tabelle 12 Ergebnisse der Analyse der antioxidativen Wirkung im Sommer- Wintervergleich, $n=24$

Erntezeit	Gesamtphenole mg L^{-1}	Karotinoide mg L^{-1}	Antioxidative Kapazität $\text{mmol Fe}^{2+} \text{L}^{-1}$
Sommer	1356.9 ± 203.5 a	3.4 ± 1.5 a	17.9 ± 3.0 a
Winter Kontrolle	1103.5 ± 141.7 b	3.3 ± 0.9 a	17.7 ± 2.8 a

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test

Der Nitratgehalt der Wurzeln und des Laubes wurde separat gemessen (Tabelle 13). Der Nitratgehalt der Wurzeln wurde logarithmiert nach $f(x) = \ln(x)$, da nach dem Levene Test keine homogenen Varianzen vorlagen. Die Auswertung des Nitratgehaltes der Wurzeln mit einer zweifaktoriellen ANOVA zeigte signifikante Unterschiede beim Faktor Erntezeit und beim Faktor Sorte. Wechselwirkungen traten nicht auf.

Im Winter waren die Nitratgehalte der Kontrollvariante signifikant höher als im Sommer. Im Sortenvergleich hatte 'Romance F1' im Sommer und Winter die niedrigsten Nitratgehalte. Beim Laub, bei dem höhere Standardabweichungen als bei der Wurzel vorhanden waren, konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 13 Ergebnisse der Nitratanalyse mittels HPLC der Wurzeln und des Laubes im Sommer- Winter- und Sortenvergleich

		Stichpro- bengröße	Nitrat ganze Wurzel mg kg ⁻¹	Nitrat Laub mg kg ⁻¹
Erntezeit	Sommer	n=12	149.6 ± 114.1 b	372.9 ± 334.9 a
	Winter Kontrolle	n=12	372.9 ± 272.4 a	171.2 ± 158.6 a
Sorte Som- mer und Winter	Mokum F1	n=8	405.8 ± 275.3 a	398.1 ± 295.1 a
	Romance F1	n=8	72.2 ± 60.4 b	96.9 ± 58.1 a
	Napoli F1	n=8	305.8 ± 182.4 a	321.0 ± 322.8 a

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey's B Test

7.3.3 Vergleich Winter - handelsübliche Lagerware

Bei der Inhaltsstoffanalyse wurden zusätzlich zwei weitere Proben ausgewertet, eine Lagerkarotte des Vorarlberger Betriebes Vetterhof, sowie eine Bio-Lagerkarotte der Supermarktkette Spar. Diese sind als 'Marktware' zusammengefasst. Um die Ergebnisse der Inhaltsstoffe besser mit der sensorischen Analyse vergleichen zu können, wurde bei den Winterdaten die Variante Folie ausgewertet, da die Winterkarotten dieser Variante auch verkostet wurden.

Die gravimetrische Trockenmasse, die von ganzen Karottenproben erhoben wurde, wies nach dem Tukey B Test signifikante Unterschiede zwischen allen Varianten auf. Der °Brix-Gehalt wurde mit einem Kruskal Wallis Test aufgrund heterogener Varianzen ausgewertet (Abbildung 27). Keine signifikanten Unterschiede gab es zwischen der Sorte Romance F1 zu 'Napoli F1' und 'Marktware'. 'Mokum F1' hatte signifikant geringere °Brix Werte zu 'Romance F1' und zur 'Marktware'.

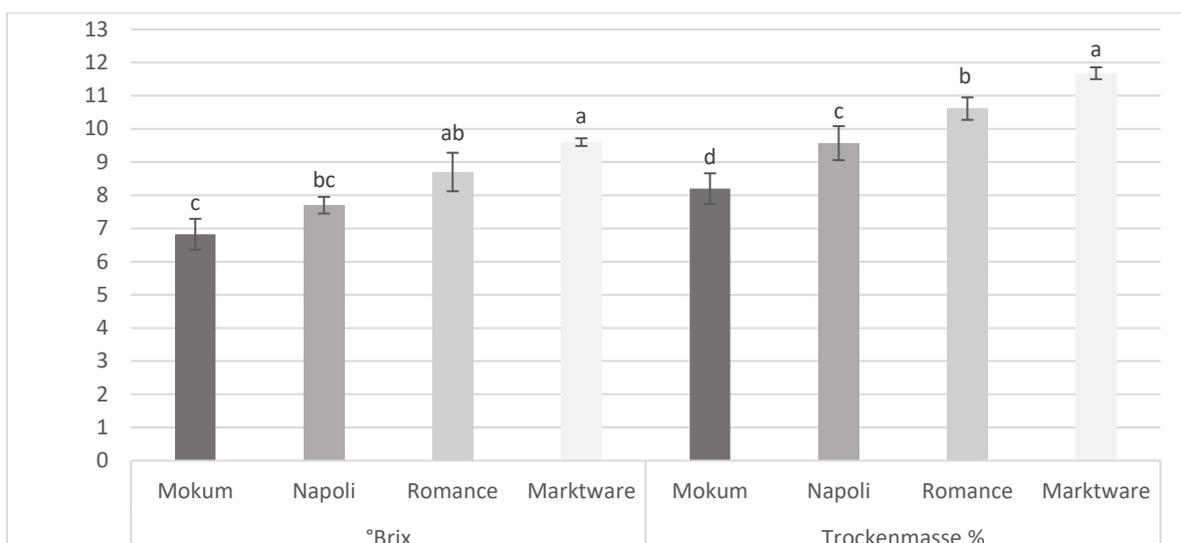


Abbildung 27 °Brix-Gehalt von Karottensaftes und Trockenmasse von ganzen Karotten im Vergleich der Versuchssorten vom Winter ($n=8$) mit handelsüblicher Lagerware ($n=4$)

(a, b, c, d... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

In Abbildung 28 sind die Ergebnisse zum Zuckergehalt, die mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet wurden, dargestellt. Es konnten bei der Saccharose und dem Gesamtzuckergehalt keine signifikanten Unterschiede nach dem Tukey B Test zwischen der Versuchssorte Romance F1 und der 'Marktware' festgestellt werden. Die Sorte Mokum F1 und Napoli F1 wiesen im Vergleich zur 'Marktware' beide signifikant niedrigere Zuckergehalte auf. Die reduzierenden Zuckergehalte verhielten sich wie die °Brix Messung.

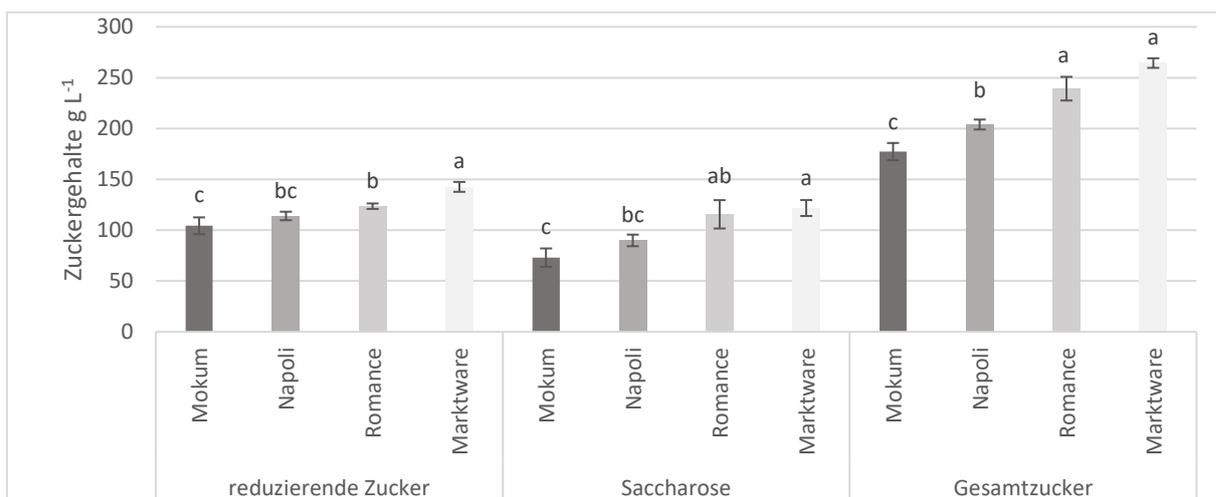


Abbildung 28 Zuckergehalte von Karottensaft im Vergleich der Versuchssorten vom Winter ($n=8$) mit handelsüblicher Lagerware ($n=4$)

(a, b, c... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. allen Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Die antioxidativ wirkenden Inhaltsstoffe sind in Abbildung 29 zusammengefasst. Auch hier zeigte sich ein ähnlicher Trend. Nach einer Auswertung der Daten der Karotinoide und der Gesamtphenole mit einem Tukey B Test zeigte sich, dass die handelsübliche Lagerware sich signifikant von den Sorten Mokum F1 und Napoli F1, jedoch nicht von der Sorte Romance F1 unterscheidet. Bei der antioxidativen Kapazität konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

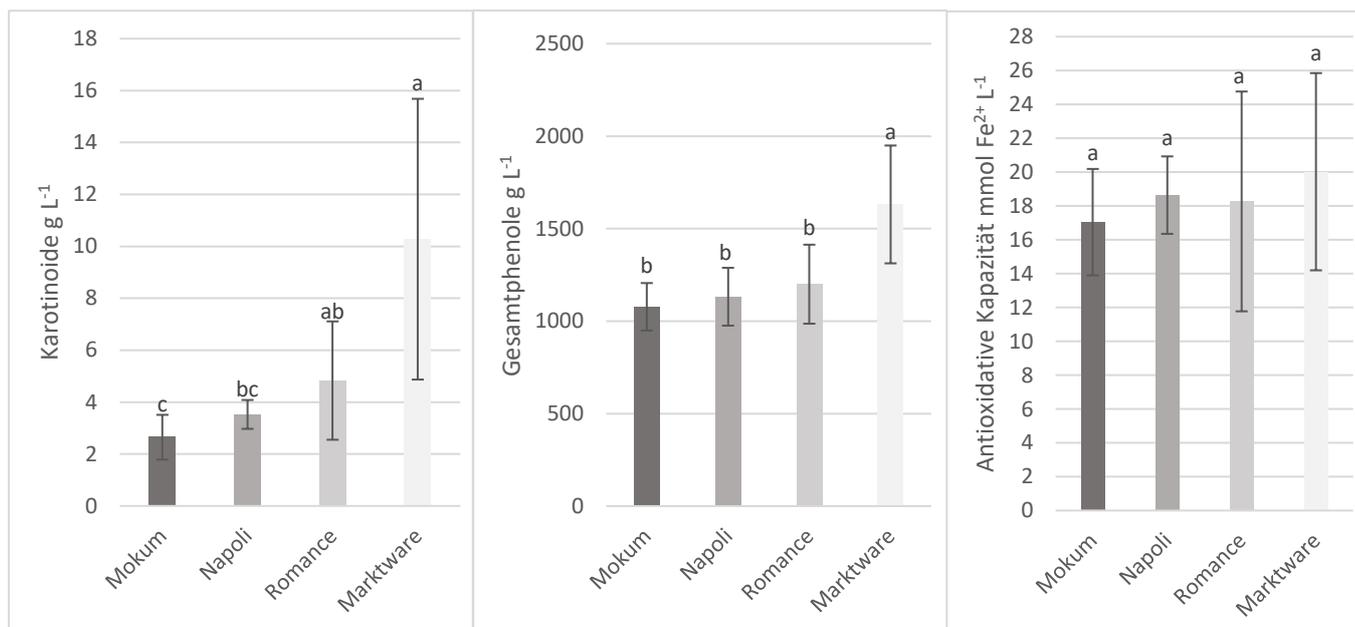


Abbildung 29 Antioxidative Wirkung von Karottensaft der Versuchssorten vom Winter ($n=8$) im Vergleich mit handelsüblicher Lagerware ($n=4$)

(a, b, c .. unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zw. den Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test)

Der **Nitratgehalt** des Karottensaftes und der ganzen Wurzel ist in Tabelle 14 dargelegt. Bei der Auswertung zeigte sich, dass beide Analysen die gleichen signifikanten Unterschiede aufwiesen. Die Variante 'Marktware' wies im Vergleich zu 'Mokum F1' und 'Napoli F1' signifikant geringere Werte auf, nicht jedoch zu 'Romance F1'.

Tabelle 14 Nitratgehalt von Karottensaft und ganzen Karotten im Vergleich der Versuchssorten vom Winter mit handelsüblicher Lagerware

	Nitrat Karottensaft mg L⁻¹	Nitrat ganze Wurzel mg kg⁻¹
Stichprobengröße	n=7	n=4
Mokum F1 Winter Folie	441 ± 409 a	481.2 ± 71.6 a
Romance F1 Winter Folie	136.9 ± 69.2 ab	182.4 ± 179.5 ab
Napoli F1 Winter Folie	451.0 ± 406.9 a	386.6 ± 147.2 a
‘Marktware’ Winter	¹ 54.4 ± 28.2 b	² 62.0 ± 61.2 b

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test (Nitrat Karottensaft) bzw. Tukey’s B Test (Nitrat ganze Wurzel), ¹n=4, ²n=2

7.4 Sensorische Analyse

Im Dezember 2017 wurde mit frisch geernteten Karotten des Winterversuchs der Variante Folie und einer Lagervariante des Supermarktes Spar sowie einer vom landwirtschaftlichen Betrieb Vetterhof eine sensorische Analyse mit 36 KonsumentInnen durchgeführt. Diese beiden Lagerwaren wurden bei der Inhaltsstoffanalyse als ‘Marktware’ bezeichnet.

Die Stichprobengröße variierte bei der Auswertung mit dem Kruskal Wallis Test je nach Variante zwischen 33 und 35, da manche Fragen nicht beantwortet wurden. In Abbildung 30 ist ein Auszug der ermittelten Ergebnisse dargestellt. Die Karottenvariante des Vetterhofs schnitt tendenziell am besten ab. Im Vergleich zur Sorte Mokum F1 war die Lagerkarotte des Vetterhofs signifikant knackiger, entsprach mehr den Vorstellungen einer typischen Karotte und hinterließ bei den KonsumentInnen einen besseren Gesamteindruck.

Die Varianten wurden hinsichtlich des süßen Geschmacks nicht signifikant unterschiedlich bewertet. Es stach auch keine Variante mit einem stark bitteren oder ungewöhnlichen Beigeschmack hervor. Die statistische Auswertung zeigte keine Unterschiede im Merkmal Geruch. Zwischen den Versuchssorten konnte nur zwischen ‘Romance F1’ und ‘Mokum F1’ ein signifikanter Unterschied beim Merkmal Textur festgestellt werden. Die ausführlichen Ergebnisse sind im Anhang in Tabelle 18 zu finden.

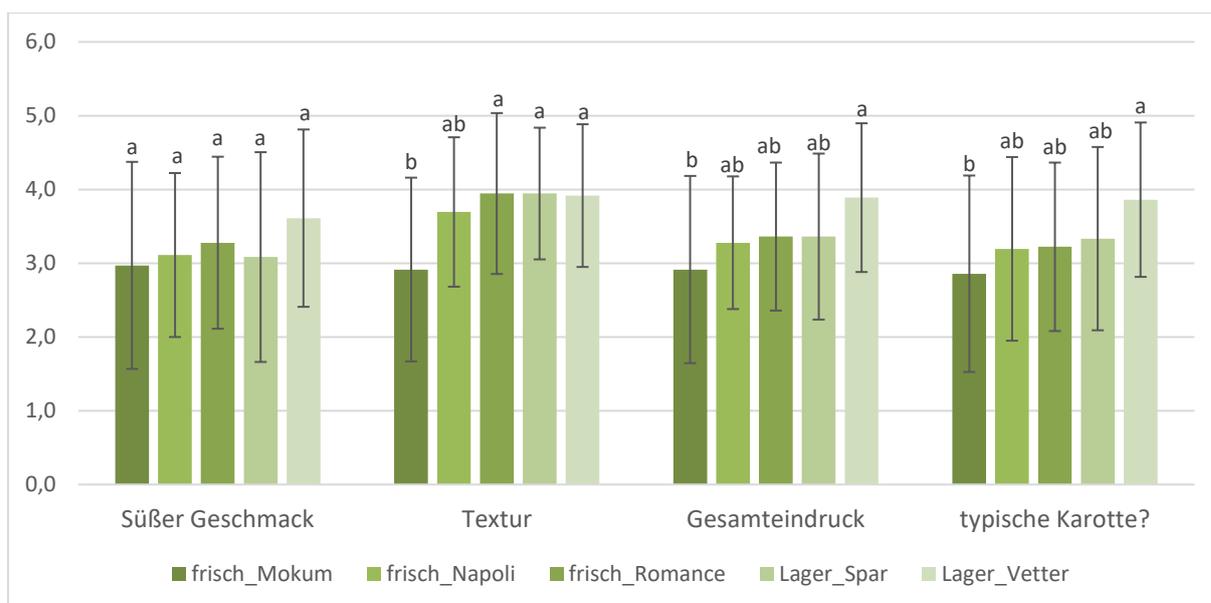


Abbildung 30 Ergebnisse der sensorischen Analyse frisch geernteter Sorten (Mokum F1, Napoli F1, Romance F1) im Dezember 2017 und handelsüblicher Lagerware (erworben im Dezember 2017)

(a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede zwischen den Balken eines Merkmals bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test. Alle Merkmale wurden von 0 (kein, schlecht, nein) bis 5 (stark, sehr gut, ja) bewertet, frisch_Mokum /Lager_Spar n=33; frisch_Romance /Lager_Vetter n=34; frisch_Napoli n=35)

7.5 Bodenanalyse und Bestandsaufnahme Winterversuch

Der Boden des Winterversuchsfeldes wurde nach der Ernte am 30.01.2018 beprobt. Der Ortsbefund ergab, dass im Bereich nahe dem Weg der Boden grundwasserbeeinflusst ist. Ab ca. 25 cm Tiefe wurde der Boden sehr sandig und Eisen-Konkretionen waren sichtbar. In diesem Bereich wurde Mischprobe 1 entnommen. Im hinteren Bereich des Versuchsfeldes waren keine Eisen-Konkretionen sichtbar. Auch hier wurde der Boden ab rund 25 cm Tiefe sehr sandig. Dort wurde Mischprobe 2 entnommen.

In Tabelle 15 sind auszugsweise die Ergebnisse der Bodenanalyse dargestellt. Der Humusgehalt, in der Tabelle als TOC (total organic carbon) angegeben, wies bei der Mischprobe 1 einen doppelt so hohen Wert auf wie bei der Mischprobe 2. Insgesamt konnte der Humusgehalt aber bei beiden Proben als gering eingestuft werden. Der pH-Wert in Wassersuspension lag bei beiden Mischproben mit 8.5 im stark alkalischen Bereich. Das pflanzenverfügbare Kalium lag bei Mischprobe 1 bei 42 mg kg^{-1} , bei Mischprobe 2 lag ein etwas geringer Wert von 29 mg kg^{-1} vor. Beide Werte werden als sehr niedrig eingestuft. Der Phosphorgehalt liegt im ausreichenden Bereich. Der gesamte Stickstoffgehalt war jedoch bei beiden Proben gering. Schwermetalle wie

Eisen, Kupfer, Cobalt, Chrom, Nickel, Zink, Molybdän sowie auch Cadmium, Blei und Quecksilber konnten als unauffällig eingestuft werden.

Tabelle 15 Ergebnisse der Bodenprobenanalyse vom Winterversuchsfeld 2018

	Mischprobe 1 (Folie)	Mischprobe 2 (Vlies/Kontrolle)	Bewertung
TOC Gew. % nach ÖNORM L1080, L1084	1.2	0.58	Niedrig - A
pH-Wert nach ÖNORM L1083	8.5	8.5	Stark alkalisch
N _{ges} nach DIN ISO 13878; Gew. %	0.23	0.20	niedrig
K ₂ O nach CAL mg kg ⁻¹	42	29	Sehr niedrig - A
P ₂ O ₅ nach CAL mg kg ⁻¹	58	63	Ausreichend - C

TOC (Total organic carbon; Nges (Gesamtstickstoff); K₂O (Kalium); P₂O₅ (Phosphor); CAL (Calcium-Acetat-Lactat)

Am 24.09.2017 wurde eine Bestandsaufnahme des Laubwachstums (cm) aufgenommen. Es wurde an verschiedenen Stellen, wie bei der Bodenanalyse im vorderen Bereich beim Weg und im hinteren Bereich des Winterversuchsfeldes, die Höhe des Laubes gemessen und der Zustand des Laubes eingeschätzt. Die in Tabelle 16 dargestellten Ergebnisse wurden nicht statistisch ausgewertet, da nicht nach einer wissenschaftlichen Methode vorgegangen wurde. Es kann daraus abgelesen werden, dass in der vorderen Hälfte das Laub Ende September tendenziell um rund ein Drittel höher war als in der hinteren Hälfte des Winterversuchsfeldes und die Sorte Romance F1 vor allem in der hinteren Hälfte eine bessere Laubgesundheit hatte.

Tabelle 16 Bestandsaufnahme der Laubhöhe und Einschätzung der Laubgesundheit am 24.09.2017

Sorte	Laubhöhe (cm) n=24		Einschätzung der Laubgesundheit	
	vordere Hälfte	hintere Hälfte	vordere Hälfte	hintere Hälfte
Mokum F1	27.9	18.4	2.5	3.0
Romance F1	35.8	22.2	1.3	1.25
Napoli F1	30.3	20.9	1.5	2.25

Laubhöhe: Messung am längsten Blatt; Einschätzung der Laubgesundheit (1 = sehr gut; 4 = schlecht)

8 Diskussion

8.1 Ertrag

Die Sorte Romance F1 ergab im Vergleich mit Napoli F1 und Mokum F1 im Winteranbau die besten Erträge vermarktungsfähiger Karottenwurzeln, und zwar sowohl unter der Folie, dem Vlies als auch bei der Kontrollvariante. Allerdings war nur die Differenz zur Ertragsmenge von Mokum F1 signifikant. Auch die Ausbeute, das heißt der Anteil der vermarktungsfähigen Wurzeln am Gesamtertrag einer Sorte, war bei ´Romance F1´ mit 75 % höher als bei ´Napoli F1´ (71 %) und ´Mokum F1´ (51%). Das geringere Ergebnis der Sorte Mokum F1 erklärt sich unter anderem dadurch, dass diese am stärksten von der Möhrenfliege befallen wurde. Außerdem zeigte diese Sorte die höchsten Fraßschäden – vermutlich durch Mäuse - und die meisten geplatzen Karotten. Frostschäden an den Wurzeln wurden keine gesehen. Den größten Anteil der Ausschussware machten bei allen Sorten im Winter die „zu kleinen“ Karotten (unter 10 cm) aus. Vermutlich wären auch diese ´Minis´ noch gut in der Gastronomie zu vermarkten, weil diese an einer kleinen Sortierung besonderes Interesse zeigt (Vetter, 2018).

Auch im Sommer wies die Sorte Mokum F1 die meisten Karotten mit Fraßschäden auf, sehr wahrscheinlich durch Feldhasen verursacht, da die Pflanzen am Rübenkopf angefressen waren. Im Winter wurde sofort nach der Sichtung von angefressenem Laub im September ein Hasenzaun angebracht, so dass weitere mögliche Fraßschäden an den Wurzeln verhindert wurden.

Im Sommeranbau gab es keine gravierenden Probleme mit der Möhrenfliege (*Psila rosae*), im Winter dafür umso mehr. Diese Beobachtung deckt sich mit der in der Literatur beschriebenen Tatsache, dass bei *Psila rosae* in der Regel zwei Generationen auftreten. Die zweite ist meist die stärkere und fliegt ab Juli/August. Dieses Vorkommen bestätigte auch Depisch (2018) von BIO AUSTRIA. Im Rahmen des Projektes „Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse“ hatten beim Praxisversuch einige Betriebe ebenfalls Probleme mit *Psila rosae* beim Anbau von Winterkarotten als Bündelware. Sie planen deshalb für das folgende Anbaujahr die Verwendung eines Kulturschutznetzes. Nach Heistingering (2013) kann auch die Untersaat von Erdklee (*Trifolium subterraneum*) sehr effektiv einen Befall verhindern.

Im Sommer traten statistisch gesehen, die gleichen signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten auf wie im Winter, jedoch war ein deutlicher Ertragsrückgang bei allen Sorten bei der

Winterernte im Vergleich zum Sommer zu verzeichnen. Bei der Sommerernte konnte ein durchschnittlicher Gesamtertrag vermarktungsfähiger Wurzeln von 24 t ha⁻¹ erreicht werden, im Winter auf der Kontrollfläche ohne Schutzmaßnahme nur 7 t ha⁻¹. Der vermarktungsfähige Ertrag ging also um etwas mehr als 2/3 zurück. Wird jedoch die Gesamtanzahl der vermarktungsfähigen Wurzeln betrachtet, ergibt sich ein anderes Bild. Im Sommer lagen diese bei 585 200 Stück ha⁻¹ und im Winter bei 372 400 Stück ha⁻¹. Das entspricht einem Rückgang von etwas mehr als 30 %. Die Diskrepanz zwischen Ertrag in t ha⁻¹ und Anzahl kann mit der kleineren Durchschnittsgröße der Karotten im Winter erklärt werden. Im nachfolgenden Kapitel 8.2 Bonituren wird darauf noch genauer eingegangen.

Der geringere Ertrag bei der Winterernte hängt möglicherweise mit der schlechteren Laubqualität zusammen, die schon ab September sichtbar wurde und sich zunehmend verstärkte. Beim Sommersversuch war ein Befall erst gegen Ende der Kultur im Juli deutlich sichtbar. Es wurde aufgrund des Erscheinungsbildes und der Witterungsverhältnisse speziell im August/September 2017 davon ausgegangen, dass es sich um eine Infektion mit *Alternaria dauci* oder *Cercospora carotae* handelte, vermutlich sogar um eine Doppelinfektion, wie sie nach Bedlan (2012) häufig auftritt. Ein Befall mit *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae* (Bakterielle Blattfleckenkrankheit) wurde ausgeschlossen, da für dieses Bakterium in der EPPO Global Database (2011) Österreich nicht als Vorkommensgebiet gelistet ist. Eine Bestimmung im Labor wurde jedoch nicht gemacht. Alle drei Krankheiten werden durch Temperaturen um die 25 bis 30°C bei gleichzeitiger sehr hoher Luftfeuchtigkeit gefördert. Im August (280 mm Niederschlag in Summe) und September 2017 (200 mm Niederschlag in Summe) lagen die Niederschläge deutlich über dem 5-Jahres-Mittel der vorangegangenen Jahre. Das absolute Lufttemperaturmaximum lag im August 2017 bei 32,5°C, und im September bei 25,8°C. Eine Auswertung von ZAMG kam zu dem Ergebnis, dass es in Vorarlberg während des Herbstes 2017 eine 43%ige Niederschlagsabweichung über das vieljährige Mittel (1981-2010) gab.

Beim Sommersversuch traten die optimalen Bedingungen für eine Pilzinfektion erst im Juli auf. Mai und Juni waren für Vorarlberger Verhältnisse mit einer Niederschlagssumme von 160 mm im Mai und 125 mm im Juni deutlich niederschlagsärmer als im Vergleich zu den Vorjahren. Simon Vetter bestätigte auch, dass in der Region im Jahr 2017 *Alternaria dauci* ein sehr großes Problem gewesen sei, das in dem Ausmaß normalerweise nicht auftritt (Vetter, 2018).

Es wurde lediglich im Winter wegen des frühen Befalls das biologische Pflanzenschutzmittel „Cuproxin progress“ zweimal in zweiwöchigem Abstand ausgebracht, um die Erkrankung

ezuzudammen. Möglicherweise konnte die Maßnahme den Befall etwas verlangsamen, eine Bestandsaufnahme dazu wurde nicht gemacht.

Das Ziel Bündelware zu produzieren konnte somit im Jahr 2017 nicht erreicht werden. Die Sommerware hätte durch Putzen des Laubes theoretisch noch als Bündelware vermarktet werden können. Der Betriebsleiter Simon Vetter meinte jedoch, dass er diesen Aufwand für diese Ernte nicht betreiben will (Vetter, 2017). Die Winterernte war teilweise in sehr schlechtem Zustand was die Laubqualität betrifft. Wegen der schlechten Laubqualität der Winterernte hätte nur die Möglichkeit bestanden, bei den Karotten, die noch einige Blätter hatten, diese auf 5 bis 10 cm einzukurzen und die braunen Blätter wegzuputzen. Dadurch hätte der Produzent die Frische der Karotten unterstreichen und sein Produkt von handelsüblicher Lagerware im Dezember abgrenzen können. Diese Vermarktungsform beschreibt beispielsweise Coleman (2009) in seinem Buch *Winterharvest*.

Der vermarktungsfähige Wurzelertrag des Sommers lag bei 24 t ha^{-1} . Im Winter wurden unter der Folie immerhin noch 16 t ha^{-1} erreicht. Der Ertrag von vermarktungsfähigen Wurzeln unter Vlies und ohne Abdeckung war mit jeweils 7 t ha^{-1} erheblich geringer. Werden die Gesamterträge des Winters verglichen, so zeigt sich erwartungsgemäß ein ähnliches Bild. Die Erntemenge unter Folie lag bei 22 t ha^{-1} , unter Vlies bei 12 t ha^{-1} und auf der ungeschützten Kontrollfläche bei 11 t ha^{-1} . Der Eindruck drängt sich auf, dass durch den Einfluss der Folie die Erträge stiegen. Die Schutzmaßnahmen waren jedoch vorrangig als Schutz des Laubes gedacht. Sie wurden erst Anfang November angebracht, als die ersten Fröste in der Nacht auftraten. Bis zu diesem Zeitpunkt waren die Karotten schon 15 Wochen alt und in ihrer Entwicklung weit vorangeschritten. Zudem konnten bei dem Projekt „Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse“ bisher keine großen Unterschiede im Ertrag zwischen einer Abdeckung mit Minifolientunnel oder Vlies gefunden werden (Depisch, 2018).

Wie lassen sich die großen Ertragsdifferenzen im Winterversuch dann erklären? Sie stehen vermutlich in Zusammenhang mit der Beobachtung bei einer Feldbegehung Mitte September, dass die Karotten in der vorderen Hälfte des Versuchsfeldes (beim Weg), über die im November der Minifolientunnel gespannt wurde, uppigeres und höheres Laub zeigten als in der hinteren Hälfte, die mit einem Vlies bzw. nicht bedeckt wurde. Eine daraufhin durchgeführte stichprobenartige Bestandsaufnahme am 24.09.2017 ergab, dass die Blätter in der vorderen Hälfte länger ('Mokum F1' 28 cm, 'Romance F1' 36 cm, 'Napoli F1' 30 cm) waren als in der hinteren Hälfte ('Mokum F1' 18 cm, 'Romance F1' 22 cm, 'Napoli F1' 21 cm). Es wurde je Sorte an

mindestens 24 Stellen das längste Blatt gemessen. Die vordere Hälfte der Karotten hatte also sehr wahrscheinlich mehr Assimilationsfläche zur Verfügung und dadurch größere Kapazitäten, um mehr Wurzelmasse auszubilden. Diese Bestandsaufnahme kann jedoch nur einen Anhaltspunkt geben und erhebt keinen Anspruch auf Wissenschaftlichkeit.

An dieser Stelle muss geklärt werden, warum der Folientunnel, die eine Hälfte des Versuchsfeldes bedeckte, während sich Vlies und offene Kontrollfläche die andere Hälfte teilten. Bei der Aussaat der Winterkarotten im Juli wurden doppelt so viele Parzellen von 6 Meter Länge angelegt wie im Sommer. Geplant war, dass im Herbst ein Minifolientunnel über die eine Hälfte des Versuchsfeldes gelegt werden sollte und die andere Hälfte als Kontrollfläche zur Verfügung stünde. Im Verlauf des Versuches wurde jedoch entschieden eine zweite Schutzmaßnahme in Form eines Vlieses auszuprobieren, deshalb wurden die Parzellen der hinteren Hälfte halbiert. Somit waren die Parzellen der Kontrollfläche und des Vlieses nur noch 3 m lang, die ganze vordere Hälfte wurde wie geplant mit einem Minifolientunnel abgedeckt. Die stichprobenartige Bestandsaufnahme vom 24.09.2017 wurde noch in der Annahme gemacht, dass das Versuchsfeld aus zwei Teilen bestehen würde.

Aufgrund der großen Wachstums- und Ertragsunterschiede innerhalb des Versuchsfeldes wurde eine Bodenanalyse in Zusammenarbeit mit dem Umweltinstitut Vorarlberg durchgeführt. Die Probenziehung erfolgte auf Grundlage der oben beschriebenen Bestandsaufnahme und der Ertragsresultate. Es wurde eine Mischprobe in der vorderen Hälfte und eine Mischprobe in der hinteren Hälfte gezogen. Die Probenziehung fand am 30.01.2018 statt. Es zeigte sich, dass der Humusgehalt gemessen als TOC (total organic carbon) in Gew. % in der vorderen Hälfte (Folie) doppelt so hoch war wie in der anderen Hälfte (Vlies/Kontrolle). Beide Werte liegen aber mit 1,2 bzw. 0,6 Gew. % im niedrigen Bereich. Der Kaliumgehalt, gemessen mit der CAL-Methode, war in der vorderen Hälfte mit 42 mg kg^{-1} etwas höher als in der hinteren Hälfte mit 29 mg kg^{-1} . Auch diese Gehalte werden als sehr niedrig eingestuft. Inwiefern diese Unterschiede eine Auswirkung auf das Pflanzenwachstum haben, könnte in einer nachfolgenden Arbeit untersucht werden. Die Phosphat- und Nitratgehalte sowie der pH-Wert waren nicht unterschiedlich. Auch gab es keine Auffälligkeiten bei den Schwermetallen.

Auf der Versuchsfläche des Sommersversuchs wurden keine Bodenuntersuchungen gemacht. Somit kann kein Vergleich zwischen der Nährstoffverfügbarkeit des Bodens beim Sommersversuch mit der des Wintersversuchs gezogen werden. Die Versuchsflächen befanden sich auf dem gleichen Schlag, lagen aber etwa 70 m auseinander. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass

nicht nur die Witterung und der Krankheitsbefall für die großen Ertragsunterschiede im Sommer- und Winter verantwortlich gemacht werden können, sondern auch kleinparzellige Bodenunterschiede. Zudem wuchsen auf den Flächen unterschiedliche Vorfrüchte. Um dies zu klären, müssten weitere Versuche angestellt werden, bei denen bereits vor dem Anbau eine Bodenuntersuchung durchgeführt wird.

Um das Ausmaß der Ertragseinbußen im Winter trotzdem näherungsweise einschätzen zu können, werden nachfolgend die Versuchs-Erträge mit Ergebnissen aus der Literatur und in vorangegangenen Praxisversuchen diskutiert.

Bei der Bündelwarenproduktion wird ein Ertrag von 20 bis 45 t ha⁻¹ erwartet (Scheidinger, 2015; Krug et al. 2002). Die Gesamterträge (Wurzel mit Laub) des Sommers lagen auch in etwa in diesem Bereich: 34 t ha⁻¹ (‘Mokum F1’), 35 t ha⁻¹ (‘Romance F1’) und 40 t ha⁻¹ (‘Napoli F1’). Laut Simon Vetter sind auf der Fläche in der Gemarkung Heidesand etwas geringere vermarktbarere Durchschnittserträge im Sommer-Bio-Anbau zu erwarten (Vetter, 2018).

Zwischenergebnisse des Projektes „Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse“ zeigten unterschiedlich große Erträge zwischen sechs landwirtschaftlichen Betrieben in Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich und Steiermark. Die Betriebe nahmen im Rahmen des Projektes an einem Ringversuch teil. Es wurde die Sorte Nominator F1 auf allen Betrieben zwischen KW 30 und 34 im Jahr 2017 ausgesät, in KW 50 wurde geerntet. Die Karotten wurden nicht geschützt. Die Gesamterträge mit Laub pro m² der Sorte Nominator F1 lagen zwischen 0.76 und 2.5 kg. Im Vergleich dazu lagen die Gesamt-Erträge mit Laub im Winter in Vorarlberg bei der Kontrollvariante bei 0.6 kg lm⁻¹ (‘Mokum F1’), 1.0 kg lm⁻¹ (‘Romance F1’) und 0.87 kg lm⁻¹ (‘Napoli F1’) mit einer Ausbeute von 40 % (‘Mokum F1’) bzw. rund 70 % (‘Romance F1’ und ‘Napoli F1’), allerdings waren diese Karotten – wie oben besprochen - nicht als Bündelware vermarktungsfähig. Beim Ringversuch erreichten nur zwei Betriebe, die in der KW 30 ausgesät hatten, eine Ausbeute von 72 bzw. 74 %. Die anderen Betriebe hatten entweder Probleme mit der Möhrenfliege oder es wurde zu spät ausgesät (BIO AUSTRIA, 2018).

Die Winteranbau-Praxisversuche der beiden Wintergemüse-Projekte zeigten zum Teil große Sortenunterschiede, sowie auch große Unterschiede zwischen den Standorten und den Anbaujahren (BIO AUSTRIA, 2018; Betz et al., 2015).

Um wirklich eine Aussage treffen zu können, ob sich ein Winteranbau von Bündelware für Lustenau, Vorarlberg eignet, ist es deshalb sinnvoll weitere Sorten, die sich durch ein sehr

starkes und widerstandfähiges Laub auszeichnen und eine geringe Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten mit sich bringen, in mehreren Jahren auszutesten. So könnten Sorten, die unter veränderten Wetterbedingungen stabile Erträge bringen, empfohlen werden. Zudem sind der Schutz der Karotten mit einem Kulturschutznetz aufgrund des aufgetretenen Möhrenfliegenbefalls sowie ein Hasenzaun auf diesem Standort in Lustenau ratsam. Nach Heistingering (2013) kann auch die Untersaat von Erdklee (*Trifolium subterraneum*) sehr effektiv einen Möhrenfliegen-Befall verhindern.

8.2 Bonituren

Wurzelbonituren

Beim Winterversuch wurde bei der Sorte Mokum F1 durchschnittlich ein signifikant geringerer Wurzel Durchmesser mit 1.6 cm und eine signifikant geringere Wurzelmasse mit 19 g im Vergleich zu 'Romance F1' und 'Napoli F1' gemessen. 'Romance F1' und 'Napoli F1' hatten einen Wurzel Durchmesser von 2 cm und eine Wurzelmasse von rund 27 g pro Stück. Aufgrund der großen Stichprobengröße von 110 Stück und der vergleichsweise geringen Standardabweichung war die Wurzel von 'Romance F1' (11.5 cm) signifikant länger als die von 'Napoli F1' (10.5 cm) und 'Mokum F1' (10.5 cm). Daraus kann abgeleitet werden, dass 'Romance F1' im Durchschnitt die größten Karotten hatte, gefolgt von 'Napoli F1'. Am schlechtesten war die Sorte Mokum F1 mit dem kleinsten Durchmesser, der kürzesten Länge und geringsten Masse. Diese Reihenfolge konnte auch bei den Gesamt-Wintererträgen beobachtet werden.

Beim Vergleich dieser Ergebnisse mit den Daten der Masterarbeit Hampl (2016) schneiden die im Lustenauer Versuch verwendeten Sorten schlecht ab. Die von Hampl in Niederösterreich angebauten Sorten Eskimo F1 und Merida F1 hatten im biologischen Winteranbau Anfang Dezember ein durchschnittliches Wurzelgewicht von 44 – 47 g und eine Länge von 14 cm. Das entspricht etwa den Karotten des Sommeranbaus 2017 in Lustenau. Grundsätzlich ist Vorarlberg für den Gemüsebau ein eher schwieriges Gebiet, zudem liegt der Humusgehalt auf der Versuchsfläche im niedrigen Bereich und der pH-Wert sehr hoch. Bedingungen also, die den Anbau zusätzlich erschweren. Der Betriebsführer Simon Vetter (2018) meinte, seine regulären Erträge lägen etwas unter den im biologischen Karottenanbau üblichen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die drei verwendeten Sorten im Sommer signifikant längere, schwerere und dickere Wurzeln lieferten als im Winter. Außerdem zeigten die Ergebnisse eine geringe Eignung der Sorte Mokum F1 für den Winteranbau. Ertrag, Wurzel­durchmesser und Wurzellänge waren bei ihr am geringsten. Die Sorte Romance F1 dagegen kam mit den erschwerten Bedingungen (Krankheitsdruck, niedrige Temperaturen, sehr viel Niederschlag) im Winter am besten zurecht.

Zur Beurteilung der äußeren Qualität wurden die Grünköpfigkeit, die Ausprägung der Schultern und die Rübenform bonitiert, um zu beobachten, ob sich der Winteranbau negativ darauf auswirkt. Es waren bei allen Merkmalen keine besonderen Unterschiede beeinflusst durch die Sorte, die Erntezeit und die Schutzmaßnahme zu erkennen. Beim jahreszeitlichen Vergleich zeigte sich allerdings, dass die Sommer-Karotten signifikant weniger abgerundet waren. Eine Erklärung könnte in der kürzeren Entwicklungszeit beim Sommersversuch liegen. Die Karotten mussten früh geerntet werden, weil sich die Laubqualität ab Anfang Juli zunehmend verschlechterte. Von der Rübenform kann abgeleitet werden, ob die Rübenentwicklung schon abgeschlossen ist. Beim Nantaise-Typ ist das Reifestadium erreicht, wenn die Wurzelspitzen abgerundet sind (Wellinger et al., 2006).

Die Ursache für die etwas erhöhte Grünköpfigkeit im Winter (durchschnittlich eine Boniturnote) ist unklar.

Laubbonituren

Wie beim Ertrag schon ausführlich diskutiert, wurde das Laub, vor allem jenes der Winterernte, teilweise durch eine Pilzkrankheit stark geschädigt. Es konnte schon während dem Entwicklungsverlauf und während der Ernten ein Unterschied zwischen den Sorten hinsichtlich Krankheitsanfälligkeit beobachtet werden. Diese Beobachtung bestätigte sich dann bei den Ergebnissen der Merkmale Laubmasse, Laublänge, Blattanzahl. Im Winter besaß 'Mokum F1' im Durchschnitt die kürzesten Blätter, die wenigsten Blätter (nicht signifikant zu 'Napoli F1') und dadurch die geringste Laubmasse. Im Sommer zeichnete sich ein sehr ähnliches Bild ab mit dem Unterschied, dass die Laublänge und Blattanzahl nur tendenziell geringer waren, aber nicht signifikant.

Nach Wellinger et al. (2006) entwickeln sich je nach Sorte zwischen 8 und 10 Blättern. Beim Vorarlberger Versuch lag die Blattanzahl im Schnitt bei sechs Blättern im Sommer und

zwischen drei und fünf Blättern im Winter. Während dem Ernte, Wasch- und Sortiervorgang konnte beobachtet werden, dass trotz vorsichtigem Handling, Blätter abfielen. Diese waren meist schon vergilbt, faulig und braun, was größtenteils durch den Pilzbefall verursacht wurde. Da die kranken Blätter nun fehlten, ergab die Bonitur der Laubgesundheit zu positive Ergebnisse und stimmt nicht mit den anderen Bewertungen des Laubes überein. Im Winter konnten kaum Sortenunterschiede nachgewiesen werden, obwohl 'Romance F1' hinsichtlich Laubmasse, Laublänge und Blattanzahl die besten Ergebnisse erzielte und dem nach kräftigeres und gesünderes Laub hatte.

Der Bewertungsfehler erklärt sich aus der Boniturmethode der Laubgesundheit. Es wurde jeweils das Laub von zehn zufällig ausgewählten Karotten je Parzelle in Kategorien eingeteilt. Waren über 70 % des vorhandenen Laubes gesund und grün, wurde eine 1 vergeben, bei 30 – 70 % eine 3 und unter 30 % eine 5. Besaß eine Karotte beispielsweise zwei kleine gesund aussehende Blätter, bekam sie eine 1, obwohl sie auf dem Feld sehr wahrscheinlich mehr Blätter hatte. Die Verankerung der Blätter am Rübenkopf war besonders bei der Winterernte sehr fragil. Bei den Sommerkarotten funktionierte die Laubgesundheitsbonitur etwas besser, da die Pilzkrankheit noch nicht so weit fortgeschritten war wie im Winter und dadurch das Laub nicht ganz so viele Blätter verloren hatte. Hier zeigte sich, dass die Sorte Romance F1 den anderen Sorten hinsichtlich Laubgesundheit überlegen war.

Auch Hampl (2016) konnte Sortenunterschiede hinsichtlich Qualität und Quantität nachweisen. Die Sorte Eskimo F1 hatte bei der Winterernte im Dezember 2015 deutlich besseres Laub als die Sorte Merida F1. Eine weitere Studie zu verschiedenen Berechnungsvarianten und Sorten zeigte ebenfalls einen signifikanten Einfluss der Sorte auf die Quantität des Laubes. Die Sorte Maestro F1 realisierte die höchste Laubmasse und hatte weniger *Alternaria*-Befall im Vergleich zu anderen Sorten (Kappert et al., 2013). Bei Stefan Hampl (2016) hatte eine Vliesabdeckung bei beiden Sorten (Eskimo F1 und Merida F1) einen signifikant positiven Einfluss auf die Laubmasse. Unter der Abdeckung konnte das Wachstum vermutlich auch noch im November und Dezember voranschreiten. Es wurden jedoch keine kontinuierlichen Bestandsaufnahmen durchgeführt.

Die Auswertung der Schutzmaßnahme brachte hervor, dass der Minifolientunnel hinsichtlich Laublänge und Laubmasse besser abschnitt als die Kontrollfläche, allerdings war die Laubgesundheit signifikant schlechter als bei den beiden anderen Varianten. Vermutlich erklärt sich

das dadurch, dass es im Tunnel wärmer und feuchter war und damit günstigere Bedingungen für Pilze herrschten als unter dem Vlies oder im Freiland.

Die Ergebnisse dieser Arbeit diesbezüglich sollten immer mit dem Hintergedanken betrachtet werden, dass bei der Bestandsaufnahme des Laubes Ende September deutliche Unterschiede beobachtet werden konnten, obwohl die Abdeckungen erst im November angebracht wurden. Zudem kann schwer nachvollzogen werden, welche Einwirkung auf die Laubqualität der Witterung (Kälte, Frost, Niederschlag) zugeschrieben werden können und welche dem Pilzbefall. Es braucht weitere Versuche, um eine klare Aussage treffen zu können.

8.3 Inhaltsstoffe und Sensorik

Die Inhaltsstoffe und der Geschmack von Karottenbündelware werden durch vielfältige Einflussfaktoren wie Boden, Anbauweise, Saatzeitpunkt, Sortenwahl, Klima sowie Pathogene und Schädlinge beeinflusst. Die Diskussion bezieht sich jedoch nur auf die einjährigen Versuchsergebnisse des Jahres 2017, welches, wie schon erwähnt, ein sehr niederschlagsreiches Jahr war. Um für den Standort, den Boden, die gewählten Aussaat- und Erntetermine sowie Sorten aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, müssten nachfolgende Versuche durchgeführt werden.

Zucker und Trockenmasse

Es wurden zwei Methoden angewendet, um den Zuckergehalt zu bestimmen. Erstens die photometrische Bestimmung des Gehaltes von Glucose, Fructose und Saccharose und zweitens die Bestimmung des °Brix Werts mittels Stand-Refraktometer. Bei der zweiten Analysemethode handelt es sich um eine sehr schnelle praxisübliche Methode, die allerdings als nicht so genau gilt, da auch noch andere Fraktionen als Zucker das Licht brechen könnten. Zudem können hier keine einzelne Zuckerfraktionen ermittelt werden (Höhn et al., 2004).

Beim Winterversuch konnte ein signifikant höherer Wert bei der Sorte Romance F1 im Vergleich zu 'Mokum F1' in Bezug auf den Gesamtzuckergehalt, die Saccharose und °Brix im Karottensaft festgestellt werden. Bei den reduzierenden Zucker (Glucose und Fructose) waren die Ergebnisse nicht signifikant höher. In der Trockenmasse spiegeln sich die gleichen Ergebnisse wieder. Die Schutzmaßnahmen hatten kaum einen Einfluss auf die ermittelten Werte.

Beim Vergleich der Sommerergebnisse mit den Winterergebnissen zeigte sich im Durchschnitt im Winter mit 215 g L^{-1} ein etwas höherer Gesamtzuckergehalt als im Sommer mit 193 g L^{-1} . Der °Brix Wert war bei allen Sorten im Winter nur tendenziell höher. Er lag im Winter zwischen 6.8 und 8.7, obwohl Studien postulierten, dass deutlich mehr Zucker in Karotten im Herbst/Winter eingelagert wird (Suojala, 2000). Der starke Pilzbefall könnte ein möglicher Grund dafür sein, dass der Zuckergehalt bei der Winterernte nicht so stark anstieg. Höhn (2003) fand heraus, dass eine Infektion mit *Alternaria dauci* die Zuckereinlagerung negativ beeinflusst, das heißt, dass diese Karotten einen geringeren Zuckergehalt aufwiesen als gesunde Karotten. Wie schon beim Ertrag und den Bonituren diskutiert, war die Pilzinfektion der Blätter im Winter hoch.

Der reduzierende Zuckergehalt unterschied sich zwischen den Erntezeiten kaum. Eine Ausnahme war der Saccharosegehalt, der im Winter (85 g L^{-1}) signifikant höher als im Sommer (63 g L^{-1}) war. Dies passt mit den Ergebnissen von Steingröver et al. (1983) und McKee et al. (1984) zusammen. Sie zeigten, dass mehr Saccharose mit Zunahme der Kulturdauer eingelagert wird und zuerst vorwiegend Glucose und Fructose aufgebaut werden. Da die Winterkarotten fast zwei Monate länger im Boden waren, könnte es sein, dass die Saccharose in diesen Monaten vermehrt eingelagert wurde. Dies wurde auch in einem Projekt von Agroscope FAW Wädenswil zur Bestimmung des optimalen Erntezeitpunkts von Lagerkarotten bestätigt (Wellinger, 2006).

Bei der Trockenmasse gab es bei sämtlichen Sorten kaum Unterschiede zwischen Sommer und Winter. Allerdings konnten Unterschiede beim Vergleich der Wintersorten mit handelsüblicher Lagerware, welche sich zur Wintererntezeit auf dem Markt befunden haben und als Vergleichsproben genutzt wurden. Alle Sorten, auch 'Romance F1' mit 10,6 %, hatten geringere Trockenmassegehalte als die Lagervariante mit 11,7 %. Die Winterkarottenergebnisse von Hampel's Ernte im Dezember (2016) lagen bei einem Trockenmassegehalt von 11,4 und 12,7 % und sind somit etwas über den Ergebnissen von Vorarlberg. Ilić et al. (2017) ernteten Karotten Anfang Jänner in Serbien, die einen durchschnittlichen Trockenmassegehalt von 10,8 % hatten.

Es konnte beobachtet werden, dass bei einem höheren °Brix Gehalt auch der Gesamtzuckergehalt bei den einzelnen Sorten zumeist höher lag. Werden die Ergebnisse der photometrischen Analyse jedoch mit Karottensaftwerten der Literatur verglichen, sind die Werte mehr als doppelt so hoch, während °Brix und Trockenmassegehalte im vergleichbaren Bereich der Literatur liegen. Deshalb ist ein Messfehler nicht auszuschließen. Bei Nadulski et al. (2008) werden

Saccharosegehalte von 36 bis 38 g L⁻¹ und reduzierende Zuckergehalte von 40 bis 45 g L⁻¹ angegeben. Paschold et al. (2003) ist bei der Analyse von Karottensaft zu Gesamtzuckergehalten von 62 – 80 g L⁻¹ und °Brix Werten zwischen 8,1 und 10,2 gekommen. In „Zusammensetzung der Lebensmittel - Nährwert-Tabellen“ von Souci et al. (2015) ist ein Gesamtzuckergehalt von 47,5 g L⁻¹ für Karottensaft angegeben.

Sensorische Analyse

Die sensorische Analyse der Wintersorten und zwei Lagersorten mit 36 TeilnehmerInnen kam zum Resultat, dass es Unterschiede zwischen den verkosteten Varianten bezüglich Textur und Gesamtbeliebtheit gab. Die Lagervariante des Vetterhof war bei den KonsumentInnen am beliebtesten, sie entsprach auch am ehesten den Vorstellungen einer typischen Karotte hinsichtlich Geschmack, Geruch und Textur. Dass die Lagervariante des Vetterhof im Vergleich zur Sorte Mokum F1 in der Gesamtbeliebtheit signifikant besser abschnitt, könnte in Zusammenhang mit den höheren Zuckergehalten stehen. Aus Studien geht hervor, dass der Zuckergehalt meist mit der Süße einer Karotte im Geschmack korreliert. Höhn et al. (2004) untersuchten den Zusammenhang zwischen Beliebtheit, Gesamtzuckergehalt, °Brix und Isocumarin. Isocumarin ist eine phenolischen Verbindung und gilt als hauptverantwortlich für den bitteren Geschmack in Karotten (Höhn et al., 2004). Bei der Sorte Bolero kamen Höhn et al. (2004) zum Schluss, dass Karotten mindestens 7.6 °Brix haben müssen, damit sie geschmacklich von KonsumentInnen als gut eingestuft werden. 'Mokum F1' wies im Winter im Durchschnitt 6.8 °Brix, 'Napoli F1' 7.7, 'Romance F1' 8.7 und die Lagervariante 9.6 auf. Ulrich et al. (2004) konnten hingegen kaum einen Einfluss des Zuckergehaltes auf einen positiven Geschmack von Karotten feststellen.

Zudem wurde die Sorte Mokum F1 als am wenigsten knackig bewertet. Karotten die süß schmecken und knackig sind werden von KonsumentInnen am liebsten gegessen, bitterer Geschmack und gummiartige Textur werden eher abgelehnt, was somit nicht für die Sorte Mokum F1 spricht (Höhn, 2003; Ulrich et al., 2004).

Die Bitterkeit wurde bei allen Varianten als gering eingestuft. Vor allem Stress kann zu einem bitteren Geschmack führen, wobei der Befall mit *Alternaria dauci* bei Höhn (2003) nicht zu einem Anstieg an Isocumarin führte.

Es wurde versucht die durch Zerkleinern und Mischen eine repräsentative Probe einer Sorte zu erstellen. Es wurden keine ganzen Karotten verkostet, sondern nur das Mittelstück der Karotten. Dadurch geht jedoch die Variabilität des Geschmacks innerhalb einer Karotte verloren (Ulrich et al. 2004). Trotz der Erstellung einer repräsentativen Probe je Sorte fiel bei der Verkostung auf, dass die Probestückchen einer Probe im Geschmack zum Teil stark variierten.

Karotinoide

In mehreren Studien wurde nachgewiesen, dass Karotinoide einen positiven Einfluss auf die Gesundheit des Menschen haben können. Dieser wird einerseits durch die Sorte andererseits auch durch Kulturdauer, abiotische und biotischen Stressfaktoren beim Anbau, Nachernteverfahren und Lagerung, beeinflusst. Im Winter hatte der Karottensaft der Sorte Romance F1 mit 4.2 mg L^{-1} den signifikant höchsten Karotinoidgehalt. Die Schutzmaßnahme sowie Erntezeit hat keinen Einfluss auf den Karotinoidgehalt genommen. Beim Vergleich der Wintersorten mit der handelsüblichen biologischen Lagervariante konnten durchschnittlich höhere Gehalte an Karotinoiden (10.2 mg L^{-1}) in der Lagervariante gemessen werden. Diese waren aufgrund der großen Standardabweichung jedoch nicht signifikant zur Sorte Romance F1, bei der die Standardabweichung auch relativ groß war.

In Souci et al. (2014) wird ein Karotingehalt von durchschnittlich 110 mg kg^{-1} Frischgewicht Karotten angegeben, jedoch nur von 26 mg kg^{-1} in Karottensaft. Auch andere Studien verdeutlichen, dass bei der Saftherstellung ein großer Teil des Karotins im Trester zurückbleibt (Sharma et al., 2012; Sinha et al., 2010; Mayer-Biebach et al., 2005).

Die Gehalte der untersuchten Karottensäfte sind allerdings verglichen mit den Literaturangaben insgesamt sehr gering, vermutlich weil es sich nicht um speziell auf hohe Karotinoidgehalte gezüchtete Sorten handelt. In Souci et al. (2014) wird ein durchschnittlicher Karotinoidgehalt in Karottensaft von 26 mg angegeben. Sharma et al. (2006) haben zwischen 74 mg kg^{-1} und 98 mg kg^{-1} Karotinoide in Karottensaft verschiedener Sorten nachgewiesen. Baranski et al. (2012) zeigten jedoch, dass es große Unterschiede zwischen Herkünften, Sorten und vor allem verschiedenfarbigen Karotten geben kann. Ihre Ergebnisse lagen zwischen 0 und 400 mg kg^{-1} Frischgewicht, wobei die weißen und gelben Karotten die geringsten Werte aufwiesen.

Ein weiteres Problem ist die Unsicherheit des Analyseverfahrens. Die Methode zur Feststellung des Karotinoidgehaltes wurde in den letzten Jahren verbessert, trotzdem bestehen immer noch

analytische Schwierigkeiten und Fehler, die bei der Interpretation der Daten und beim Vergleich mit Literaturangaben berücksichtigt werden müssen. Deshalb sind weitere Versuche notwendig, um eine repräsentative Aussage machen zu können. Ein zusätzliches Problem ist die große Instabilität der Karotinoide. Vor allem Lichteinfluss führt zur Isomeration und dem Abbau von Karotinoiden (Rodriguez-Amaya, 2010).

Gesamtphenole

Beim Winterversuch lagen die Gesamtphenole zwischen 1051 – 1328 mg L⁻¹ Karottensaft je nach Sorte und Schutzmaßnahme. Einen signifikanten Einfluss einer bestimmten Sorte oder Schutzmaßnahme auf den Gesamtphenolgehalt war nicht erkennbar. Im Sommer wurde ein durchschnittlicher Gehalt von 1356 mg L⁻¹ gemessen, der Durchschnitt im Winter lag bei 1103 mg L⁻¹. Die Standardabweichungen des Sommer- und Winterversuchs überschneiden sich jedoch. Wootton-Beard et al. (2010) analysierten verschiedene Säfte bezüglich Gesamtphenolgehalte. Die Messung zwei verschiedener Bio-Karottensäften ergab einen Gehalt von 449 bzw. 605 mg L⁻¹ mit der Folin-Ciocalteu Methode. Im Vergleich dazu sind die Gesamtphenolgehalte der vorliegenden Analyse doppelt so hoch. Eine Untersuchung von Khandare et al. (2011), bei welcher eine vergleichbare Messmethode angewendet wurde, kam zum Ergebnis von rund 3000 mg (GAE) L⁻¹ Gesamtphenole in Karottensaft von dunkelgefärbten Karotten. Violett-gefärbte Karotten können einen viel höheren Gehalt an Gesamtphenolen aufweisen verglichen mit orangen Karotten (Gajewski et al. 2010).

Auch Phenole sind wie die Karotinoide sehr fragil und können verhältnismäßig schnell auf- oder abgebaut werden. Gajewski et al. (2010) fanden heraus, dass die Lagerung von Karotten den Phenolgehalt beeinflusst. Im Durchschnitt erhöhte sich der Phenolgehalt von 5,63 auf 12,25 mg 100⁻¹ Frischmasse, welcher auch spektrophotometrisch mit einem Folin-Ciocalteu Reagenzien bestimmt wurde. Es wurde jedoch auch schon das Gegenteil postuliert (Augšpole et al., 2017). In der vorliegenden Arbeit konnte ein höherer Gesamtphenolgehalt in der handelsüblichen Lagerware (1631 mg L⁻¹) gemessen werden. Da es sich um gekaufte Lagerware handelte und nicht Karotten des Versuchs gelagert wurden, kann nicht gesagt werden, ob der höhere Gesamtphenolgehalt durch die Lagerung verursacht wurde oder durch andere Faktoren wie Sorte oder Anbauweise.

Antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität in Karottensaft wird hauptsächlich durch Karotinoide, Gesamtphenole und Vitamin C bestimmt. Die Messung der antioxidativen Kapazität mit der FRAP (ferric reducing ability of plasma) Methode des Karottensaftes ergab kaum Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Erntezeit. Überdies war die handelsübliche Lagervariante nicht signifikant unterscheidbar. Die Werte lagen im Sommer bei $17,9 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$ und im Winter bei $17,7 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$. Khandare et al. (2011) sind bei der Messung von violetten Karotten mittels FRAP zu Werten gekommen, die durchschnittlich bei $23 \text{ mmol TE L}^{-1}$ lagen.

Die Messung mit FRAP wird als robuste spektrophotometrische Methode beschrieben. Es wurde jedoch noch keine wirklich verlässliche standardisierte Messmethode der antioxidativen Kapazität für Säfte gefunden (López-Froilán et al., 2018). Da natürliche Oxidantien sehr vielfältig sind, ist die Aussagekraft eines Tests, der die antioxidative Kapazität auf eine bestimmte Weise misst, eingeschränkt. Um glaubwürdige Aussagen über die antioxidative Wirkung machen zu können, bedarf es der Anwendung unterschiedlicher Messmethoden, die sich verschiedener Mechanismen bedienen (Grigelmo-Miguel et al., 2010).

Nitrat

Der Nitratgehalt wurde im Karottensaft spektrophotometrisch gemessen und in den ganzen Karotten mittels HPLC-Methode analysiert. Die Messung des Karottensaftes wies durchgängig höhere Nitratgehalte auf, zeigte bei der statistischen Auswertung jedoch die gleichen Signifikanzen zwischen den Varianten und Faktoren. Bei der photometrischen Bestimmung gab es Schwierigkeiten die richtige Verdünnung zu finden, da die Nitratwerte zum Teil sehr hoch waren.

Die Sorte Romance F1 hatte im Sommer und Winter gemessen mit der HPLC die geringsten Nitratgehalte, welche im Durchschnitt bei 72 mg kg^{-1} lagen ('Napoli F1' 305 mg kg^{-1} und 'Mokum F1' 405 mg kg^{-1}). Die beiden anderen Sorten lagen über dem Grenzwert für Babynahrung welcher bei 200 mg kg^{-1} liegt (Verordnung (EU) Nr. 1881/2006). Für Erwachsene sind bei Karotten keine Grenzwerte festgelegt.

Die Schutzmaßnahmen zeigten nach beiden Messmethoden keinen Einfluss auf den Nitratgehalt. Entgegen der üblichen Annahme, dass das Laub einen höheren Nitratgehalt hat (Krug et al., 2003), wurden im Winter bei allen Sorten geringere Gehalte gemessen. Diese lagen zwischen

65 und 200 mg kg⁻¹. Die Untersuchungsergebnisse müssen jedoch insgesamt sehr vorsichtig interpretiert werden, da sich bei allen Messungen hohe Standardabweichungen ergaben.

Im Durchschnitt lagen die Nitratgehalte im Sommer unter denen des Winters. Bei der richtigen Sortenwahl können jedoch auch im Winter niedrigere Werte erreicht werden, wie bei Romance zu sehen ist. Die Lagerware schnitt jedoch am besten ab mit rund 50 mg kg⁻¹.

Die Nitratanalysen der Winterkarotten des Projektes „Wintergemüsevielfalt“ lagen je nach Sorte zwischen 100 und 400 mg kg⁻¹ (Betz et al., 2015).

9 Fazit

Die Bündelwarenproduktion konnte im Jahr 2017 im Winter nicht ausgeführt werden, zudem waren die Erträge deutlich geringer als im Sommer. Da im Sommer 2017 überdurchschnittlich viel Niederschlag fiel, war der Pilzdruck enorm groß, sodass das Laub der Winterernte schon sehr früh infiziert wurde und bei der Ernte nicht mehr verkaufsfähig war. Jedoch war die Laubqualität auch im Sommer nicht vermarktungsfähig, das verdeutlicht die Problematik eines warmen und feuchten Sommers. Da in vorangegangenen Jahren an diesem Standort die Ernte von Bündelware möglich war, sollte die Bündelwarenproduktion im Rheintal Vorarlbergs im Winter jedoch noch nicht ganz ausgeschlossen werden.

Es zeigten sich bei den Untersuchungen deutliche Sortenunterschiede, die vermuten lassen, dass eine weitere Sortensichtung unter den Gesichtspunkten allgemeine Robustheit, Laubqualität und geringere Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten erfolgversprechend sein könnte. Die Sorte Romance F1 bewies sich hinsichtlich Ertrag, äußerer und innerer Qualitäten bei beiden Anbauversuchen. Die Sorte Mokum F1 kann nicht empfohlen werden. Auffallend waren die höhere Krankheitsanfälligkeit und der geringere Ertrag. Die Sorte Napoli F1 lag bei den meisten überprüften Parametern im Mittelfeld. Auch die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe sind stärker von der Sorte abhängig als beeinflusst durch die Stressfaktoren im Herbst und Winter.

Über Geschmack lässt sich bekanntlich streiten. Die frisch geernteten Sorten waren im Vergleich zu herkömmlicher Lagerware nicht ganz so beliebt. Da die Variabilität im Geschmack innerhalb einer Sorte und sogar einer einzelnen Karotte sehr groß sein kann, braucht es noch weitere umfangreichere Geschmackstests.

Ob der Minifolientunnel oder das Vlies einen Einfluss auf den Ertrag und die Laubqualität hatte, konnte bei diesem Versuch aufgrund der starken Pilzinfektion und der Bodenheterogenität leider nicht festgestellt werden.

Für weitere Anbauversuche auf diesem Standort ist die Anwendung eines Kulturschutznetzes oder die Untersaat mit *Trifolium subterraneum* sowie ein Hasenzaun ab Beginn des Auflaufens zu empfehlen. Inwiefern diese Aufwendungen sich rechnen, muss noch geklärt werden. Das Alleinstellungsmerkmal von biologisch erzeugter Bündelware im Winter auf dem regionalen Markt und eine mögliche Vermarktung in die gehobene Gastronomie sprechen für einen weiteren Versuch Bündelware für den Wintermarkt in Vorarlberg anzubauen. Das Jahr 2017 war – wie schon oben betont - generell ein schwieriges für die Bündelwarenproduktion an diesem Standort.

10 Literaturverzeichnis

Amorati R, Valgimigli L (2018): Methods to Measure the Antioxidant Activity of Phytochemicals and Plant Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66: 3324–3329.

Banga O (1957): Origin of the European cultivated carrot. *Euphytica*, 6: 54-63.

Baranski R, Maksylewicz-Kaul A, Nothnagel T, Cavagnaro PF, Simon PW, Grzebelus D (2012): Genetic diversity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars revealed by analysis of SSR loci. *Genet Resour Crop Evol*, 59: 163–170.

Bedlan G (2012): *Gemüsekrankheiten*. Zentralverband der Kleingärtner und Siedler Österreichs, 4. Auflage, Wien, 370.

Benzie IF, Strain JJ (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘antioxidant power’: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70–76.

Betz A, Lengauer D, Stopper E, Theurl M (2015): Winterernte: Saisonaler, Energieextensiver und innovativer Gemüseanbau. Projektbericht, Wien, 1-86.

BIO AUSTRIA (2018): 4. Zwischenbericht EIP Projekt „Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse. Operationelle Gruppe Weiterentwicklung Bio-Wintergemüse, Wien, 1-54.

Böttcher H, Belker N (1996): *Frischhaltung und Lagerung von Gemüse*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 252.

Bundesamt für Risikobewertung (2009): Nitrit in Spinat und in anderen Lebensmitteln - Stellungnahme Nr. 007/2010 des BfR vom 18. August 2009. 1–18.

BLE - Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2011): Checkliste für Konformitätskontrollen UNECE-Norm für Möhren FFV-10 (2010), 2.

Crüger G, Backhaus GF, Hommes M, Smolka S, Vetten H-J (2002): *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. Eugen Ulmer Verlage, 4. Auflage, Stuttgart, 318.

Daie J (1984): Characterization of sugar transport in storage tissue of carrot. *Journal of American Soc Horticultural Sciences*, 109: 718–722.

Depisch A, Fast M, Gutenbrunner A, Reiterer J, Schlögl S, Zefferer C (2014): Historische und moderne Lagerungstechniken sowie Anbaumethoden im heizungsfreien Wintergemüseanbau und Untersuchung der Anwendung im Burgenland, in der Steiermark und in Wien. Bachelorarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, 151.

- Diepenbrock W, Ellmer F, León J (2016): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. Eugen Ulmer Verlag, 4. Auflage, Stuttgart, 376.
- Dolores Rodríguez-Sevilla M, Villanueva-Suárez MJ, Redondo-Cuenca A (1999): Effects of processing conditions on soluble sugars content of carrot, beetroot and turnip. *Food Chemistry*, 66: 81–85.
- Dos Santos Hecher EA, Falk CL, Enfield J, Guldan SJ, Uchanski ME (2014): The Economics of Low-cost High Tunnels for Winter Vegetable Production in the Southwestern United States; *HortTechnology*, 24(1), 7-15
- European Commission (1997): Food Science and Techniques - Nitrates and Nitrite. Hrsg: European Commission Directorate-General Industry, Luxemburg.
- Fillion L, Kilcast D (2002): Consumer perception of crispness and crunchiness in fruits and vegetables. *Food Quality and Preference* 13 (1): 23–29.
- Gajewski M, Szymczak P, Danilcenko H (2010): Changes of Physical and Chemical Traits of Roots of Different Carrot Cultivars Under Cold Store Conditions. *Vegetable Crop Research Bulletin*, 72: 115–127.
- Gartenbau Mader (2017): Wintergemüse Produktion - Wintamine für die Gastronomie: Ungeheiztes Bio Winter-Frischgemüse aus Österreich. Präsentation bei Wintamine für die Gastronomie am 7.12.2017, Wien.
- Grigelmo-Miguel N, Rojas-Grau A, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O (2010): Methods of Analysis of Antioxidant Capacity of Phytochemicals. 271–339 In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell.
- Guldan S (2013): Final Report - Winter Production of Leafy Greens in the Southwestern USA using High Tunnels. New Mexico State University, New Mexico. <https://projects.sare.org/project-reports/sw09-041/>.
- Habermeyer M, Roth A, Guth S, Diel P, Engel K-H, Epe B, Fürst P, Heinz V, Humpf H-U, Joost H-G, Knorr D, Kok T de, Kulling S, Lampen A, Marko D, Rechkemmer G, Rietjens I, Stadler RH, Vieths S, Vogel R, Steinberg P, Eisenbrand G (2015): Nitrate and nitrite in the diet: How to assess their benefit and risk for human health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59 (1): 106–128.
- Hager TJ, Howard LR (2006): Processing Effects on Carrot Phytonutrients. *HortScience*, 41(1): 74–79.
- Hampl S (2016): Möglichkeiten der Ertrags- und Qualitätssicherung bei alternativem Wintergemüse. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur, Abteilung Gartenbau, 103.

- Heisteringer A (2013): The manual of seed saving. Timber Press, 1. Auflage, Portland, 343.
- Herrmann K (2001): Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 200.
- Höhn E, Künsch U (2003): Karottengeschmack - Beliebtheit, Süßigkeit und Bitterkeit. *AG-RARForschung Schweiz* 10(4), 144–149.
- Höhn E, Schärer H, Künsch U (2004): Zuckergehalt: Bedeutung und Einflussfaktoren. *Der Gemüsebau*, 1: 4–5.
- Hooper L, Cassidy A (2006): A review of the health care potential of bioactive compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 1805–1813.
- Hord NG, Tang Y, Bryan NS (2009): Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90 (1): 1–10.
- Ilic Z, Sunic L, Milenkovic L, Pestoric M, Belovic M, Kevresan Z, Mastilovic J (2017): Nutrients content and texture changes as effect of harvest time, postharvest treatments and stor-age condition of carrot. *Acta Sci Pol Hortorum Cultus*, 16: 63–75.
- Iorizzo M, Senalik DA, Ellison SL, Grzebelus D, Cavagnaro P, Allender C, Brunet J, Spooner DM, Van Deynze A, Simon PW (2013): Genetic Structure and domestication of carrot (*Daucus carota* subsp. *Sativus*) (Apiaceae). *American Journal of Botany*, 100 (5): 930-938.
- Jaborek C (2017): Aktuelle Entwicklungen im Obst- und Gemüsebereich. Wintertagung 2017 - Fachtag Gemüse, Obst und Gartenbau. Wien.
- Jaborek C (2018): Herkunftsnachweise. Wintertagung 2018 - Fachtag Gemüse-, Obst- und Gartenbau. Wien.
- Kahrer A, Gross M (2002): Gemüseschädlinge - Erkennung, Lebensweise, Bekämpfung. Serie AV-Fachbuch, Österr. Agrarverlag, 1. Auflage, Leopoldsdorf, 205.
- Kappert R, Kranzler A, Renner J, Pollan S (2013): Karottensorten für das Marchfeld - Ertrag und Qualität unter reduzierter Bewässerung. *Forschungsinstitut für biologischen Landbau*, 77.
- Keutgen A (2014): Gemüseproduktion – *Daucus carota* L. Vorlesung. Akademisches Jahr 2014/2015, Universität für Bodenkultur Wien.
- Keutgen AJ, Pawelzik E (2007). Modifications of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. *J. Agric. Food Chemistry* 55: 4066-4072.
- Khandare V, Walia S, Singh M, Kaur C (2011): Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: Processing effects on antioxidant composition and color. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 482–486.

- Kjellenberg L, Johansson E, Gustavsson K-E, Granstedt A, Olsson ME (2016): Influence of organic manures on carrot (*Daucus carota* L.) crops grown in a long-term field experiment in Sweden. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 31: 258–268.
- Krug H, Liebig H-P, Stützel H (2003): *Gemüseproduktion: Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis*. 1. Ed. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 464.
- Lamont WJ (2009): Overview of the Use of High Tunnels Worldwide. *HortTechnology*, 19 (1): 25–29.
- Lamont, W. J. 2005. *Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops*. *Horttechnology*. 15: 477–481.
- Lawrence WJC (1948): *Science and the glasshouse*. 1. Ed. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Lindner Ulrike (2006): *Planung, Anlage und Auswertung von Versuchen im ökologischen Gemüsebau – Handbuch für die Versuchsanstellung*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick, 264.
- López-Froilán R, Hernández-Ledesma B, Cámara M, Pérez-Rodríguez ML (2018): Evaluation of the Antioxidant Potential of Mixed Fruit-Based Beverages: a New Insight on the Folin-Ciocalteu Method. *Food Analytical Methods*, 11: 2897–2906.
- Lundberg JO, Carlström M, Weitzberg E (2018): Metabolic Effects of Dietary Nitrate in Health and Disease. *Cell Metabolism*, 28 (1): 9–22.
- Maiani G, Periago Castón MJ, Catasta G, Toti E, Cambrodón IG, Bysted A, Granado-Lorencio F, Olmedilla-Alonso B, Knuthsen P, Valoti M, Böhm V, Mayer-Miebach E, Behnlian D, Schlemmer U (2009): Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53: 194–218.
- McKee JMT, Thomas TH, Hole CC (1984): Growth regulator effects on storage root development in carrot. *Plant Growth Regulation*, 2: 359–369.
- Mensinga TT, Speijers GJ, Meulenbelt J (2003): Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicological Reviews*, 22: 41–51.
- Nadulski R, Grochowicz J, Sobczak P, Kobus Z, Panasiewicz M, Zawiślak K, Mazur J, Starek A, Żukiewicz-Sobczak W (2015): Application of Freezing and Thawing to Carrot (*Daucus carota* L.) Juice Extraction. *Food and Bioprocess Technology*, 8 (1): 218–227.
- Nilsson T (1987): Growth and chemical composition of carrots as influenced by the time of sowing and harvest. *The Journal of Agricultural Sciences*, 108 (2): 459–468.

- Paschold P-J, Schöpplein E, Kleber J (2003): Möhre, Sortenprüfung, Inhaltsstoffe. Versuchsberichte Gemüsebau, Forschungsanstalt Geisenheim, Gemüsebau, 1-2.
- Pobereźny J, Wszelaczyńska E, Keutgen AJ (2012): Yield and chemical content of carrot storage roots depending on foliar fertilization with magnesium and storage duration. *J. Elementology* 17 (3): 479-494.
- Rodriguez-Amaya DB (2010): Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 (7): 726–740.
- Rodriguez-Concepcion M, Stange C (2013): Biosynthesis of carotenoids in carrot: An underground story comes to light. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 539: 110-116.
- Rong J, Lammers Y, Strasburg JL, Schidlo NS, Ariyurek Y, Jong T, Klinkhamer PGL, Smulders M, Vrieling K (2014): New insights into domestication of carrot from root transcriptome analyses. *BMC Genomics*, 15:895.
- Roodenburg AJ, Leenen R, van het Hof KH, Weststrate JA, Tijburg LB (2000): Amount of fat in the diet affects bioavailability of lutein esters but not of alpha-carotene, beta-carotene, and vitamin E in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (5): 1187–1193.
- Rubatzky V, Quiros C, Simon P (1999): Carrots and related vegetable Umbelliferae. CABI Publishing, New York, 304.
- Santosh, DT, Tiwari, KN; Singh, VK (2017): Influence of different protected cultivation structures on water requirements of winter vegetables. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 10(1):93-103.
- Scheidinger M (2015): Kulturblatt Karotten. Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg, Thurgau, 21.
- Schneider-Häder B (2015): Fachvokabular Sensorik - Praxisleitfaden zur Beschreibung von Lebensmitteln mit allen Sinnen. Reihe / DLG e. V. – Ausschuss Sensorik, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 232.
- Schopfer P, Brennicke A (2010): Pflanzenphysiologie. Spektrum Akademischer Verlag, 7. Auflage, Heidelberg, 708.
- Sharma H, Kaur J, Sarkar B, Sing C, Singh B, Shitandi A (2006): Optimization of pretreatment conditions of carrots to maximize juice recovery by response surface methodology. *Journal of Engineering Science and Technology*, 1 (2): 138–145.
- Sharma KD, Karki S, Thakur NS (2012): Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49: 22–32.

- Shiwakoti, S, Zheljzkov, VD, Schlegel V (2018): Influence of winter stress and plastic tunnels on yield and quality of spinach, pak choi, radish and carrot. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(5): 357-363.
- Sies H, Stahl W, Klotz L-O, Brenneisen P (2004): Oxidativer Stress: vom molekularen Mechanismus zur Klinik. In: *Jahrbuch der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf 2003*. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, 101-116.
- Simon PW, Peterson CE, Lindsay RC (1980): Correlations between sensory and objective parameters of carrot flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28: 559–562.
- Simon PW, Rubatzky VE, Bassett M.J., Strandberg J.O., White J.M. (1997): B7262, Purple Carrot Inbred. *HortScience*, 32 (1): 146-147.
- Sinha N, Hui YH, Evranuz EÖ, Siddiq M, Ahmed J (2010): *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*. John Wiley & Sons, 788.
- Souci S, Fachmann W, Kraut H (2015): *Food Composition and Nutrition Tables*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 8. Auflage, Stuttgart, 1263.
- Spiller A, Staack, T, Zühlendorf, A (2004): Absatzwege für landwirtschaftliche Spezialitäten: Potenziale des Mehrkanalvertriebs. *Diskussionsbeitrag/Institut für Agrarökonomie der Universität Göttingen Vol. 0404*, 53.
- Steingröver E (1983): Storage of Osmotically Active Compounds in the Taproot of *Daucus carota* L. *Journal of Experimental Botany*, 34: 425–433.
- Suojala T (2000): Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*, 85: 1–19.
- Szymczak P, Gajewski M, Radzanowska J, Dąbrowska A (2007): Sensory Quality and Consumer Liking of Carrot Cultivars of Different Genotype. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 67 (1): 163-176.
- Ulrich D, Borschel K, Hoberg E, Quilitzsch R, Schütz W (2004): Vergleichende Qualitätsuntersuchungen von alten und neuen Gemüsesorten zur Entwicklung von Zuchtzielen für den ökologischen Gemüsebau. *Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)*, Bonn, 32.
- Unbekannt (2017): Nachhaltigkeit ist das neue Bio. *Gastro, das Fachmagazin*, 03/17: 15.
- Van het Hof KH, West CE, Weststrate JA, Hautvast JGAJ (2000): Dietary Factors That Affect the Bioavailability of Carotenoids. *The Journal of Nutrition*, 130 (3): 503–506.

Varming C, Jensen K, Møller S, Brockhoff PB, Christiansen T, Edelenbos M, Bjørn GK, Poll L (2004): Eating quality of raw carrots—correlations between flavour compounds, sensory profiling analysis and consumer liking test. *Food Quality and Preference*, 15: 531–540.

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.

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.

Wellinger R (2006): Bestimmung des optimalen Erntezeitpunktes bei Lagerkarotten. Abschlussbericht. Agroscope FAW Wädenswil, 37.

Wellinger R, Buser H, Krauss J, Theiler R (2006): Karotten: Anbau, Erntezeitpunkt und Lagerung. *AGRARForschung*, 13, 412–417.

Werner R, Auer I (2001): Klima von Vorarlberg – eine Anwendungsorientierte Klimatographie. Band 1, Amt der Vorarlberger Landesregierung, Bregenz, 1-25.

Wootton-Beard P, Moran A, Ryan L (2010): Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Food Research International* 44: 217-224.

Wrzodak A, Kapusta E, Szwejda-Grzybowska J, Woszczyk K (2012): Sensory quality of carrots from organic and conventional cultivation. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 77(1): 75–88.

Zhen-Guo Ma, Xiao-Ping Kong, Li-Jie Liu, Cheng-Gang Ou (2016): The unique origin of orange carrot cultivars in China. *Euphytica*. 212: 37–49.

Internetquellen:

AGES (2018): Nitrat und Nitrit in Lebensmitteln. <https://www.ages.at/themen/rueckstaende-kontaminanten/nitrat/> 22.05.2018

Amann M (2017): Wintergärtnern für alle! <http://www.ogv.at/xCMS5/WebObjects/nexus5.woa/wa/article?id=14292&rubricid=324&menuid=715> 06.08.2017

BIO AUSTRIA (2017): Wintergemüse. <https://www.bio-austria.at/wintergemuese/> 18.11.2017

EPPO Global Database (2011): *Xanthomonas hortorum* pv. *carotae*. <https://gd.eppo.int/taxon/XANTCR/categorization> 11.07.2018.

Grüner Bericht (2017): Versorgungsbilanz für Gemüse 2015/16 (in Tonnen). Hrsg Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. http://www.agrar-ekonomik.at/index.php?id=gruenerbericht2016&no_cache=1 15.02.2018

Kienreich F (2014): In der Vorarlberger Feriengemeinde haben Landwirte, Gastronome und Hoteliers das Netzwerk „vo:dô“ gegründet und versorgen Gäste mit heimischen Lebensmitteln. <https://www.lech-zuers.at/aktuelle-presse-meldungen/lech-zuers-isst-nachhaltig-regional> 22.10.2017

Internationaler Verband zum Schutz von Pflanzenzüchtung (UPOV) (2015): Möhre UPOV-Code: DAUCU_CAR *Daucus carota* L. <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg049.pdf> 14.03.2017

Standard Verlagsgesellschaft (2018): Bioanteil in der Gastronomie nur bei drei Prozent. <https://derstandard.at/2000082440965/Bioanteil-in-der-Gastronomie-nur-bei-drei-Prozent> 13.07.2018

Spectra Marktforschung (2017): Obst und Gemüse Konsum in Österreich. <https://www.spectra.at/aktuelles/details/obst-und-gemuese-konsum-in-oesterreich.html> 15.05.2018

VoGIS (Vorarlberger Geografisches Informationssystem (2018): https://vorarlberg.at/vorarlberg/bauen_wohnen/bauen/vermessung_geoinformation/neuigkeiten_mitbild_/quantumgis.htm 12.01.2018

Vorarlberger Nachrichten (2017): 90 Hauben für Vorarlberg. <https://www.vn.at/lokal/vorarlberg/2017/10/19/90-hauben-fuer-vorarlberg.vn> 12.05.2018

WKO (2016): AMA-Gastrosiegel - Regionplus - höchste Auszeichnung für gelebte Partnerschaft zwischen Gastronomen und Produzenten. <http://www.wkv-tourismus.at/de/ama-gastrosiegel-regionplus> 12.05.2018

WKO Vorarlberg (unbekannt): VORARLBERG ISST... REGIONAL. Aus heimischer Landwirtschaft direkt in unsere Gastronomie. <https://www.vorarlberg-isst.at/aktuell/regionalitaet>
12.05.2018

ZAMG (2017): Jahrbuch. <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>
12.07.2018

Mündliche Mitteilungen:

Depisch A (2018): Telefonische Mitteilung im September 2018, BIO AUSTRIA, Wien.

Vetter S (2017): Mitteilung zur Ernte von Bündelware am 15.07.2017.

Vetter S (2018): Interview zur Vermarktung von Karotten als Bündelware vom 19. 09. 2018 in Lustenau.

Wolfgang P (2017): Wintergemüse. Vortrag am 05.07.2017 in Hohenems.

11 Anhang

Sensorische Analyse von Karotten

Merkmal GERUCH

Bitte riechen Sie nun intensiv an der Probe und beantworten Sie die zwei folgenden Fragen:

Ich finde bei der vorliegenden Probe ist der typische Karottengeruch:

0	1	2	3	4	5
Nicht erkennbar	Erkennungs- schwelle				sehr stark erkennbar

Ich finde bei der vorliegenden Probe ist ein fremdartiger/untypischer Geruch für Karotten:

0	1	2	3	4	5
Nicht erkennbar	Erkennungs- schwelle				sehr stark erkennbar

Merkmal GESCHMACK

Bitte probieren Sie die vorliegende Probe nun. Kauen Sie bewusst und achten Sie gezielt auf den Geschmack der Probe. Geben Sie anschließend Ihre Einschätzung hinsichtlich des Geschmacks ab.

Ich finde bei dieser Probe ist ein süßer Geschmack:

0	1	2	3	4	5
Nicht erkennbar	Erkennungs- schwelle				sehr stark erkennbar

Ich finde bei dieser Probe ist ein bitterer Geschmack:

0	1	2	3	4	5
Nicht erkennbar	Erkennungs- schwelle				sehr stark erkennbar

Ich finde bei dieser Probe ist ein ungewöhnlicher Beigeschmack:

0	1	2	3	4	5
Nicht erkennbar	Erkennungs- schwelle				sehr stark erkennbar

Sonstige Bemerkungen/Auffälligkeiten zum Merkmal Geschmack:

Merkmal TEXTUR

Bitte beurteilen Sie die vorliegende Probe hinsichtlich der Knackigkeit der Karotte.

Wie laut ist das Geräusch beim Abbeißen und Kauen der Probe?

0	1	2	3	4	5
Kein Geräusch					sehr lautes Geräusch

Sonstige Bemerkungen/Auffälligkeiten zur Textur/Konsistenz:

Merkmal GESAMTEINDRUCK**Wie ist Ihr Gesamteindruck von der Probe?**

0	1	2	3	4	5
sehr schlecht					Sehr gut

Diese Probe würde ich ...

0	1	2	3	4	5
nicht wieder essen					sehr gerne wieder essen

Entspricht diese Probe Ihren Vorstellungen einer typischen Karotte nach ihrem Geschmack, Geruch und der Knackigkeit?

0	1	2	3	4	5
Gar nicht					sehr stark

Was fehlt dieser Probe, dass sie nicht „typisch“ ist?

Tabelle 17 Durchschnittliche Nitratgehalte in Abhängigkeit der Sorte und der Schutzmaßnahme

Sorte	Schutzmaßnahme	Stichprobengröße	Nitrat ganze Wurzel mg kg ⁻¹	Nitrat Laub mg kg ⁻¹
Mokum F1	Folie	n=4	482.1 ± 71.6 a	133.0 ± 73.5 a
	Vlies	n=4	535.2 ± 244.3 a	253.7 ± 190.5 a
	Kontrolle	n=4	565.6 ± 327.7 a	279.5 ± 212.9 a
Romance F1	Folie	n=4	182.4 ± 179.5 a	105.1 ± 37.1 a
	Vlies	n=4	94.2 ± 65.1 a	31.9 ± 24.5 a
	Kontrolle	n=4	114.1 ± 59.3 a	59.0 ± 30.8 a
Napoli F1	Folie	n=4	386.6 ± 147.2 a	75.0 ± 56.8 a
	Vlies	n=4	346.7 ± 207.0 a	123.5 ± 199.3 a
	Kontrolle	n=4	438.6 ± 129.4 a	175.0 ± 116.2 a
Total	Mokum F1	n=12	527.6 ± 219.7 a	222.1 ± 167.9 a
	Romance F1	n=12	130.3 ± 111.6 b	65.3 ± 42.4 a
	Napoli F1	n=12	390.6 ± 154.4 a	124.5 ± 131.2 ab

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test.

Tabelle 18 Gesamte Ergebnisse der sensorischen Analyse vom Dezember 2017

Eigenschaften	Mokum F1	Romance F1	Napoli F1	‘Marktware’ Vetterhof	‘Marktware’ Supermarkt
Stichprobengröße	n=33	n=34	n=35	n=34	n=33
Typischer Geruch	2.6 ± 1.8 a	2.8 ± 1.5 a	2.4 ± 1.7 a	3.3 ± 1.6 a	3.1 ± 1.7 a
Ungewöhnlicher Geruch	0.5 ± 1.2 a	0.7 ± 1.3 a	0.1 ± 0.4 a	0.4 ± 0.9 a	0.5 ± 1.1 a
Süßer Geschmack	3.0 ± 1.4 a	3.3 ± 1.1 a	3.1 ± 1.2 a	3.6 ± 1.2 a	3.1 ± 1.4 a
Bitterer Geschmack	1.1 ± 1.3 a	1.1 ± 1.3 a	0.9 ± 1.1 a	0.9 ± 1.0 a	1.1 ± 1.3 a
Beigeschmack	0.6 ± 0.9 a	0.6 ± 1.0 a	0.7 ± 1.1 a	0.4 ± 0.6 a	0.6 ± 0.9 a
Textur	2.9 ± 1.2 b	3.9 ± 1.0 a	3.7 ± 1.1 ab	3.9 ± 1.0 a	3.9 ± 0.9 a
Entspricht Vorstellung einer typischen Karotte	2.9 ± 1.3 b	3.2 ± 1.2 ab	3.2 ± 1.1 ab	3.9 ± 1.0 a	3.3 ± 1.2 ab
Konsumwiederholung	3.1 ± 1.3 a	3.4 ± 1.3 a	3.2 ± 1.4 a	3.9 ± 1.1 a	3.4 ± 1.3a
Gesamteindruck	2.9 ± 1.3 b	3.4 ± 0.9 ab	3.3 ± 1.0 ab	3.9 ± 1.0 a	3.4 ± 1.1 ab

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile bei $\alpha = 0.05$ nach dem Kruskal Wallis Test. Alle Eigenschaften wurden von 0 (kein, schlecht, nein) bis 5 (stark, sehr gut, ja) bewertet werden.

Tabelle 19 Ergebnisse der Laboranalyse der antioxidativen Wirkung im Sommer- Wintervergleich

Sorte und Anbaumethode	Stichprobengröße	Gesamtphenole mg L⁻¹	Karotinoide mg L⁻¹	Antioxidative Kapazität mmol Fe²⁺ L⁻¹
Mokum F1 Sommer	n = 8	1261.9 ± 141.3 a	3.7 ± 1.7 a	18.5 ± 3.2 a
Mokum F1 Winter	n = 8	1050.6 ± 121.9 b	2.7 ± 0.7 a	17.2 ± 3.1 a
Romance F1 Sommer	n = 8	1439.8 ± 264.3 a	3.5 ± 1.9 a	16.0 ± 3.1 a
Romance F1 Winter	n = 8	1084.1 ± 183.6 b	3.7 ± 0.2 a	18.1 ± 2.2 a
Napoli F1 Sommer	n = 8	1369.1 ± 167.0 a	3.0 ± 0.5 a	19.3 ± 1.5 a
Napoli F1 Winter	n = 8	1175.8.2 ± 88.1 b	3.5 ± 1.1 a	17.8 ± 3.2 a
Sommer Gesamt	n = 24	1356.9 ± 203.5 a	3.4 ± 1.5 a	17.9 ± 3.0 a
Winter Gesamt	n = 24	1103.5 ± 141.7 b	3.3 ± 0.9 a	17.7 ± 2.8 a

a, b... unterschiedliche Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte und einer Sorte bei $\alpha = 0.05$ nach dem Tukey B Test.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig 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.

(Clara Hämmerle)