



Abteilung Gartenbau
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien

Masterarbeit

Möglichkeiten der Ertrags und Qualitätssicherung bei alternativem Wintergemüse

gestellt von:

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

Wolfgang Palme, Dipl. Ing.

verfasst von:

Stefan Hampl

Wien, Juni 2016

Zusammenfassung:

Die vorliegende Masterarbeit setzt sich mit einem neuen landwirtschaftlichen Konzept, dem Wintergemüseanbau, auseinander. Konkret werden die vier Kulturen *Cichorium endivia* var. *latifolium* (‘Nuance’, ‘Stratego’), *Daucus carota* L. (‘Eskimo F1’, ‘Merida F1’), *Lactuca sativa* var. *crispa* (‘Multibaby’, ‘Ordino’, ‘Redmar’, ‘Multileaf Redflash’, ‘Diablotin’, ‘Poneloya’, ‘Oaking’ ‘Greenet’) und *Petroselinum crispum* (‘Laica’) auf ihre Wintertauglichkeit getestet und auf praxisrelevante sowie wissenschaftliche Fragestellungen untersucht. Bezogen auf die Ertragslagen unterscheiden sich Endivien, Petersilie und Karotten vom ersten Erntetermin am 2.12.2015 im Vergleich zu Erträgen aus Sommer- und Herbstanbau kaum. Der Schnittsalatversuch untermauert jedoch die Unsicherheiten der Winterproduktion und verdeutlicht die Notwendigkeit von angepassten Anbauzeitpunkten und Kulturmanagement. Die durchgeführten Laboranalysen zu Vitamin C Gehalten, antioxidativen Komponenten, Gesamtzuckern, Phenolen, Karotinoiden, Chlorophyllen und Trockenmassen zeigen, dass hier die Kulturen *Lactuca sativa* var. *crispa*, im speziellen die roten Sorten und *Petroselinum crispum* im Vergleich besonders gut abschneiden.

Abstract:

The present study deals with a new agricultural cropping system – the winter production. It is a commonly unknown and therefore widely unused method of growing vegetables over the winter period. This study focuses on four cultures - *Cichorium endivia* var. *latifolium* (‘Nuance’, ‘Stratego’), *Daucus carota* L. (‘Eskimo F1’, ‘Merida F1’), and *Lactuca sativa* var. *crispa* (‘Multibaby’, ‘Ordino’, ‘Redmar’, ‘Multileaf Redflash’, ‘Diablotin’, ‘Poneloya’, ‘Oaking’ ‘Greenet’) and *Petroselinum crispum* (‘Laica’) and tests their suitability for the winter production. The two main objectives focus on yield and quality attributes respectively the inner quality attributes – Vitamin C content, antioxidant agents, phenolic compounds, carotenoids, soluble sugars, chlorophylls and dry matter. The results show that cultivars of endive, carrots and parsley harvested on December 2, 2015 produce yields to adequate qualities similar to those from earlier cropping seasons. Regarding the secondary metabolites, *Lactuca sativa* var. *crispa*, especially the red cultivars and *Petroselinum crispum* showed significantly higher concentrations.

Danksagung

In erster Linie möchte ich mich hiermit für die Unterstützung meiner Familie und Partnerin aufrichtig bedanken. Besonderer Dank gilt meiner Mutter, die mich über all die Jahre stets begleitet, ermutigt, wo es nur ging unterstützt hat und mir so eine akademische Laufbahn ermöglichte.

Weiters möchte ich mich bei meinem Betreuerteam Frau Professor Doktor Anna Keutgen, Herrn Diplom Ingenieur Wolfgang Palme und Herrn Ingenieur Johann Kupfer bedanken. Sie alle standen mir mit Rat und Tat zur Seite und haben somit einen wesentlichen Anteil am Gelingen dieser Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Konzept Wintergemüseanbau.....	2
3 Stressformen im Wintergemüseanbau und deren Auswirkungen auf den pflanzlichen Stoffwechsel	6
3.1 Kältestress.....	7
3.2 Froststress	9
4 Ausgewählte primäre und sekundäre Stoffwechselprodukte im Wintergemüse	11
4.1 Antioxidative Komponenten	11
4.2 Ernährungsphysiologische Bedeutung.....	16
5 Forschungshypothesen	19
6 Material und Methoden	20
6.1 Standortbeschreibung	21
6.2 Versuchsanlage	24
6.3 Laboranalysen.....	34
7 Ergebnisse der Feldversuche und Laboranalysen.....	38
7.1 Ergebnisse der Feldversuche von <i>Cichorium endivia</i> var. <i>latifolium</i>	38
7.2 Ergebnisse der Laboranalysen von <i>Cichorium endivia</i> var. <i>latifolium</i>	40
7.3 Ergebnisse der Feldversuche von <i>Daucus carota</i> L.	48
7.4 Ergebnisse der Laboruntersuchungen von <i>Daucus carota</i> L.	51
7.5 Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Schnittsalate.....	55
7.6 Ergebnisse der Untersuchungen von <i>Petroselinum crispum</i>	62
7.7 Vergleiche der untersuchten Inhaltsstoffe zwischen den Wintergemüsesorten	64
8 Diskussion der Winterproduktion.....	67
8.1 Diskussion der Feldversuche	71
8.1.1 <i>Cichorium endivia</i> var. <i>latifolium</i>	71
8.1.2 <i>Daucus carota</i> L.	72
8.1.3 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>	75
8.1.4 <i>Petroselinum crispum</i>	76
8.2 Diskussion der Laboruntersuchungen	78
8.2.1 <i>Cichorium endivia</i> var. <i>latifolium</i>	80
8.2.2 <i>Daucus carota</i> L.	81
8.2.3 <i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i>	82

8.2.4 <i>Petroselinum crispum</i>	83
8.3 Diskussion Marktchancen	84
9 Zusammenfassung und Ausblick.....	86
10 Literaturverzeichnis	87
11 Eidesstattliche Erklärung.....	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Überblick zu den geeigneten Gemüsesorten für den geschützten Winteranbau (verändert nach Palme, 2015)	5
Tabelle 2 Klassifizierung der phenolischen Verbindungen (verändert nach Andres-Lacueva et al., 2010).....	13
Tabelle 3 Datensammlung der Niederschläge und Temperaturwerte der Anbaumonate 2015/2016 (HBLFA für Gartenbau Schönbrunn, 2016).....	22
Tabelle 4 Versuchssortiment der am Zinsenhof angebauten Wintergemüse aus der Saison 2015/2016 (verändert nach Kupfer, 2015)	25
Tabelle 5 Sortenbeschreibungen grünen Schnittsalatsorten (Enza Zaden, 2015; Hildsamen, 2015)	30
Tabelle 6 Sortenbeschreibungen der roten Schnittsalatsorten (Enza Zaden, 2015; Hildsamen, 2015).....	30
Tabelle 7 Anbaudaten der für den Winterversuch vorgesehenen Salatsorten (verändert nach Kupfer, 2015)	31
Tabelle 8 Weitere Winterkulturen der Versuche aus 2015/2016	33
Tabelle 9 Ertragslagen der Endiviensorten 'Stratego' und 'Nuance' vom 2.12.2015 (Signifikanz nach dem t – Test bei $p \geq 0,05$)	38
Tabelle 10 Anteilsdurchmesser der Standardversuche und der Bleichversuche vom 2.12.2015 inklusive der Ergebnisse der Tukey Tests mit $p \geq 0,05$, wo gilt a signifikant höher und b signifikant kleiner (in der Tabelle von links nach rechts)	39
Tabelle 11 Ergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der Laboruntersuchungen der Endiviensorten 'Stratego' und 'Nuance' [Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$]	41
Tabelle 12 Ergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der weiteren Laboruntersuchungen der Endiviensorten 'Stratego' und 'Nuance' [Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$]	43
Tabelle 14 Weitere Laborergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der Endivien aus dem Bleichversuch [Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$].....	45
Tabelle 15 Ertragsdaten der Laub- und Wurzelmasse der einzelnen Karottensorten (Signifikanz nach dem t -Test bei $p \geq 0,05$)	49
Tabelle 16 Ergebnisse der Karottenernte vom 9.3.2016, angegeben pro Parzelle (1*4m) und	50

Tabelle 17 Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Karottensorten `Eskimo F1` und `Merida F1` bei einem Signifikanzniveau des Tukey-Tests von $p \geq 0,05$ (*deutliche Ausreißer nach oben nicht einberechnet)	52
Tabelle 18 Weiter Laborergebnisse beider Karottensorten im Vergleich	53
Tabelle 19 Untersuchungsergebnisse der Schnittsalatgruppen im Vergleich mit bei einem Signifikanzniveau des Tukey-Tests von $p \geq 0,05$	58
Tabelle 20 Weitere Untersuchungsergebnisse der Schnittsalatsorten inklusive Vergleich der Schnittsalatgruppen mit Signifikanzniveau des Tukey-Tests von $p \geq 0,05$	59
Tabelle 21 Ergebnisse beider Petersilienversuche vom 2.12.2015	62
Tabelle 22 Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Petersilie (* ungewöhnlich hoher Wert)	63
Tabelle 23 Ergebnisse der weiteren Laboruntersuchungen der Petersilie	63
Tabelle 24 Ertragsdaten der Winterkarotten der Versuchsanlage Wies (verändert nach Betz et al., 2015).....	74
Tabelle 25 Erträge, Schnitttermin von Spinat, Asiasalaten und Schnittsalaten (verändert nach Becker und Sauer, 2014)	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Temperaturverteilung der Jahre 2014/2015 im Vergleich (HBLFA für Gartenbau Schönbrunn, 2016)	23
Abbildung 2 Anbauplan des Endivienversuchs (verändert nach Kupfer, 2015)	27
Abbildung 3 Geputzte Exemplare der Sorte 'Nuance' ohne (A) und mit (B) Bleichhilfe (Eigene Aufnahme, 2015).....	28
Abbildung 4 Pflückanteile der Endiviensorte `Nuance` ohne (A) und mit (B) Bleichhilfe (Eigene Aufnahme, 2015).....	28
Abbildung 5 Bestandszustand der Salatsorte `Grazer Krauthäuptel 2` am 21.10.2015 (Eigene Aufnahme, 2015).....	32
Abbildung 6 Bestandszustand der Salatsorte `LS 14616` am 21.10.2015 (Eigene Aufnahme, 2015)	32
Abbildung 7 Liste der im Labor untersuchten Inhaltsstoffe.....	34
Abbildung 8 Vitamin C Gehalte der Endiviensorten ohne Bleichversuch.....	41
Abbildung 9 Trockensubstanzgehalte im Vergleich	42
Abbildung 10 Gesamtphenol und Karotinoidgehalte der verschiedenen Endiviensorten und Versuche	46
Abbildung 11 Gesamtchlorophyllgehalte der verschiedenen Endiviensorten und Versuche.....	46
Abbildung 12 Gesamtzuckergehalte aller Sorten und Anbauversuche	47
Abbildung 13 Antioxidative Kapazitäten aller Endivienversuche und Sorten.....	47
Abbildung 14 Exemplarisches Schadbild der Karottensorte `Merida verursacht u.a. durch Möhrenfliege - <i>Chamaepsila rosae</i> (Keutgen und Keutgen, 2015)	50
Abbildung 15 Vitamin C Gehalte beider Karottensorten an den jeweiligen Ernteterminen 2.12.2015 und 9.3.2016	52
Abbildung 16 Trockensubstanz der Karottensorten der Erntetermine 2.12.2015 und 9.3.2016	53
Abbildung 17 Gesamtphenolgehalte und gesamte antioxidative Kapazität der Karottensorten der Erntetermine 2.12.2015 und 9.3.2016	54

Abbildung 18 Gesamtchlorophyll und Karotinoidgehalte der Karottensorten der Erntetermine 2.12.2015 und 9.3.2016	54
Abbildung 19 Vergleich der Zuckergehalte beider Sorten und Anbauermine	55
Abbildung 20 Bestandszustand der grünen Schnittsalatsorte `Ordino´ (Eigene Aufnahme, 2015)	56
Abbildung 21 Zustand der Sorte `Ordino´ (Eigene Aufnahme, 2015)	56
Abbildung 22 Vitamin C Gehalte der beiden Schnittsalatgruppen	60
Abbildung 23 Trockensubstanz der grünen und roten Schnittsalate	60
Abbildung 24 Gesamtphenolgehalte und gesamte antioxidative Kapazität der Schnittsalatgruppen im Vergleich	61
Abbildung 25 Karotinoid und Gesamtchlorophyllgehalte der Schnittsalate	61
Abbildung 26 Vergleich der Gesamtzuckergehalte der Schnittsalatgruppen	61
Abbildung 27 Vergleich der Gesamtzuckergehalte der Wintergemüse	64
Abbildung 28 Antioxidative Kapazitäten der Wintergemüsesorten	65
Abbildung 29 Karotinoidgehalte der verschiedenen Anbauformen und Kulturen	65
Abbildung 30 Gesamtphenolgehalte der Wintergemüsesorten im Vergleich	66
Abbildung 31 Chlorophyllgehalte der Wintergemüse	66

1 Einleitung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit einem neuen Konzept zum nachhaltigen und ressourcenschonenden Anbau von Gemüse in bisher ungenutzten Ernte- und Anbauperioden. Der geschützte Wintergemüseanbau stellt eine Erweiterung des praxisüblichen Produktionszeitraums dar und eröffnet heimischen Produzenten neue Perspektiven (Kupfer und Palme, 2016; Betz et al., 2015). Zur Erforschung der Winterproduktion wurde im Jahr 2014 das Kooperationsprojekt unter dem Titel „Winterernte: Saisonaler, Energie-extensiver und innovativer Gemüseanbau“ ins Leben gerufen. Es handelt sich um ein auf staatliche als auch private Betriebe aufgeteiltes Gemeinschaftsprojekt. Im Rahmen dieser Masterarbeit findet eine Zusammenarbeit von der Universität für Bodenkultur Wien mit der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau Schönbrunn (HBLFA) und deren Versuchsanlage, dem Zinsenhof, statt. Hier sind die von dieser Arbeit untersuchten Winterversuche angelegt. Die gewonnenen Daten der bisherigen Winterversuche fließen in die Versuchsplanung der Wintersaison 2015/2016 ein und dienen als Grundlage zur Satzstaffelung, Bewässerungsführung und Kulturauswahl. Daraus ergibt sich der in den späteren Kapiteln näher beschriebene Kulturplan, welcher verschiedene Sorten von Blatt-, Wurzel- und Knollengemüse umfasst. Diese Masterarbeit untersucht die folgenden Kulturen hinsichtlich ihrer Eignung als Wintergemüse:

1. *Cichorium endivia* var. *latifolium* – Sorten `Nuance´ und `Stratego´
2. *Daucus carota* L. – Sorten `Eskimo F1´ und `Merida F1´
3. *Lactuca sativa* var. *crispa* – Sorten `Multibaby´, `Ordino´, `Redmar´, `Multileaf Redflash´, `Diablotin´, `Poneloya´, `Oaking´ und `Greenet´
4. *Petroselinum crispum* – Sorte `Laica´

Die behandelten Kulturen werden in Bezug auf praxisbezogene Fragestellungen getestet und im Labor zur Analyse der inneren Qualitätsmerkmale untersucht. Der erste Schwerpunkt der Masterarbeit befasst sich mit der feldbezogenen Datenerfassung der einzelnen Gemüsearten und umfasst Angaben zu Anbauzeitpunkt, Bestandsentwicklung, Kulturmaßnahmen, Schadbilder, Ausfällen und Erträgen. Zusammenfassend wird jede einzelne Kultur in Bezug auf ihre Eignung als Wintergemüse und ihre potentiellen Vermarktungsmöglichkeiten beurteilt.

Der zweite Schwerpunkt liegt auf der analytischen Betrachtung der qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe. Untersuchungsgebiete sind neben der Trockensubstanz und den löslichen Zuckergehalten, die Gehalte von Karotinoiden, Anthocyanen, Chlorophyllen und phenolischen Verbindungen sowie die gesamte antioxidative Kapazität.

2 Konzept Wintergemüseanbau

Das Thema Wintergemüseanbau ist in der heimischen Landwirtschaft und in Ländern mit vergleichbaren klimatischen und geographischen Voraussetzungen wie Österreich weitestgehend unbekannt. Folglich gibt es zurzeit kein vergleichbares Kooperationsprojekt zur Winterproduktion und nur sehr wenige Landwirte bauen über die Wintermonate Gemüse an (Kupfer und Palme, 2016). Entscheidende Hindernisse sind der verbreitete Denkansatz, dass der Winter aufgrund der ungünstigen klimatischen Gegebenheiten nicht zum Gemüseanbau genutzt werden kann und die Risiken der Winterproduktion. Ein Blick in alte gartenbauliche Literatur des 19. Jahrhunderts zeigt, dass der Gemüseanbau in klimatisch benachteiligten Perioden bereits früher praktiziert wurde und folglich bis heute viel an praktischem Wissen verloren ging (Coleman, 2014).

Da es bisher keine einheitliche Definition des Begriffs „Wintergemüseanbau“ gibt, wird im folgenden Abschnitt versucht, eine allgemeingültige Erläuterung des Fachbegriffs abzugeben. Des Weiteren werden die Prinzipien hinter den bisher zu dem Thema umgesetzten Projekten und vorgestellt.

Der extensive Wintergemüseanbau stellt eine Erweiterung der gemüsebaulichen Anbauperiode dar und produziert ohne den Einsatz von zusätzlicher Belichtung und Heizung. Der für den Winteranbau relevante Zeitraum orientiert sich nicht an kalendarischen Eckdaten, die die Winterperiode an einen fixen Rahmen binden, sondern an den geographisch und klimatisch bedingten Gegebenheiten des jeweiligen Standorts. Die ausschlaggebenden Kriterien, unter welchen man von Winteranbau sprechen kann, sind die für das Pflanzenwachstum essentiellen

Faktoren - Tageslänge und Temperaturniveau. Sinken diese unter ein bestimmtes Niveau - die Tageslänge unter zehn Stunden pro Tag und die Temperaturwerten je nach Pflanzenart unter 15 °C beziehungsweise unter 0 °C - stellt sich der Pflanzenorganismus auf eine natürliche Ruhephase ein und reagiert mit einem Wachstumsstopp oder mit zumindest stark verlangsamten Zuwachsraten (Coleman, 2014; Sanghera et al., 2011). Trotzdem kann dieser Zeitraum auf ressourcenschonende Weise zum Anbau verschiedenster kältetoleranter und vor allem frosttoleranter Gemüsesorten genutzt werden. Als Voraussetzung müssen die Kulturen gegen äußere Stressfaktoren durch Folien/Glashäuser zumindest temporär geschützt sein. Unter diesen Bedingungen ergeben sich abhängig vom Standort, der angebauten Kultur sowie der Satzstaffelung unterschiedliche Erntephasen zwischen November und März (Kupfer und Palme, 2016; Coleman, 2014).

Hinter dem Konzept, über die Winterperiode auf biologische Weise Gemüse anzubauen, steht der Grundgedanke, die regionale, kleinstrukturierte Landwirtschaft zu stärken und den heimischen Markt gegenüber Importen unabhängiger zu machen, da sich der österreichische Gemüsesektor über die letzten Jahre, bedingt durch wirtschaftliche und produktionstechnische Herausforderungen, als volatil gekennzeichnet hat. Gesamtgesellschaftliche Problemstellungen wie die Wirtschaftskrise oder die durch Medien übertrieben dargestellten Lebensmittelskandale beeinträchtigen die heimische Marktsituation. Hinzu kommen immer häufiger auftretende Wetterextreme, die eine sichere und prognostizierbare Produktion erschweren. Für Gemüseproduzenten und Vermarkter gilt es, ständig neue Märkte zu erschließen, neue Produkte den aktuellen Konsumententrends anzupassen und gleichzeitig mit den unvorhersehbaren Bedingungen der (Freiland)Produktion zurechtzukommen (Jaborek, 2016; Betz et al., 2015; Coleman, 2014).

Deshalb setzt sich die Kooperative als Ziel, die landwirtschaftlichen Praktiken weiterzuentwickeln und durch den Aspekt des Winteranbaus die jahreszeitlich bedingten Produktions- und Einkommenslücken landwirtschaftlicher Betriebe zu puffern. Diese bisher ungenützte Periode soll als produktiver Zeitraum genutzt werden und nicht wie bisher als verlorene Produktionsphase oder als Restelager der vergangenen Sommer und Herbstproduktion angesehen werden. Der Wintergemüseanbau als Betriebskonzept eignet sich für biologische,

konventionelle sowie für klein bis großstrukturierte landwirtschaftliche Betriebe. Die bisherigen Winterversuche fanden auf biologisch bewirtschafteten, kleinen bis mittelgroßen Betrieben statt. Die angebauten Kulturen sind wie auch die von dieser Arbeit untersuchten Gemüsearten, für eine spätere Direktvermarktung ausgerichtet (Kupfer und Palme, 2016; Betz et al., 2015).

Um die heimischen Produktionsmöglichkeiten und die Risiken abzuklären, wurde im Laufe des ersten Versuchsjahres des Wintergemüseprojekts ein breites Screening der potentiellen Winterkulturen durchgeführt. Das Hauptaugenmerk lag auf der Sichtung von winterfesten Sorten, Untersuchungen zur Kulturführung und der Aufzeichnung der auftretenden Krankheitsbilder und Schädlinge (Betz et al., 2015). Hierfür wird der extensive Anbau einer Vielzahl verschiedener Gemüsearten im realen Erwerbsanbau getestet. Als Ergebnis soll einerseits der Landwirt ein Leitkonzept zum Anbau verschiedener Winterkulturen erhalten, um so sein Sortiment inklusive Kundenstamm erweitern und zusätzliches Einkommen generieren zu können. Andererseits sollen Konsumenten neue Angebote erhalten, die ihnen ein frisches, regionales und hochwertiges Produkt anbieten, dass es in dieser Jahreszeit bisher nur aus ausländischer Produktion gibt (Kupfer und Palme, 2016; Betz et al., 2015; Coleman, 2014).

Der Wintergemüseanbau versucht, den augenscheinlich schwierigen Produktionsbedingungen durch angepasstes Kulturmanagement bestmöglich entgegenzuwirken. Negative Einflüsse wie reduzierte Einstrahlungswerte, niedrige Temperaturen, Pflanzenkrankheiten und weitere Stressfaktoren, die in Kapitel 3 näher beschrieben werden, können durch richtige Pflanztermine, geschützte Kulturführung und passende Sortenwahl weitestgehend abgewendet werden. Unter den richtigen Voraussetzungen ist somit eine ganzjährige Frischgemüseproduktion verschiedenster Gemüsearten möglich (Kupfer und Palme, 2015; Dowding, 2011). Die Bandbreiten der bereits praxiserprobten Wintergemüsearten soll anhand der in Tabelle 1 überblicksartig aufgelisteten Kulturarten veranschaulicht werden.

Tab. 1 Überblick zu den geeigneten Gemüsesorten für den geschützten Winteranbau (verändert nach Palme, 2015)

Gemüseart/- sorte	Lateinischer Name	Anbaumonat(e)	Feldverpflanzung	Erntemonat(e)
Asiasalate	<i>Brassica rapa</i> <i>Variationen</i>	Mitte IX		Ende X bis Anfang III
Brokkoli	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	Ende VII	Ende VIII	XII
Kerbel	<i>Anthriscus cerefolium</i>	Ende VIII		XI bis III
Kohlrabi	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gongylodes</i>	Anfang VIII bis Anfang IX	Anfang IX bis Anfang X	XII bis II
Mangold	<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>Vulgaris</i>	Mitte VII	Mitte VIII	IX-III
Petersilie	<i>Petroselinum crispum</i>	Anfang VIII		X bis IV
Radieschen , Rettich	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>sativus</i>	Mitte IX bis Mitte X		Ende XI bis II
Rucola	<i>Eruca sativa</i>	Mitte IX		Ende X bis Anfang III
Salate (divers)	<i>Lactuca sativa</i>	Ende VIII bis Mitte Oktober	Anfang IX bis Ende XI	XI bis III
Schnittsellerie	<i>Apium graveolens</i> var. <i>secalinum</i>	Ende VIII		XI bis III
Winterportulak	<i>Claytonia perfoliata</i>	Mitte VIII bis Ende IX		XI bis II

3 Stressformen im Wintergemüseanbau und deren Auswirkungen auf den pflanzlichen Stoffwechsel

Der Winteranbau konfrontiert gemüsebauliche Kulturen mit wesentlichen abiotischen Stressfaktoren. Durch die geographische Lage von Österreich (zwischen 10 - 17 ° östliche Länge und 46 - 49 ° nördliche Breite) und dem damit verbundenen Sonnenzyklus werden die angebauten Winterkulturen mit reduzierten Tageslängen und Frostereignissen konfrontiert. Global betrachtet herrschen auf rund einem Drittel der Erdoberfläche Jahresminimumtemperaturen von über 5 °C. Auf ungefähr zwei Dritteln der gesamten Landmasse treten Frostereignisse auf. Somit sind niedrige Temperaturen in Kombination mit verringerten Einstrahlungswerten wesentliche begrenzende Faktoren in Bezug auf die geographische Verbreitung von Kulturpflanzen und deren Anbaumöglichkeiten (Coleman, 2014; Königshofer, 2013; ZAMG, 2000; Nilsen und Orcutt, 1996). Diese limitierenden Einflüsse prägen den Winteranbau. Sie fordern eine Adaption der pflanzlichen Stoffwechselwege und beeinflussen die Produktion von Primär- und Sekundärmetaboliten (Larcher, 2003; Davies, 1995). Die folgenden Abschnitte behandeln die physiologischen (Anpassungs)Mechanismen unter den auftretenden Stressformen, sowie deren Auswirkungen auf die Synthese der später im Labor untersuchten Inhaltsstoffe.

Pflanzen als standortgebundene und poikilotherme Organismen sind den vorherrschenden Umweltbedingungen ausgesetzt. Da sie ihre Körpertemperatur nicht aktiv steuern können, verfügen sie über evolutionär bedingte Anpassungsmechanismen. In Bezug auf den Faktor Temperatur unterscheidet man zwischen Kältestress, der bei empfindlichen Pflanzen bei Temperaturen unter 16 °C und bei kältetoleranten in einem Temperaturbereich zwischen null und sechs Grad Celsius auftritt, und der für diese Arbeit wichtigste Form dem Froststress bei Temperaturen ≤ 0 °C. Die angebauten Winterkulturen, die evolutionär bedingt zu den frosttoleranten Pflanzen zählen, durchlaufen im Zuge der Frostakklimatisierung Anpassungsmechanismen an kalte Temperaturen als Vorbereitung für spätere Frostereignisse. Deshalb werden die Mechanismen beider Stressformen und deren physiologische Vorgänge in den nächsten Abschnitten diskutiert, auch wenn die typischen Schäden von Kältestress wie beispielsweise die Desintegration von Zellmembranen für die untersuchten Kulturen von geringer Bedeutung sind (Janska et al., 2009; Chinnusamy et al., 2006; Nilsen und Orcutt, 1996).

3.1 Kältestress

Die Folgewirkungen von niedrigen Temperaturen führen zu einer generellen Verlangsamung des pflanzlichen Metabolismus, da der Energiebedarf zur Aktivierung biochemischer Prozesse außerhalb des optimalen Spektrums zunimmt. Temperaturabnahme in Kombination mit geringer Lichteinstrahlung führt zu einer Umstellung des Pflanzenstoffwechsels und zu mehr Konkurrenz um vorhandene Ressourcen zwischen den einzelnen Syntheseprozessen. Beispielsweise limitiert die Synthese von Saccharose die potentielle Photosyntheserate, da durch die verringerte Rückführung von P_i zum Chloroplast die Rate, mit welcher das für die Generation von RuBisCO im Calvin Zyklus nötige ATP (Adenosin Tri-Phosphat) gebildet werden kann, abnimmt (Königshofer, 2013; Sanghera et al., 2011; Yadav, 2009; Davies, 1995).

Durch die Folgen von sinkenden Photosynthese- und Respirationsraten werden zusätzlich die Synthese von Proteinen und diverse Enzymaktivitäten gehemmt. Auch andere Stoffwechselprozesse wie die Photorespiration oder die Aktivität des Photosystem II werden beeinträchtigt. Der Lichtsättigungspunkt wird aufgrund der verringerten Aktivität des Photosystem II erniedrigt. Dort wird die absorbierte Lichtenergie verstärkt in Wärme umgewandelt und der Photoelektronentransport nimmt ab. Dieser Prozess wird an strahlungsreichen Wintertagen verstärkt. Die überschüssigen, energetisch angeregten Elektronen fördern die Bildung von reaktiven Sauerstoff-Spezies – kurz ROS - und verursachen oxidativen Stress. Es folgen einige Vertreter von oxidativen Spezies und deren potentielle Folgeschäden. Hydroxyl-Radikale können Proteine denaturieren und reagieren mit Basen des DNA Stranges, was (letale) Mutationen zur Folge hat. Die durch Lipidperoxidation geformten Aldehyde bewirken die Inaktivierung von Proteinen. Wasserstoffperoxide beeinträchtigen die Aktivität von lichtaktivierten Enzymen im Calvin-Zyklus. Diese Prozesse bedingen Anpassungsmechanismen des Pflanzenstoffwechsels und aktivieren das überlebenswichtige antioxidative System, dessen Komponenten in Kapitel 4 genauer behandelt werden (Sanghera et al., 2011; Janska et al., 2009; Nilsen und Orcutt, 1996).

Kältestress wird über die Verhärtung der Plasmamembrane wahrgenommen. Im Cytosol kommt es zu einem Anstieg der Kalziumkonzentration, die als sekundärer Messenger für den mehrstufigen Signaltransport, der über verschiedene Leitungen stattfindet, von Bedeutung ist. Neben Kalzium sind ROS und verschiedene Enzyme wie Proteinkinase oder Proteinphosphatase in den Signaltransport involviert (Yadav, 2009; Chinnusamy et al., 2006). Die genaue Rolle von Pflanzenhormonen wie Auxin, Salicylsäure, Ethylen und Abscisinsäure, wird laufend diskutiert, wobei angenommen wird, dass diese ebenfalls zum Signaltransport beitragen. Versuche mit *Arabidopsis* – Mutanten, denen das Enzym Abscisinalehydroxidase fehlt zeigen signifikant niedrigere Ausbildungsraten von stressinduzierten Genen (Rahman, 2012; Chinnusamy et al., 2006).

Am Ende der Signalkette steht die Aktivierung verschiedener Gene, die zur Akklimatisierung beitragen. Diese Prozesse verändern das pflanzliche Transkriptom. Der Wirkungsbereich der ausgebildeten kälteregulierten Gene (kurz COR) umfasst die Synthese von Osmolyten, die die Entgiftung von ROS durch die Akkumulierung antioxidativer Stoffe gewährleisten, den Signaltransport zur Bildung weiterer Transkriptionsfaktoren darstellen und eine Rolle im Metabolismus von Phosphoinositiden und Hormonen spielen. Weitere wichtige Schritte zur Akklimatisierung sind die Bildung von mRNA bildenden Proteinen, antifrost Proteinen, Aquaporinen, Prolin sowie Transportproteinen für Zucker. Die Hauptaufgabe der gebildeten Stoffe ist der Schutz der Zellmembranen, die ohne diese Mechanismen in kälteempfindlichen Pflanzen ihre Stabilität verlieren, was in weitere Folge den unkontrollierten Austritt von Wasser und letztendlich den Pflanztod bewirkt (Sanghera et al., 2011; Chinnusamy et al., 2006).

In Bezug auf die im Labor analysierten Parameter sind vor allem die Anreicherung von osmotisch aktiven Substanzen in Form von löslichen Zuckern und die Bildung von antioxidativen Agenten interessant (Königshofer, 2013; Yadav, 2009).

3.2 Froststress

Frost kann aufgrund unterschiedlicher Wetterlagen auftreten. Durch vorherrschende Luftströmungen aus der Nordwestpassage kommt vorwiegend in der Winterperiode sehr kalte Luft mit Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt in unsere Breiten. Auf der anderen Seite kann Frost in klaren Nächten durch hohe Rückstrahlung des Bodens auftreten (Nilsen und Orcutt, 1996).

Die längerfristige Einwirkung von Temperaturen unter dem Gefrierpunkt führt bei Kälte und bei frosttoleranten Pflanzen zu Schäden, die je nach Entwicklungsstadium die Reproduktion negativ beeinflussen, letal sind oder zumindest die Qualität beeinträchtigen. Die genauen Auswirkungen von Frost auf den Pflanzenorganismus werden von mehreren Faktoren beeinflusst. Ob Schäden eintreten oder die Pflanze tolerant ist, hängt u.a. von der Geschwindigkeit des Frost und Tauprozesses, dem Nährstoffvorrat, der Bodentemperatur/Feuchtigkeit und dem betroffenen Pflanzengewebe ab. Die Geschwindigkeit der Frostbildung und des Tauens beeinflusst das mögliche Ausmaß an verursachten Schäden des Pflanzengewebes, wobei gilt umso schneller, umso schädlicher. Rapides Gefrieren beziehungsweise Auftauen kann durch unterschiedlich schnell schrumpfende bzw. expandierende Membranen zur Abtrennung der Zellwände führen und Gewebeschäden verursachen. Hier spielt die Durchlässigkeit, Stabilität und Rückformung der Membranen und Zellwände eine entscheidende Rolle. Zellwände und Membranen mit kleineren Poren geben langsamer Wasser ab und wirken so einem raschen Gefrierprozess entgegen (Königshofer, 2013; Yadav, 2009; Nilsen und Orcutt, 1996).

Der Grad der Frosttoleranz hängt auch von der Dauer der Akklimatisierung, der Jahreszeit und dem Entwicklungsstadium der jeweiligen Kultur ab. Voraussetzung für den Anpassungsprozess sind mehrtägige bis mehrwöchige Temperaturperioden um die 2 – 5 °C in Kombination mit der Reduktion der Tageslänge. Diese Prozesse werden durch die veränderte Photoperiode in Kombination mit den fallenden Temperaturen induziert und bewirken die Expression der im vorherigen Abschnitt beschriebenen kältereulierten Gene (Königshofer, 2013; Sanghera et al., 2011; Nilsen und Orcutt, 1996).

Der Temperaturabfall unter null Grad Celsius bewirkt das Gefrieren der wässrigen Phase im Apoplast, da hier die Konzentration an gelösten Stoffen gering ist. Voraussetzung zur Eisbildung ist die Präsenz von Kristallisationskernen, bei denen man heterogene und homogene unterscheidet. Staub, Bakterien, Pilze und Eis selbst zählen zur heterogenen Gruppe, die hauptverantwortlich für die Eisbildung in Pflanzen ist, und finden sich vorwiegend im Apoplast oder an äußeren Pflanzengewebe. Homogene Kerne stehen in Verbindung mit der Temperatur, bei der reines Wasser gefriert. Abhängig von der Pflanzenart kann das Gefrieren des Apoplastes bis zu einem Temperaturbereich zwischen -2 °C bis -25 °C verhindert werden (Yadav, 2009).

Die entstehenden Eiskristalle führen zu diesem Zeitpunkt zu keinen Schäden, da der Protoplast davon noch nicht betroffen ist. Intrazelluläre Eisbildung wäre auch für die meisten frosttoleranten Pflanzen letal. Beginnt der apoplastische Raum zu gefrieren, so verlagert sich das Wasser entlang eines Dampfdruckgradienten und wird dem Cytoplasma entzogen. Dies geschieht bis zu einem gewissen Verhältnis zwischen der flüssigen Phase des Cytoplasmas und der festen Phase des Apoplastes - dem Frost Equilibrium. Zusätzlich kommt es zur Synthese und Einlagerung von löslichen Zuckern, Lipiden, Aminosäuren, phenolischen Verbindungen und anderen osmotisch aktiven Stoffen. Die angereicherten Osmolyte wie Saccharose oder Prolin unterstützen die Stabilisierung von Membranen, Enzymen und anderen zellulären Komponenten, beugen so weiterer Dehydrierung vor und erniedrigen den Gefrierpunkt der Flüssigkeit im Cytoplasma. Die Fähigkeit zur Unterkühlbarkeit der intrazellulären Flüssigkeit ist ein wesentlicher Mechanismus gegen Froststress. Eine weitere Folgewirkung von kälteregulierten Genen ist die Bildung spezifischer Proteine, die oligomere Komplexe formen, welche sich an die gebildeten Eiskristalle anheften und somit deren weitere Ausbreitung durch die äußere Plasmamembran begrenzen. Konkret werden Aminosäuren und lösliche Kohlehydrate, vorwiegend Saccharose, angereichert, um die Zellmembranen zu stabilisieren, damit die Zellen vor Dehydrierung geschützt werden (Yadav, 2009; Larcher, 2003).

Die beschriebenen Schutzmechanismen wirken nur bis zu einem von Sorte und äußeren Gegebenheiten abhängenden Grad, da die fortschreitende Dehydrierung des Protoplast und die hohe Ionenkonzentration aufgrund der Akkumulierung der Osmolyte die Membranstabilität, die Proteinstruktur und letztlich die Zellfunktionen beeinträchtigen (Königshofer, 2013).

4 Ausgewählte primäre und sekundäre Stoffwechselprodukte im Wintergemüse

Der folgende Abschnitt befasst sich mit primären und sekundären Stoffwechselprodukten, deren Funktionen in den Kulturpflanzen sowie deren ernährungsphysiologischer Bedeutung. Hauptaugenmerk liegt auf den antioxidativ wirkenden Komponenten.

Der primäre Stoffwechsel umfasst die Synthese und Umwandlung von Kohlehydraten, Lipiden, Proteinen sowie verschiedener Säuren. Hauptbeteiligte Prozesse sind beispielsweise die Glykolyse, der Tricarbonsäurezyklus (Krebszyklus) und der Pentosephosphatzyklus. Im Gegensatz dazu werden die sekundären Metaboliten im Zuge nachgereihter Stoffwechselwege wie dem Shikimisäureweg, dem Malonsäureweg oder dem Mevalonatweg synthetisiert (Saltveit, 2010). Die Gruppe der sekundären Stoffwechselmetabolite ist für diese Arbeit aufgrund der festgelegten Untersuchungsparameter vorrangig und wird daher in den nachfolgenden Kapiteln ausführlicher behandelt.

4.1 Antioxidative Komponenten

Antioxidative Systeme sind eine Voraussetzung für das Überleben von Pflanzen, da Sauerstoff im Verlauf mehrerer Stoffwechselwege in reaktive Formen wie Superoxid–Radikale, Wasserstoffperoxid, Singulett Sauerstoff oder Hydroxyl- Radikale umgewandelt werden und zur Schädigung integraler Bestandteile beitragen kann. Diese Prozesse werden durch die Stressbedingungen des Winteranbaus verstärkt. Um etwaigen Schäden vorzubeugen, stehen Pflanzen eine Vielzahl antioxidativ wirkender Verbindungen, die unter Stressbedingungen zusätzlich synthetisiert werden, zur Verfügung. Das im Labor analysierte antioxidative Potenzial ist ein Summenparameter für die Gesamtheit der (sekundären) Pflanzenstoffe mit antioxidativer Wirkung (Stracke et al., 2008; Davies, 1995). Die folgenden Abschnitte stellen die einzelnen antioxidativen Inhaltsstoffe vor.

Ascorbinsäure

Chemisch betrachtet stecken hinter dem umgänglich gebrauchten Begriff Vitamin C die Ascorbinsäure, die Dehydroascorbinsäure sowie weitere Umbauprodukte dieser Stoffe. Aufgrund einer Genmutation fehlt Primaten und somit dem Menschen das Enzym Gulonolactonoxidase, welches zur körpereigenen Synthese von Vitamin C notwendig ist. Folglich muss diese Stoffgruppe, genau wie die anderen antioxidativen Komponenten, über die Nahrungsaufnahme zugeführt werden (Franzke, 1996).

In Pflanzen wird die Ascorbinsäure über mehrere Oxidations und Reduktionsvorgänge aus D-Glucose synthetisiert. Intensive Lichteinstrahlung fördert die Bildung und Akkumulierung von Vitamin C. Hohe Konzentrationen finden sich in Chloroplasten. Ascorbinsäure wirkt als Pflanzenhormon auf Wachstums und Stoffwechselprozesse ein und ist für die Photosynthese und das Zellwachstum von Bedeutung. Ascorbinsäure und deren Derivate stellen etwa ein Zehntel der löslichen Kohlenstoffverbindungen eines Blattes dar und fungieren im Zuge der Schutzwirkung gegen Ozon und ultraviolettes Licht, als effektiver antioxidativer Agent und Radikalfänger. Die oxidierten Formen der Ascorbinsäure, Monodehydroascorbat (MDHA) und Dehydroascorbat (DHA), reagieren auf nicht enzymatischer Ebene mit Superoxiden, Wasserstoffperoxiden und Singulett-Sauerstoff und überführen diese in weniger energetische und somit unschädlichere Formen. Die wichtigsten Enzyme mit antioxidativer Wirkung sind Superoxiddismutase (SOD), Ascorbat Peroxidase und Katalase. Diese werden im Laufe der Akklimatisierung an kühlere Temperaturen in fast allen höheren Pflanzen ebenso wie (Mono)Dehydrascorbatreduktase und Glutathionreduktase akkumuliert (Singh et al., 2012; Heß et al., 2005; Davies, 1995).

Phenolische Verbindungen

Phenolische Verbindungen sind die am häufigsten in der menschlichen Ernährung auftretenden antioxidativen Substanzen. Sie stellen eine heterogene Gruppe von über 10.000 Stoffen dar. Dies ist durch die unterschiedlichen Stoffwechselwege, die an der Entstehung von phenolischen Verbindungen beteiligt sind, begründet. Daraus ergibt sich eine hohe chemische Diversität und ein breites Spektrum unterschiedlicher Aufgaben in der Pflanze. Beispiele dafür reichen vom Auslösen von Schutzmechanismen gegen (a)biotische Stressreize, der mechanischen Stabilisierung, dem Schutz gegen ultraviolette Strahlung, Attraktion von Bestäubern bis hin zur Abwehr von Pathogenen und Fraßfeinden und zur Wachstumsunterdrückung konkurrierenden Pflanzen. Die Unterscheidung findet anhand der Anzahl der Phenolringe und deren gebundener Strukturelemente statt. Es gibt zwei Hauptgruppen, die Flavonoide mit einer C₆-C₃-C₆ Struktur und die Nichtflavonoide, welche nach der Anzahl der gebunden Kohlenstoffe unterschieden werden. Einige Vertreter der jeweiligen Gruppe finden sich in Tabelle 2. Flavonoide treten in Pflanzen hauptsächlich gebunden an Glucose oder an andere Zucker auf (Wendt, 2014; Andres-Lacueva et al., 2010; Saltveit, 2010).

Tabelle 2 Klassifizierung der phenolischen Verbindungen (verändert nach Andres-Lacueva et al., 2010)

<u>Flavonoide:</u>	Beispiele:	<u>Nicht Flavonoide:</u>	Beispiele:
Flavone	Apigenin, Luteolin	Einfache Phenole	(Hydroxy)Tyrosol
Flavanone	Naringenin, Hesperetin	Phenolsäuren	Gallussäure, Syringasäure
Flavonole	Kaempferol, Quercetin	Tannine	Corilagin
Isoflavone	Daidzin, Genistin	Chalkone	Chalkonaringenin
Anthocyane	Cyanidin, Pelargonidin	Kumarine	Esculin, Scopoletin

Die Gruppe der Flavonoide- Aufgaben umfasst ein breites Aufgabenspektrum in pflanzlichen Organismus. Flavonoide weisen eine drei- bis fünfmal so hohe antioxidative Wirkung wie Vitamin C und E auf, wirken antimikrobiell, tragen zur Signalleitung und zum UV-Schutz bei (Robles-Sardin et al., 2010; Saltveit, 2010).

Flavonole treten aus der Gruppe der Flavonoide am häufigsten in der menschlichen Nahrung auf. Bei Vertretern von *Lactuca sativa* kommen sie in Form von Quercetin und in Vertretern von *Cichorium endivia* in Form von Kaempferol vor. Diese Formen stellen die Hautquellen von Flavonolen dar. Flavonole befinden sich konzentriert in den äußeren Gewebeschichten von Gemüse, da ihre Synthese durch Sonnenstrahlung vor allem im UV Bereich angeregt wird. Dort, wie auch in anderen Geweben, liegen sie in glykosylierter Form vor. Ihre Bioverfügbarkeit hängt von dem gebundenen Zuckermolekül ab. Zu den Hauptfunktionen zählen wie bei den Flavonen die Protektion gegen schädliche UV-B Strahlen (280–320 nm) und die Anziehung von potentiellen Bestäubern, wie Bienen die im ultravioletten Bereich sehen können (Andres-Lacueva et al., 2010; Müller et al., s.a.).

Flavone können in geringen Mengen in allen Produkten pflanzlichen Ursprungs nachgewiesen werden. Die höchsten Konzentrationen von 250 bis 6300 mg kg⁻¹ Frischmasse finden sich in Petersilie, Thymian und Oregano. Flavone bestehen prinzipiell aus Apigenin und Luteolin Glykosiden. Apigenin ist die häufigste Form und findet sich hauptsächlich in Gemüse wie z.B. Artischocken, Sellerie, rote Zwiebeln und Salaten wieder. Luteolin findet man in Obst und Gemüse (Andres-Lacueva et al., 2010).

Anthocyane sind Flavonoide mit einem Farbspektrum von rot-pink-violett-blau und bewirken somit die Färbung der meisten Obst- und Gemüsearten, welche Bestäubern die Reife der Blüte bzw. Frucht signalisiert. Der Anthocyangehalt steigt mit zunehmender Reife der Frucht an. Anthocyane bilden sich hauptsächlich in den äußeren Gewebeschichten und bei Obstarten vorwiegend in Schalen. Andere Vertreter der Flavonoidgruppe wie Flavanone, Isoflavone und Proanthocyanide sind in den von dieser Arbeit untersuchten Gemüsesorten kaum nachzuweisen und werden deshalb genau wie die Nicht Flavonoide, welche sich vorwiegend in verarbeiteten Lebensmitteln finden, nicht näher beschrieben (Andres-Lacueva et al., 2010; Saltveit, 2010).

Das Vorkommen von Phenolen wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Ausschlaggebend für die vorliegende Konzentration sind der Reifegrad, Stress und Schäden, Nachernteverfahren wie Lagerung und Verarbeitung des Produkts. Beispielsweise kommt es bei einigen Gemüse und Obstarten wie Äpfeln oder Kartoffeln zur starken Anreicherung von Phenolen, wenn diese Stressfaktoren vor der Ernte ausgesetzt werden. Im Gegensatz dazu finden bei Arten mit geringen Konzentrationen wie bei Vertretern von *Lactuca sativa* erst bei mechanischen Verletzungen die

Synthese und Akkumulierung statt – dies hat die Bräunung der betroffenen Stellen zur Folge (Lopez-Nicolas und Garcia-Carmona, 2010; Saltveit, 2010; Müller et al., s.a.).

Phenolische Verbindungen werden unter Einfluss von Sauerstoff, etwa im Zuge einer mechanischen Beschädigung, sehr leicht durch enzymatische Aktivität abgebaut. An diesen Prozessen ist eine Vielzahl verschiedener Enzyme beteiligt, die Hauptbeteiligten sind Peroxidase und Polyphenoloxidase. Das Resultat ist die typische Bräunung verletzter Pflanzenteile (Lopez-Nicolas und Garcia-Carmona, 2010).

Karotinoide

Karotinoide sind organische Pigmente, die bei Pflanzen in den Chromoplasten vorkommen. Dort findet ihre Synthese über den Methylethritolphosphatweg statt. Karotinoide sind Bestandteile von gelben, orangen und roten Blüten, Früchten, sowie von Wurzeln (Karotte) und von Samen (Mais). Insgesamt wurden bisher mehr als 600 verschiedene Karotinoide nachgewiesen. Die Stoffgruppe unterteilt man in zwei Untergruppen, die Karotine bestehend aus Wasserstoff und Kohlenstoffatomen und die Xantophylle, die zusätzlich eine Hydroxylgruppen angehängt haben. Die häufigsten in der menschlichen Nahrung vorkommenden Karotinoide sind Lutein, Lycopin, β -Cryptoxanthin, sowie α und β Karotin (Yahia und Ornelas-Paz, 2010; Herrmann, 2001).

Zu ihren Aufgaben in Pflanzen zählen die Anziehung von Bestäubern und der Schutz von Chlorophyll gegen intensive Lichteinstrahlung durch die Absorption von Lichtenergie. Letztere Funktion wird von den Karotinoiden Lutein, Violaxanthin und Neoxanthin erfüllt. Sie spielen ebenfalls bei der inneren und äußeren Qualität von pflanzlichen Lebensmitteln eine wichtige Rolle. In Bezug auf die äußere Qualität sind die typischen intensiven Farbtöne in gelb, orange und rot für den ersten positiven Eindruck des Konsumenten entscheidend. Auch bei der inneren Qualität sind zahlreiche positive Wirkungen von Karotinoiden nachgewiesen. Sie sind die Ausgangsstoffe von Vitamin A und bilden weitere gesundheitsförderliche Stoffe (Yahia und Ornelas-Paz, 2010).

Karotinoide liegen in Obst und Gemüse in verschiedenen Formen vor. Als Protein-Karotinoid Komplex in grünblättrigen Gemüsen, als ölige Lösung in Mangos und Papayas oder als Kristalle wie in Tomaten und Karotten. Die Kombination aus kulturabhängiger optimaler Temperatur und hoher Lichtintensität erhöht die Karotinoidsynthese. Blattgemüse stellt eine gute Quelle für Karotinoide dar, β -Karotin und Lutein machen 80% des totalen Karotinoidvorkommens aus. In Vertretern von *Lactuca sativa* finden sich eigene Xanthophylle wie Lactucaxanthin, jedoch ist die Karotinoid-Konzentration von 38 getesteten Blattgemüsen in *Lactuca* Arten am geringsten. Hohe Konzentrationen finden sich beispielsweise in einigen *Brassica oleracea* Variationen. Auch Wurzelgemüse sind eine wichtige Quelle für Karotinoide, hier gelten Karotten, die reich an verschiedenen Karotinoiden sind, als wichtigstes Beispiel (Wendt, 2014; Yahia und Ornelas-Paz, 2010; Müller et al., s.a.).

4.2 Ernährungsphysiologische Bedeutung

In westlichen Ländern hat die Anzahl an chronischen und degenerativen Erkrankungen wie Übergewicht, Herz-Kreislaufstörungen, Diabetes, Krebs, Alzheimer und Parkinson über die letzten Dekaden stetig zugenommen. Deren Entstehung steht mit der Präsenz von oxidativen Spezies im menschlichen Körper in Verbindung, die sich in Luft, Wasser und Nahrungsmitteln wiederfinden und in Körperzellen produziert werden. ROS führen zu einer schädigenden Wirkung, wenn sie nicht ausreichend durch körpereigene Abwehrsysteme in nicht reaktive Formen umgewandelt werden. Der dadurch auftretende oxidative Stress stört zelluläre Funktionen und trägt zur Zerstörung von Proteinen sowie DNA Molekülen bei, was wiederum eine Ursache für das Auftreten der oben genannten Krankheitsbilder darstellt. Um dem entgegenzuwirken, ist die Aufnahme von antioxidativen Komponenten, die sich vorwiegend in Obst und Gemüse wiederfinden und weitere positive Effekte für die menschliche Gesundheit entfalten, essentiell. Die von dieser Arbeit untersuchten Antioxidantien und deren gesundheitlichen Bedeutung wird in den folgenden Abschnitten erläutert. (Wendt, 2014; Robles-Sardin et al., 2010; Yahia, 2010).

Vitamin C - Mangel ist vor allem als Auslöser von Skorbut, der typischen Seefahrerkrankheit früherer Jahrhunderte, bekannt. Mangelerkrankungen verursachen ein breites Spektrum an Krankheitsbildern. Beispiele sind Blutungen von Haut und Schleimhäuten einhergehend mit schlechter Wundheilung, Gelenk- und Gliederschmerzen, da Vitamin C an der Bildung von Kollagen in Sehnen und Gelenkkapseln beteiligt ist, eine erhöhte Infektanfälligkeit sowie in schweren Fällen Depressionen und Zahnverlust. An der Summe der verschiedenen Krankheitsbilder zeigt sich die essentielle Bedeutung von Vitamin C. Zu den wesentlichsten positiven Effekten zählen die Förderung der Eisenaufnahme im Magen-Darm-Trakt und die dortige Hemmung der Bildung krebserregender Nitrosamine, die Rolle zur Regeneration von Vitamin E, die Regulation des Glukosestoffwechsels bei Diabetikern, der Beitrag zum Abbau von Cholesterin und die Wirkung als Antioxidant (Bastigkeit, 2012; Herrmann, 1996)

Phenolische Verbindungen weisen ein breites Spektrum positiver gesundheitlicher Wirkungen auf. Dazu zählen anti: thrombotische, kanzerogene, mikrobielle, mutagene Effekte. Des Weiteren sind sie am Abbau von LDL „low density lipoproteins“ (LDL)-Cholesterin, das zur Arterienverkalkung und in weiterer Folge zu Herz-Kreislauferkrankungen beiträgt, beteiligt. Besonders Flavonoide tragen zu einer verbesserten kapillaren Permeabilität bei und verstärken somit Resistenz von Blutgefäßen gegen Verengungen. Daraus resultieren eine bessere Blutzirkulation und eine geringere Neigung zu Bluthochdruck. Polyphenole können Karzinogene inaktivieren und die Expression von mutagenen Genen sowie die Aktivität von prokarzinogenen Enzymen hemmen. Hier sind ebenfalls Flavonoide involviert, die für den Signaltransport und für die Genexpression vor allem bei Krebs und Herzkrankungen von Bedeutung sind. Es wird angenommen, dass Körperzellen Flavonoide als Xenobioten (nicht körpereigene Substanzen) wahrnehmen und bei ihrer Präsenz Entgiftungsenzyme aktivieren, die gleichzeitig Mutagene und Kanzerogene eliminieren (Wendt, 2014; Lopez-Nicolas und Garcia-Carmona, 2010; Robles-Sardin et al., 2010).

Auch Karotinoide in Form von (Pro)Vitamin A sind für die menschliche Gesundheit essentiell. Vitamin A Mangel bedingt in ärmeren Regionen massive gesundheitliche Probleme und betrifft mehr als 100 Millionen Menschen, vor allem Kinder weltweit. Vitamin A reguliert die Expression verschiedener Gene, ist in Wachstumsprozessen sowie in Fortpflanzungsprozessen

involviert und trägt zur Gesundheit des Sehapparats bei. Beispielsweise wird angenommen, dass die Lycopinkonzentrationen im Blut eine inverse Korrelation mit dem Risiko für Prostata, Bauchspeicheldrüsen-, Lungen- und Magen-Darmkrebs aufweist (Wendt, 2014; Yahia und Ornelas-Paz, 2010).

Karotinoide binden freie Radikale. Im Zuge der physikalischen Stabilisierung wird die angeregte Energie von Singulett-Sauerstoffen auf das Karotinoid übertragen. Somit entsteht ein nieder energetisches Singulett-Sauerstoff-Radikal und ein angeregtes Karotinoid, welche die überschussige Energie als Wärme an die Umgebung abgeben. Unter den Karotinoiden ist Lycopin hervorzuheben, das an der Bildung von Enzymen wie Superoxid Dismutase beteiligt ist, die die Zellen zusätzlich vor reaktiven Sauerstoffen schützen (Yahia und Ornelas-Paz, 2010).

Die antioxidative Kapazität von Karotinoiden ist in Verbindung mit anderen Antioxidantien am stärksten. Die Kombination von beispielsweise β -Karotin, Vitamin E und Vitamin C beseitigt mehr Radikale, als es die einzelnen Komponenten separat schaffen. Generell gilt, dass das Zusammenwirken der einzelnen antioxidativen Komponenten in Summe die stärkste Wirkung entfaltet. Da diese Substanzen nicht vom menschlichen Körper synthetisiert werden, ist deren Zuführung durch die Ernährung essentiell (Robles-Sardin et al., 2010; Yahia, 2010)

5 Forschungshypothesen

Die vorliegende Masterarbeit setzt sich zum Ziel, den Wintergemüseanbau in einem modernen Rahmen zu untersuchen, einen Ausblick auf die Wintertauglichkeit der behandelten Kulturpflanzen zu geben und diese in Bezug auf praktische und wissenschaftliche Fragestellungen zu analysieren. Die bisherigen Untersuchungen des Kooperationsprojekts fokussierten sich hauptsächlich auf die Sichtung widerstandsfähiger und frosttoleranter Sorten und weniger auf die kritische Betrachtung einzelner Kulturpflanzen hinsichtlich Ertragsleistung und innerer Qualitätsparameter.

Deshalb wird im praxisorientierten Teil dieser Arbeit geklärt, wie sich Endivien, Karotten, Schnittsalate und Petersilie in Bezug auf Gesamtertrag, Stückzahl, Frosttoleranz und äußerer Qualität verhalten. Anhand einer Literaturanalyse soll ein Vergleich der Ergebnisse zum Sommer und Herbstanbau derselben Kulturen gezogen werden. Um die Auswirkungen der auftretenden Stressformen auf die Zusammensetzung der pflanzlichen Inhaltsstoffe und in weiterem auf die Produktqualität besser zu verstehen, wurden im analytischen Teil der Arbeit die für die innere Qualität relevanten Stoffe im Labor untersucht. Analysiert wurden die Gehalte an Karotinoiden, Anthocyanen, Gesamtphenolen, Chlorophylle, die gesamte antioxidative Kapazität gemessen als FRAP (Fluorescence Recovery after Photobleaching) sowie Nitratgehalt, Trockensubstanz und der Anteil an löslichen Zuckern.

Aus dieser Unterteilung der Untersuchungsgebiete ergeben sich die folgenden Forschungshypothesen:

1. Die angebauten Kulturen Endivie, Karotte, Schnittsalat und Petersilie bringen auch im Winteranbau angemessene Erträge.
2. Die auftretenden Stressbedingungen verschlechtern nicht die innere Qualität der untersuchten Kulturen.

6 Material und Methoden

Der Wintergemüseanbau zählt national wie international nicht zur gängigen landwirtschaftlichen Praxis und findet sich folglich kaum in fachbezogener Literatur wieder. Mit Ausnahme der Werke des amerikanischen Biobauern Eliot Coleman, der als Pionier im Bereich der Winterproduktion gilt, gibt es wenig literarische Auseinandersetzung mit diesem Themenbereich.

Die für diese Arbeit durchgeführte Literaturrecherche basiert somit auf Fachartikeln/Büchern, die sich nicht direkt mit den Faktoren der Winterproduktion auseinandersetzen, sondern themennahe Bereiche wie die Einwirkung bestimmter Stressfaktoren, deren Einflüsse und Folgen auf den primären und sekundären Pflanzenmetabolismus sowie kulturspezifische Gegebenheiten behandeln. Als Orientierungspunkt dienen der Projektbericht der Kooperative und die in Kombination mit allen Beteiligten abgehaltenen Fachtagungen. Ergänzend werden Interviews mit den Verantwortlichen der HBLFA Schönbrunn geführt und weitere themenverwandte Konferenzen aufgesucht.

Die für die Kulturführung relevanten Standortfaktoren, der genaue Versuchsaufbau sowie das dazugehörige Bonitur- und Auswertungsschema und die später im Labor angewendeten Analysemethoden werden in den folgenden Abschnitten dokumentiert. Aus den gewonnen Ergebnissen werden Boxplots erstellt, um etwaige Unterschiede graphisch darzustellen, sowie t-Tests und Tukey Tests durchgeführt. Die Eingabe der Rohdaten und die Berechnung der jeweiligen Ertragswerte und Konzentrationen erfolgten mittels Microsoft Excel. Zur Ermittlung signifikanter Unterschiede zwischen den Sorten und Anbauversuchen wurden t-Tests und Tukey Tests verwendet. Die Signifikanzniveaus werden im Text oder in den einzelnen Tabellen angegeben. Die statistische Genauigkeit von 95% entspricht dem p-Wert von $\geq 0,05$. In den Tabellen wird die statistische Auswertung der t-Tests mit den Buchstaben a und b angegeben, wobei a als signifikant höher als b gilt und Werte die nur mit a versehen werden keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Die Ergebnisse der Tukey Tests werden, sofern sich alle Werte signifikant unterschieden, mit den Buchstaben a, b, c und d versehen. Sind keine signifikanten Unterschiede vorhanden gilt das vorherige Muster der t-Tests.

6.1 Standortbeschreibung

Im niederösterreichischen Bezirk Melk auf einer Seehöhe von 250 m liegt die gemüsebauliche Versuchsausstellung der HBLFA Schönbrunn. Die insgesamt 1,5 ha große Versuchsfläche ist in drei Schläge aufgeteilt, von denen einer seit 2007 nach biologischen Richtlinien geführt wird. Die Schwerpunkte der Versuchsanlage umfassen unter anderem Sortenwertprüfungen und Sortensichtungen, Erhaltung und Förderung von Gemüsevielfalt, Abhaltung von Informations- und Fachtagen sowie die Entwicklung von neuartigen Kulturverfahren und Anbausystemen (auch für den biologischen Gemüsebau). In letzteren Bereich fällt das Projekt Wintergemüse, welches sich auf dem biologisch bewirtschafteten Teil des Zinsenhofs befindet (HBLFA für Gartenbau Schönbrunn, 2016). Das Biofeld ist in sechs 200 m² große Abschnitte unterteilt und mit einem mobilen Rolltunnel ausgestattet, der es erlaubt, einen der Abschnitte als geschützte Kultur zu führen. Dessen Belüftungsmanagement wird abhängig von der vorherrschenden Außentemperatur gesteuert. Sinkt diese unter die 5 °C Marke, schließen sich die Fenster. Bei Perioden mit anhaltend feuchten Bedingungen ist zusätzliches belüften essentiell, um der raschen Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten vorzubeugen. Generell ist der Rolltunnel (oder Folien/Glashaus) ein wesentlicher Faktor für die Winterproduktion, da er die Kulturen vor negativen Stresseinwirkungen wie Boden(Frost), Wind und Schnee weitestgehend schützt (Kupfer und Palme, 2016; Coleman, 2014).

Klimatisch betrachtet, befindet sich die Versuchsanlage in der voralpinen Zone. Die jährlichen Niederschlagsmengen im Zeitraum 1951 - 2011 ergeben eine durchschnittliche Regenmenge von 868mm/m² und Jahr. Verglichen mit dem Jahresmittel fällt die Niederschlagsmenge im Anbaujahr 2015 mit 607,9 mm / m² geringer aus. Da die Regenmengen der ersten Anbaumonate Juli und August auf wenige Starkregenereignisse zurückzuführen sind, mussten die Kulturen aufgrund der Trockenheit zusätzlich bewässert werden. Die Durchschnittstemperatur betrug 11,38 ° C (HBLFA für Gartenbau Schönbrunn, 2016). Für die einzelnen Anbaumonate ergeben sich bei Niederschlag und Bodentemperatur folgende, in Tabelle 3 abgebildete Werte, wobei Abbildung 1 die Temperaturverteilung der Jahre 2014 und 2015 vergleicht.

Tabelle 3 Datensammlung der Niederschläge und Temperaturwerte der Anbaumonate 2015/2016
(HBLFA für Gartenbau Schönbrunn, 2016)

Monat	Juli	Aug.	Sept.	Oktober	November	Dezember	Jänner	Februar
Gesamtniederschlag in mm/m ²	42,6	68,1	54,9	71	35	12,4	34,1	62,1
Durchschnitt der Temperaturminima (Extremwert) in ° C	15 (7)	14,1 (8)	8,6 (2)	5,2 (-2)	2,4 (-8)	0,5 (-5)	-1,5 (-24)	0,5 (-4)
Durchschnitt der Temperaturmaxima (Extremwert) in ° C	34,8 (43)	35,2 (43)	23,7 (41)	16,5 (30)	12,5 (21)	10,3 (18)	0,9 (17)	10,6 (20)
Durchschnittliche Bodentemperatur in ° C	24,6	24,8	18,3	13,6	9,9	7,3	4,3	6,8

Temperaturstatistik 2014 - 2015

Jahr	Monat	Durchschnitts- temperatur	Frosttage weniger als 0 Grad	Kalte Tage bis 10 Grad	Sommertage über 25 Grad	Heiße Tage über 30 Grad
2014	Jänner	1,10	27	28	0	0
	Februar	3,50	27	13	0	0
	März	8,86	17	3	3	0
	April	11,64	4	2	12	4
	Mai	14,34	0	0	15	9
	Juni	19,26	0	0	26	22
	Juli	21,24	0	0	28	21
	August	18,39	0	0	22	14
	September	15,67	0	0	13	2
	Oktober	11,95	2	1	1	0
	November	7,33	0	12	0	0
	Dezember	3,04	14	24	0	0
	Gesamt	11,4	91	83	120	72

Jahr	Monat	Durchschnitts- temperatur	Frosttage weniger als 0 Grad	Kalte Tage bis 10 Grad	Sommertage über 25 Grad	Heiße Tage über 30 Grad
2015	Jänner	2,34	19	25	0	0
	Februar	1,25	24	22	0	0
	März	5,95	17	9	0	0
	April	10,05	7	5	8	2
	Mai	15,03	0	0	13	7
	Juni	19,73	0	0	22	16
	Juli	22,86	0	0	28	23
	August	22,68	0	0	27	23
	September	15,01	0	0	12	4
	Oktober	9,82	1	3	2	0
	November	6,92	7	11	0	0
	Dezember	4,22	14	28	0	0
	Gesamt	11,38	89	93	112	75

Abbildung 1 Temperaturverteilung der Jahre 2014/2015 im Vergleich (HBLFA für Gartenbau Schönbrunn, 2016)

In Bezug auf die Bodenart kennzeichnet sich der Versuchsstandort durch einen sehr tiefgründigen, lehmhaltigen Pseudogley mit mittlerem Schluffanteil. Das Bodenprofil setzt sich aus einem 30 cm starkem A-Horizont, einem 75 cm starkem AB-Horizont und einem über 125 cm umfassenden B-Horizont zusammen. Der pH Wert liegt bei 7,0 und der Humusanteil bei 3,2 Prozent. Da es sich am Zinsenhof um einen sogenannten Stundenboden handelt, ist die Bodenbearbeitung bei nicht idealen Witterungsbedingungen schwierig. Zu hohe Niederschläge oder die am Standort auftretenden Überschwemmungen führen zu Reduktionsschichten und erschweren / verhindern maschinelle Bearbeitungsgänge. Auf der anderen Seite neigt der Boden bei trockenen Wetterbedingungen zu hohen Verdunstungsraten und folglich zu Verklumpungen, welche ebenfalls maschinelle und manuelle Arbeitsgänge behindern (Hasinger, 2009).

6.2 Versuchsanlage

In der Saison 2015 lag der von Nord nach Süd gesehene erste Abschnitt brach, auf dem zweiten Abschnitt stand bis September ein Versuch zur Sorten- und Ertragsprüfung verschiedener Paradeissorten. Die weiteren Teilbereiche werden zum Anbau der Wintersalate, Endivien und weiteren Winterkulturen genutzt.

Um einen Gesamtüberblick zu geben, werden alle diesjährigen Winterkulturen kurz vorgestellt. Hauptaugenmerk gilt den Kulturen, welche für die Laboranalysen herangezogen werden. Als Grundlage der Versuchsanordnung dienen die im ersten Versuchsjahr gewonnen Kulturdaten. Tabelle 4 listet alle untersuchten Gemüsesorten des Winterversuchs 2015/2016 auf. Bezogen auf die Versuchsfläche und die angebauten Stückzahlen sind die zwei Hauptkulturen der aktuellen Winterversuchsreihe Endivien und Salate, die jeweils einen kompletten Abschnitt der Biofläche (200 m^2) umfassen. Der letzte Schlag dieser Größe ist in mehrere mindestens $1 \times 4 \text{ m}$ große Parzellen aufgeteilt und mit diversen Wintergemüsesorten bepflanzt. Alle Flächen wurden mit Hornspänen (14% N) gedüngt. Die genauen Mengen ergeben sich wie folgt: 20,7 kg (= 145,00 kg RN/ha) Endivienversuch, 15 kg (= 110,00 kg RN/ha) Wintersalate und 13,6 kg (= 95,00 kg RN/ha) für den letzten Abschnitt mit diversen Winterkulturen (HBLFA Schönbrunn, 2016). Alle Kulturen wurden über die ersten Anbaumonate als Freilandkultur geführt, danach mittels Vlies geschützt und anschließend mit einem mobilen Rolltunnel überfahren. Die Parzellen 324 bis 341 wurden ab dem 30.10.2015 bei einem deutlichen Temperaturabfall unter $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ mit einer einfachen Vliesabdeckung versehen. Mit der Platzierung des Rolltunnels am 24.11.2015 wurde das Vlies endgültig entfernt. Die parallel angebauten Versuche der Parzellen 306 bis 323 wurden zur Untersuchung der Stresseinwirkungen ohne Vliesabdeckung geführt.

Tabelle 4 Versuchssortiment der am Zinsenhof angebauten Wintergemüse aus der Saison 2015/2016 (verändert nach Kupfer, 2015)

Kultur	Sorte	Parzellennummer vor Ort	Züchter
Kopfsalat	'Filinia RZ (42-179) '	300 + 304	Rijk Zwaan
Bataviasalat	'81 – 52 RZ'	298 + 302	Rijk Zwaan
Eissalat	'Grazer Krauthäuptel 2'	299 + 303	Austroaat
Kopfsalat	'LS 14616'	301 + 305	Syngenta
Endivie	'Stratego'	290 + 294	Rijk Zwaan
Endivie	'Nuance'	291 + 295	Enza Zaden
Karotte	'Eskimo F1'	306 + 324	Baumaux
Karotte	'Merida F1'	307 + 325	Hild
Petersilie	'Laica'	308 + 326	Hild“
Dill	'Lena (Hi 09 300 DI) '	309 + 327	Hild
Rettich	'Green Meat F1'	310 + 328	Baumaux
Kohlrabi blau	'Azur-Star'	311 + 329	Hild
Kopfsalat	'LS14616'	312 + 330	Syngenta
Bataviasalat	'Krauthäuptel 2'	313 + 331	Austroaat
Eichblattsalat	'Fortero (E01C.30007) '	314 + 332	Enza Zaden
Kopfsalat	'Brune d'Hiver'	315 + 333	Baumaux
Babyleaf	'Multibaby'	316 + 334	Hild
Babyleaf	'Ordino'	317 + 335	Hild
Babyleaf	'Redmar'	318 + 336	Hild
Babyleaf	'Multileaf Redflash'	319 + 337	Hild
Babyleaf	'Diablotin'	320 + 338	Enza Zaden
Babyleaf	'Poneloya'	321 + 339	Enza Zaden
Babyleaf	'Oaking'	322 + 340	Enza Zaden
Babyleaf	'Greenet'	323 + 341	Enza Zaden
Kohlrabi weiß	'Opus'	Rechter Mantel 1,2	Enza Zaden

Cichorium endivia* var. *latifolium

Der Endivienversuch umfasst eine Anbaufläche von 200 m² und stellt neben den in Abschnitt 4.2.4 näher beschriebenen Wintersalatversuch die flächenmäßig umfangreichste Winterkultur dar. Die Versuchsfläche ist in vier gleich große Parzellen geteilt, von denen jede in 14 Reihen mit sieben Pflanzen aufgeteilt ist, was Abbildung 2 überblicksartig darstellt. Pro Sorte gibt es zwei Anbauwiederholungen, daraus ergibt sich eine Gesamtstückzahl von 392 Stück pro Sorte. Angebaut werden die glattblättrige Sorte 'VIJF 2-STRATEGO RZ' (kurz 'Stratego') von Rijk Zwaan, die sich durch mittlere Größe, ein mittellanges Umblatt und einem flachen Pflanzenaufbau kennzeichnet, sowie die mittlere bis große Sorte 'Nuance' von Enza Zaden, die als robuste Standardsorte gilt (Rijk Zwaan, 2016; Austroaat, 2015; Enza Zaden, 2015).

Am 23.7.2015 wurde mit der Aussaat in vorher gefertigte Presswürfel begonnen. Mitte August, am 17.8.2015, wurden alle Endivien bei einer Standweite von 30*30 cm auf die Versuchsfläche verpflanzt. Der Anbauzeitpunkt wurde für eine geplante Ernte in den Monaten Dezember und Jänner des Folgejahres gewählt. Als Puffer gegen äußere Einflüsse wurden an den Rändern zwei weitere Reihen der bereits angebauten Endiviensorten gepflanzt. Im Verlauf des Versuchs wurden sechs Reihen der Parzellen 290 und 291 mit Hüten versehen, um eine Erhöhung der Gelbanteile zu erzielen. Diese im Endivienanbau übliche Praxis dient der Verbesserung der geschmacklichen Eigenschaften, da durch das fernhalten von Licht die Ausbildung bitterer und herber Geschmacksstoffe verringert wird. Dazu werden die Einzelstücke rund ein bis zwei Wochen vor der geplanten Ernte mit sogenannten Hüten (rund Plastikdeckeln) versehen (Kupfer und Palme, 2016; Kowalczyk et al., 2015). Diese finden sich in der folgenden Abbildung unter der gestrichelten Linie und sind nummeriert von 9 bis 12.

Parzelle 294	5	6	7	8	Parzelle 295
Weg					
Parzelle 291	4	3	2	1	Parzelle 290
	12	11	10	9	

Abbildung 2 Anbauplan des Endivienversuchs (verändert nach Kupfer, 2015)

Aufgrund der warmen Anbaumonate entwickelte sich der Endivienbestand sehr gut und wies gegen Ende Oktober erntefähige Endiviengrößen auf. Um die Wintertauglichkeit und die Widerstandskraft gegen äußere Einflüsse zu untersuchen, wurde der Bestand bis Jänner 2016 am Feld belassen. Von 2.11.2015 bis zur Probenahme am 2.12.2015 war das Versuchsfeld mit dem mobilen Rolltunnel versehen.

Zur Probenahme wurden die Parzellen 290, 291, 294 und 295 weiter unterteilt und wie im obigen Plan ersichtlich von eins bis zwölf nummeriert. Pro Nummernparzelle wurden vier Endivien für spätere Untersuchungen entnommen. Somit wurden pro Sorte 24 Endivien zur genaueren Analyse herangezogen. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen exemplarisch die entnommenen Proben und deren Aufbereitung. Dazu wurden die Einzelköpfe geputzt und ungeputzt abgewogen sowie die Blattzahl pro Kopf und Farbanteil ermittelt. Die Unterteilung der Farbanteile dient zur Ermittlung der vermarktungsrelevanten Gelbanteile, deren Ausmaß die Produktqualität beeinflusst. Zur Feststellung der durchschnittlichen Stückgröße wurden pro geputzten Kopf diagonal zwei Messungen durchgeführt, selbiges wurde zur Messung des Gelbanteils gemacht. Anschließend wurden die in grünen und gelben Anteil separierten Blätter zerkleinert und für die späteren Laboruntersuchungen abgepackt und eingefroren.



A



B

Abbildung 3 Geputzte Exemplare der Sorte 'Nuance' ohne (A) und mit (B) Bleichhilfe (Eigene Aufnahme, 2015)



A



B

Abbildung 4 Pflückanteile der Endiviensorte 'Nuance' ohne (A) und mit (B) Bleichhilfe (Eigene Aufnahme, 2015)

Daucus carota L.

Der diesjährige Winterkarottenversuch kann aufgrund der im Vorjahresversuch gewonnen Erkenntnisse in einigen Punkten verbessert werden. So wurde der heurige Aussaattermin um rund ein Monat auf den 29.7.2015 vorverlegt. Der neu gewählte Anbautermin sollte eine Ernte in den Monaten Dezember und Jänner erlauben. In Bezug auf die Qualität wird die Produktion von Bündelware angestrebt. Auch die bisherige Standweite von 30*0.5 cm wurde korrigiert und beträgt nun 25*1cm. Nach einer mehrfachen Saatbeetaufbereitung wurden per Direktsaat die Karottensorten `Eskimo F1` und `Merida F1` ausgesät (Kupfer, 2015).

Die Sorte `Eskimo F1` kennzeichnet sich durch besondere Winterhärte und kann laut Züchter ohne Geschmack und Qualitätseinbußen bei ausreichend natürlicher Drainage über den Winter im Boden verbleiben. Temperaturen von bis zu minus 10° C sind tolerierbar. Es handelt sich um einen Nantaise Typ mit durchschnittlichen Längen von 16 - 18 cm. Das Saatgut stammt von dem französischen Unternehmen „Graines Baumaux“ (Graines Baumaux, 2015). Wie bereits im Wintergemüseversuch des letzten Versuchsjahres wird als zweite Sorte `Merida F1` von der deutschen Saatgutfirma „Hildsamen“ angebaut. `Merida F1`, ebenfalls vom Typ Nantaise, kennzeichnet sich laut Züchter durch stabiles und gesundes Laub und weist durchschnittliche Längen von 19 – 23 cm auf (Hildsamen, 2015).

Die Parzellengröße beträgt 1*4 m. Bis zur Überdachung der Versuchsfläche am 2.12.2015 wurde die linke Seite der Versuchsfläche mit einem einfachen Vlies überdeckt, um etwaige Unterschiede zu den ungeschützten Kulturen festzustellen. Die Probenahmen erfolgten am 2.12.2015 und am 9.3.2016. Hierzu wurden die einzelnen Parzellen gedanklich in zwei Hälften geteilt, um mehr Wiederholungen zu haben. Folglich wurde pro Sorte an vier frei gewählten Stellen Karotten entnommen, fotodokumentiert, gewaschen, mit und ohne Laub gewogen, abgemessen und für die spätere Laboranalysen zerkleinert und abgepackt. Am 9.3.2016 wurde der gesamte Karottenbestand abgeerntet. An diesem Termin wurden alle Stücke gewaschen, gezählt – wobei hier gleichzeitig eine Unterscheidung hinsichtlich beschädigter und unbeschädigter Exemplare vorgenommen wurde - und die Gesamterträge der einzelnen Parzellen ermittelt. Anschließend wurden die zufällig ausgewählten Karotten zerkleinert und abgepackt. Insgesamt wurden pro Termin jeweils acht Probebeutel zur späteren Analyse entnommen.

Lactuca sativa var. crispa

Der diesjährige Winterversuch umfasst vier rote und vier grüne Babyleaf Sorten. Die Firma Hildsamen stellt die Samen der Sorten 'Multibaby', 'Ordino', 'Redmar' und 'Multileaf Redflash'. Die weiteren Sorten 'Diablotin', 'Poneloya', 'Oaking' und 'Greenet' stammen von der Saatgutfirma Enza Zaden (Kupfer, 2015). Typ und Resistenzbeschreibungen der einzelnen Sorten finden sich in Tabelle 5 und 6.

Tabelle 5 Sortenbeschreibungen grünen Schnittsalatsorten (Enza Zaden, 2015; Hildsamen, 2015)

Sorte	Beschreibung/Eigenschaften
'Multibaby'	Typ Multileaf / BL: 1,3-21,23-26,28
'Ordino'	stark gekrauster Bataviatyp / BL: 1-30
'Oaking'	Dunkelgrüner Eichblatttyp mit sehr gutem Shelf life / Bl:1-31/Nr:0 LMV:1
'Greenet'	Blattsalat mit aufrechtem Wuchs und stabilem Blatt, gutes Shelf life / Bl:1-31/Nr:0 LMV:1

Tabelle 6 Sortenbeschreibungen der roten Schnittsalatsorten (Enza Zaden, 2015; Hildsamen, 2015)

Sorte	Beschreibung/Eigenschaften
'Redmar'	dickblättriger Bataviatyp, wenig gekraust / BL: 1-30
'Multileaf'	dickblättriger Bataviatyp / BL: 16-31
'Diablotin'	Bataviatyp, dickblättrig mit guter Haltbarkeit / Bl:1-31
'Poneloya'	produktiver Eichblatttyp mit stabilem Blatt und schöner Blattzahnung / Bl:1-31/Nr:0 LMV:1

Per Direktsaat wurden am 24.9.2015 alle Babyleaf Salate mit Abständen von 15*1 cm ausgesät. Insgesamt wurden sechzehn 1*4 m große Parzellen bepflanzt – zwei Wiederholungen pro Sorte. Genau wie bei den Karotten und anderen Wintergemüsesorten wurde eine Hälfte des gesamten Schlags mit einer einfachen Vliesabdeckung versehen (Kupfer, 2015).

Aufgrund der raschen Bestandsentwicklung bedingt durch die warmen Wetterbedingungen wäre ein erster Schnitt von Mitte Oktober bis Anfang November möglich gewesen. Ursprünglich wäre der Versuch für Ernten ab Jahreswechsel angelegt gewesen. Ab da verschlechterte sich der Kulturzustand zusehends. Die Probenahme am 2.12.2015 gestaltete sich aufgrund des durch Pilzkrankheiten stark dezimierten Bestandes als schwierig. Die Sorte 'Oaking' musste komplett ausgelassen werden, da beinahe alle Pflanzen von Pilzkrankheiten befallen oder bereits verrottet waren.

Lactuca sativa var. capitata

Die heurigen Anbaudaten der Wintersalate, ersichtlich in Tabelle 6, wurden so gewählt, um eine geplante Ernte in den Monaten November und Dezember zu erzielen. Die Salatsorten entwickelten sich für diesen Anbauzeitraum überdurchschnittlich schnell, was auf die warmen Verhältnisse der Herbstmonate zurückzuführen ist. Hinzu kam ein unzureichendes Unkrautmanagement, welches aufgrund der Arbeitsspitzen des Personals nicht ausreichend durchgeführt werden konnte. Die Abbildungen 5 und 6 verdeutlichen den Bestandszustand am 21.10.2015. Somit wurde der Salatversuch vorzeitig umgebrochen und konnte nicht wie ursprünglich geplant zu den weiteren Untersuchungen herangezogen werden (Kupfer und Palme, 2016; Kupfer, 2015;).

Tabelle 7 Anbaudaten der für den Winterversuch vorgesehenen Salatsorten (verändert nach Kupfer, 2015)

Sorte	Aussaattermin (Presswürfel)	Feldverpflanzung	Standweite	Stückzahl
'Filinia RZ'	6.8.2015	26.8.2015	25*20 cm	252
'Bataviasalat 81-52 RZ'	30.7.2015	26.8.2015	30*25 cm	510
'Grazer Krauthäuptel 2'	6.8.2015	26.8.2015	25*20 cm	252
'LS 14616'	6.8.2015	26.8.2015	25*20 cm	252



Abbildung 5 Bestandszustand der Salatsorte `Grazer Krauthäuptel 2` am 21.10.2015 (Eigene Aufnahme, 2015)



Abbildung 6 Bestandszustand der Salatsorte `LS 14616` am 21.10.2015 (Eigene Aufnahme, 2015)

Weitere Winterkulturen

Neben Karotten und Babyleafsalaten finden sich am letzten Schlag der Bioversuchsfläche die in Tabelle 7 verzeichneten Winterkulturen und die genauer untersuchte Fläche mit der Petersiliensorte 'Laica'. Die Parzellengröße beträgt ebenfalls 1*4m. Pro Sorte gibt es zwei Anbauwiederholungen, wobei eine Seite der Versuchsfläche mit einer einfachen Vliesabdeckung versehen war. Bis 2.12.2015 standen die Kulturen im Freiland und wurden danach mit dem mobilen Rolltunnel überfahren (Kupfer, 2015).

Tabelle 8 Weitere Winterkulturen der Versuche aus 2015/2016

Kultur & Sorte	Aussaat/Verpflanzung	Standweite	Ernte
Petersilie - 'Laica'	Direktsaat 29.7.2015	25*1cm	2.12.2015
Dill - 'Lena'	Direktsaat 29.7.2015	25*1cm	Ausfall durch Frostschäden
Rettich - 'Green Meat F1'	Direktsaat 1.9.2015	25*20cm	Halbe Parzelle 2.12.2015
Kohlrabi blau - 'Azur Star'	Verpflanzt 21.8.2015	25*20cm	2.12.2015
Kohlrabi weiß - 'Opus'	Verpflanzt 21.8.2015	25*20cm	2.12.2015

Die angebaute Petersiliensorte wurde am 2.12.2015 auf beiden Parzellen komplett geerntet, gewogen und hinsichtlich äußerer Qualität beurteilt. Aufgrund der schlechten Qualität der Parzelle 308 werden nur Proben von Parzelle 326 für die Laboruntersuchungen entnommen.

Um diversen physiologischen Abbauvorgängen möglichst entgegenzuwirken, wurden die Proben aller Wintergemüse bei minus 18 °C eingefroren (Andres-Lacueva et al., 2010).

6.3 Laboranalysen

Die angebauten Winterkulturen werden auf nachfolgende, in Abbildung 9 aufgelistete Parameter untersucht. Die Aufbereitung der Proben unterteilt sich in zwei Vorgehensweisen, die für die Ascorbinsäure angewendete Prozedur und das für die restlichen Untersuchungen durchgeführte Prozedere.

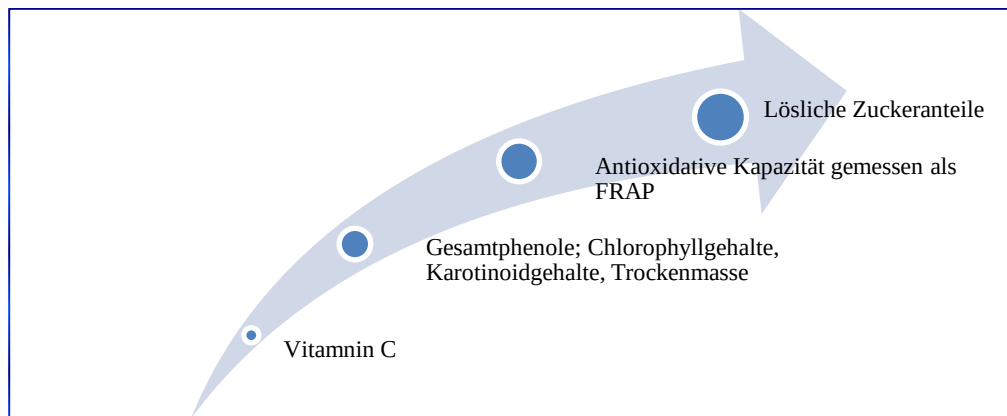


Abbildung 7 Liste der im Labor untersuchten Inhaltsstoffe

Probenaufbereitung und Berechnung Vitamin C Gehalts

Zur Bestimmung des Vitamin C Gehalts der verschiedenen Wintergemüse wurden die Proben nach der Tillman's Reagenz Methode vorbereitet. Aus den gefrorenen Frischproben wurden ungefähr 10 g abgewogen, mittels einer zweiprozentigen Oxalsäurelösung gegen weitere Abbauvorgänge stabilisiert, danach homogenisiert und anschließend filtriert und abgefüllt.

Anschließend wurden zweimal je 10 ml der Probe flüssigkeit in 50 ml Erlenmeyerkolben überführt und mit dem Redoxindikator DCPIP (2,6-Dichlorphenolindophenol) in 20 µl - Schritten bis zu einem konstanten, mindestens eine Minute anhaltenden Farbumschlag zu einem rosa Farbton titriert. Unter Zugabe der DCPIP Lösung, welche im alkalischen Bereich blau gefärbt ist, wird die Ascorbinsäure reduziert und geht dabei in seine farblose Leukoform über, die bei einem pH = 4.1 rosa ausfärbt. Variieren die Werte der beiden Messungen um mehr als drei Prozent, muss der Vorgang wiederholt werden (Keutgen und Keutgen, 2015; Franzke, 1996).

Aufgrund der intensiven Färbung und der auftretenden Trübung der roten Schnittsalate mussten diese für zwei Minuten bei 10.000 Umdrehungen pro Minuten zentrifugiert werden und wurden anschließend nach folgendem Schema verdünnt: 1ml Probe + 4 ml Oxalsäure + 15 ml

destilliertes Wasser. Erst an dieser verdünnten Lösung konnte die Titration vorgenommen werden. Die Ergebnisse wurden in mg in Bezug auf Kilogramm Frischmasse ausgedruckt.

Die weiteren Untersuchungen sollten an der Trockenmasse der genommenen Proben durchgeführt werden. Jedoch konnten aufgrund der mehrmaligen Dysfunktion der Gefriertrocknungsanlage der Universität für Bodenkultur keine getrockneten Proben hergestellt werden. Folglich wurden die weiteren Untersuchungen anhand der Frischmasse durchgeführt.

Probenaufbereitung zur spektrophotometrischen Bestimmung der antioxidativen Kapazitäten, der Gesamtphenole und der Anthocyan/Karotinoid/Chlorophyllgehalte

Anfänglich wurden rund zehn Gramm der tiefgefrorenen Frischprobe eingewogen, mit 50 ml vergälltem Ethanol (96%) in einem Becherglas aufgefüllt und homogenisiert. Das so erzeugte Homogenisat wurde eine Stunde geschüttelt, filtriert, in einen 50 ml Kolben quantitativ übertragen und mit dem vergällten Ethanol bis zur 50 ml Marke aufgefüllt. Abschließend wurden die gewonnenen Auszüge bei minus 18 °C bis zur jeweiligen Messung gelagert. Alle Messungen unter Nutzung der Auszüge wurden auf dem Spektrophotometer SP-8001 mit der Computersteuerung, Firma Metertech, Taiwan durchgeführt.

Messung der antioxidativen Kapazität

Für die Bestimmung der antioxidativen Kapazität wurde eine FRAP (Ferric Reducing / Antioxidant Power Assay) -Lösung, bestehend aus 50 ml Acetat Puffer, 5 ml TPTZ Lösung, 5 ml Eisen(III)-chlorid Lösung und 6 ml destilliertem Wasser, hergestellt. Für die Messung wird 1 ml der FRAP Lösung mit 100 µl der jeweiligen Probe in der Küvette vermischt und durchmischt. Diese Methode basiert auf den reduzierenden Eigenschaften der antioxidativen Inhaltsstoffe. Sie können bei niedrigem pH Wert den Eisen(III)-Tripyridyltriazin-Komplex zur Eisen(II)-Form reduzieren. Diese Reduktion bedingt einen blauen Farbumschlag der Lösung, die bei 593 nm spektralphotometrisch gemessen wird. Je stärker die Farbentwicklung, desto mehr antioxidativ wirkende Substanzen sind in den Proben enthalten (Stracke et al., 2008; Keutgen und Pawelzik, 2007; Benzie und Strain, 1996).

Photometrische Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz

Wie bei der Messung der antioxidativen Kapazität müssen für die Bestimmung des Gesamtphenolgehalts mehrere Standards zur Kalibrierung des Spektrophotometers festgelegt werden. Tabelle 8 zeigt exemplarisch die Aufbereitung der Standards und der Proben (Keutgen und Pawelzik, 2007). Die lineare Beziehung hat man im Bereich von 0 bis 6,608 mg L⁻¹ festgestellt (Keutgen und Pawelzik, 2007; verändert nach Singleton und Rossi, 1965).

Die Kalibrierung mittels der fünf Standards wurde erst dann angenommen, wenn einen Korrelationskoeffizient (r^2) von mindestens 0,98 erzielt wurde. Die vorhandenen Phenole werden durch die Zugabe der Folin Reagenz blau eingefärbt und können somit per Spektrophotometer in einem Wellenlängenbereich von 735,8 nm nachgewiesen werden. Die Berechnung der Konzentration in µg/ml wird automatisch durchgeführt und muss nun auf das Volumen des Messkolbens in cm³ und das Einwaagegewicht umgerechnet werden, um in mg kg⁻¹ Frischmasse angegeben werden zu können. (Keutgen und Pawelzik, 2007).

Messung des Karotinoidgehalts und des Chlorophyllgehalts:

Die Analyse der beiden Werte erfolgt ebenfalls per Spektrophotometer, jedoch mit einer anderen Funktion (Photometric), und erfordert keine Standards zur Kalibrierung. Zur genauen Messung müssen die jeweiligen Wellenlängen der Untersuchungsparameter festgelegt werden. Hier wurden die Wellenlängen bei 470 nm, 648,8 nm und 664, 2 nm verwendet (Yahia und Ornelas-Paz, 2010; Wellburn, 1994).

Mit Ausnahme der Proben der gelben Endivienanteile müssten alle anderen Proben aufgrund ihrer starken Färbung vierfach mit Ethanol verdünnt werden.

Messung des Anthocyangehalts:

Zur Bestimmung wurden eine Kaliumchloridlösung und eine Natriumacetatlösung hergestellt. Jede Probe wird einmal mit der Kaliumchloridlösung und einmal mit der Natriumacetatlösung im Verhältnis von 20:80 vermengt und anschließend im Spektrophotometer bei den Wellenlängen 614 nm, 676 nm und 700 nm gemessen. Aufgrund eines bis dato unbekannten Aufbereitungsfehlers sind die Ergebnisse fehlerhaft und können somit nicht in die Arbeit einbezogen werden.

Messung der reduzierenden Zucker und des Gesamtzuckergehalts:

Im Vorfeld der Messungen wurden eine Dinitrophenollösung (DNP) zur Erstellung der notwendigen Standardkurve des Spektrophotometers und eine Glukose Standardlösung aufbereitet. Zur Messung der reduzierenden Zuckeranteile (bestehend aus Glukose und Fruktose) der Wintergemüsesorten wurden pro Probe 1 ml Flüssigkeit entnommen und mit 3 cm³ der DNP Lösung vermischt. Diese Mischung wurde für 10 min bei einer Temperatur von 81 °C erwärmt. Nach der Erstellung der Standardkurve mit einer Genauigkeit von $r^2 \geq 98$ wurden die Proben bei einer Wellenlänge von 600 nm mittels Spektrophotometer gemessen.

Für die Messung des Gesamtzuckergehalts wurden 2 ml Probeflüssigkeit entnommen und mit 38 ml destilliertem Wasser verdünnt. Anschließend wurde ein Tropfen HCl zugefügt und die Lösung im Zuge der Hydrolyse für 30 Minuten bei 81 °C erhitzt. Danach wurde konzentriertes NaOH so lange zugefügt, bis sich die Lösung im basischen Bereich eingestellt hat. Weiters wurde 1 ml jeder Probe entnommen, mit 3 ml DNP Lösung vermischt und wieder für 10 Minuten im 81 °C warmen Wasserbad erhitzt. Nach der Abkühlung wurde daraus rund 1 ml entnommen und im Spektrophotometer bei derselben Wellenlänge analysiert. Die Differenz der beiden Zuckerwerte, ausgedrückt in mg kg⁻¹ FM, ergibt die jeweilige Saccharosemenge, korrigiert um die Umsetzungseffizienz der Hydrolyse von 95%. (Talbert und Smith, 1987).

Trockensubstanz:

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurden die Proben mit einem ungefähren Gewicht von 10 g einer 24-stündigen Trocknung unterzogen. Die Ofentemperatur über die ersten 22 Stunden betrug 75 °C, für die restlichen zwei Stunden wurde sie auf 105 °C erhöht, um die Restfeuchte zu entziehen. Nach der anschließenden Auskühlungsphase von 30 min wurden die Proben gewogen und die Resultate auf den Trockenmasseanteil prozentual bezogen auf das Frischmassegewicht angegeben.

7 Ergebnisse der Feldversuche und Laboranalysen

Die folgenden Abschnitte befassen sich mit der Dokumentation und Auswertung aller gewonnenen Daten der jeweiligen Gemüsekultur. Folglich werden die Hauptkulturen Endivie und Karotte in Feld- und Laborteil aufgegliedert. Die ursprünglich ebenfalls in größerem Umfang angelegten Versuche mit Kopfsalaten konnten aufgrund der Fehlentwicklung weder für die Feld- noch für die Laborversuche herangezogen werden. Die Versuche mit diversen Schnittsalaten wurden nur in Hinblick auf den Laborteil näher analysiert werden, da die Bestände bedingt durch hohe Ausfälle zu dem gewählten Erntetermin bereits auf ein Minimum reduziert waren. Die Felddaten des Petersilienversuchs wurden kurz porträtiert, ebenso wie die Bestandsaufnahme der Inhaltsstoffe.

7.1 Ergebnisse der Feldversuche von *Cichorium endivia* var. *latifolium*

Beide Endiviensorten präsentierten sich zum Erntetermin am 2.12.2015 in einem guten optischen Zustand. Die Bestände waren weitestgehend lückenlos. Einzelne Ausfälle waren auf Mäusefraß zurückzuführen. Eine Ausnahme bildeten zahlreiche Exemplare der Sorte 'Stratego' im Bleichversuch, deren äußere Qualität aufgrund von Nekrosen an den Blatträndern und auftretenden Blattkrankheiten nicht mit der Qualität der anderen Versuche vergleichbar war. Die Tabellen 9 und 10 listen die gewonnenen Daten inklusive der Standardabweichungen der beiden Sorten auf.

Tabelle 9 Ertragslagen der Endiviensorten 'Stratego' und 'Nuance' vom 2.12.2015 (Signifikanz nach dem t – Test bei $p \geq 0,05$)

Sorte & Stichprobenumfang	'Stratego'	'Nuance'
Durchschnittliches Stückgewicht ungeputzt in kg (n=24)	0,589 $\pm 0,074$ b	0,642 $\pm 0,088$ a
Durchschnittliches Stückgewichtgewicht geputzt in kg (n=24)	0,395 $\pm 0,075$ b	0,438 $\pm 0,080$ a
Durchschnittliche Blattzahl pro Stück (n=24)	95,16 $\pm 10,08$ b	104,25 $\pm 11,41$ a
Ertrag pro m ² in kg	3,95 b	4,38 a

Tabelle 10 Anteilsdurchmesser der Standardversuche und der Bleichversuche vom 2.12.2015 (inklusive der Ergebnisse der Tukey Tests mit $p \geq 0,05$, wo gilt a signifikant höher und b signifikant kleiner (in der Tabelle von links nach rechts))

Sorte, Anbauform & Stichprobenumfang	`Stratego´ Normalversuch (n=16)	`Stratego´ Bleichversuch (n=8)	`Nuance´ Normalversuch (n=16)	`Nuance´ Bleichversuch (n=8)
Ø Kopfdurchmesser (geputzt) in cm	35,46 ±2,39 b	35,75 ± 2,04 b	39,06 ± 2,77 a	36,56 ± 4,04 b
Ø Durchmesser des Gelbanteils in cm	12,15 ±1,48 b	27,37 ±2,82 a	14,53 ±1,45 b	27,06 ±3,02 a

Die erhobenen Felddaten wurden mit Hilfe von t-Tests und Tukey Tests auf ihre Signifikanz getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sorte `Nuance´ im ungeputzten und geputzten Zustand signifikant höhere Kopfgewichte sowie eine signifikant höhere Blattzahl aufweist. Daraus resultiert der signifikant höhere Ertrag pro m<sup>2</sup>. Bezogen auf die erhobenen Kopfdurchmesser und die Durchmesser der Gelbanteile wies die Sorte `Nuance´ ebenfalls signifikant höhere Werte auf. Für die Sorte `Stratego´ ergab sich ein Gelbanteil von rund 34 % und bei `Nuance´ einer von fast 38 %. Die Auswertung der Gelbanteile im Bleichversuch lies keine Rückschlüsse auf signifikante Sortenunterschiede zu. Auch die Stückdurchmesser im nicht gebleichten Versuch ergaben keine signifikanten Unterschiede. Gut zu erkennen war die deutliche Zunahme der Gelbanteile im Bleichversuch und deren prozentuale Ausweitung auf 77% `Stratego´ bei und 74 % `Nuance´ bei pro Stück.

7.2 Ergebnisse der Laboranalysen von *Cichorium endivia* var. *latifolium*

Die gesammelten Ergebnisse der Messungen von Vitamin C Gehalt, Trockenmasse und Anteil löslicher Zucker sowie die Gehalte von Phenolen, Karotinoiden, Chlorophyllen und der gesamten antioxidativen Kapazität wurden in tabellarischer Form festgehalten. Um etwaige Unterschiede und Tendenzen zu verdeutlichen, wurden die Ergebnisse in Form von Boxplots dargestellt und mittels t-Tests und Tukey Tests auf ihre Signifikanz untersucht. Tabelle 11 bis 14 sowie die Abbildungen 8 und 9 zeigen die Ergebnisse der Laboranalysen der verschiedenen Endiviensorten und Anbauversuche. Zur Ermittlung der Gesamtwerte der Proben wurden die Ergebnisse anhand der jeweiligen Anteile gewichtet.

Die durchgeführten t-Tests und Tukey Tests zeigen unterschiedliche Ergebnisse und Tendenzen. Klar zu erkennen waren die signifikant niedrigeren Konzentrationen der untersuchten Inhaltsstoffe bei beiden Endiviensorten aus dem Bleichversuch. Zwischen den Sorten gab es signifikante Unterschiede bei den (Gesamt)Chlorophyllen und den Karotinoiden, wobei hier die Sorte `Stratego` die höheren Werte aufwies. Der Gelbanteil von `Nuance` wies im Vergleich zu allen anderen Proben den signifikant höchsten Gehalt an reduzierenden Zuckern auf. In Bezug auf den Vitamin C Gehalt hatte der Grünanteil der Sorte die `Nuance` die signifikant höchsten Gehalte, im Vergleich zu den anderen Sorten über alle Anbauversuche. Die Grünanteile beider Endiviensorten wiesen signifikant höhere antioxidative Kapazitäten als die der gelben Anteile auf. Im Gegensatz dazu kennzeichneten sich die gelben Anteile beider Sorten und Anbauversuche durch signifikant höhere Gesamtzucker Gehalte. Bei der Trockensubstanz und den Saccharosegehalten zeichnete sich ein ähnlicher Trend ab, jedoch ohne statistisch signifikant zu sein.

Tabelle 11 Ergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der Laboruntersuchungen der Endiviensorten `Stratego´ und `Nuance´ [Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$]

Probenart und Stichprobenumfang	Vitamin C mg kg ⁻¹	TM %	Gesamtzucker g kg ⁻¹	Saccharose g kg ⁻¹	Reduzierende Zucker g kg ⁻¹
`Stratego´ Grüner Anteil (n=4)	141,96 ± 56,87 b	7,48 ± 0,91 a	18,20 ± 0,45 b	8,99 ± 1,9 a	9,21 ± 2,39 b
`Stratego´ Gelber Anteil (n=4)	112,18 ± 0,58 b	8,69 ± 0,13 a	24,33 ± 2,10 a	14,94 ± 2,4 a	9,38 ± 1,45 b
`Nuance´ Grüner Anteil (n=4)	224,97 ± 1,27 a	6,75 ± 0,58 a	20,67 ± 1,90 b	11,53 ± 1,3 a	9,13 ± 0,92 b
`Nuance´ Gelber Anteil (n=4)	112,90 ± 0,99 b	7,90 ± 1,08 a	25,31 ± 9,50 a	11,50 ± 1,0 a	14,81 ± 4,97 a
Gesamtprobe `Stratego´ (n=8)	131,75 ± 40,49 a	7,81 ± 1,24 a	20,10 ± 6,10 a	10,92 ± 3,6 a	9,17 ± 1,83 b
Gesamtprobe `Nuance´ (n=8)	183,27 ± 59,9 a	7,11 ± 1,01 a	22,18 ± 5,79 a	12,62 ± 5,1 a	11,14 ± 4,49 a

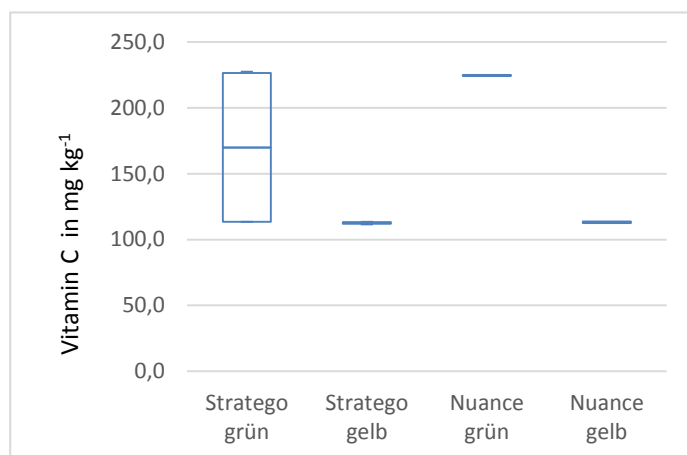


Abbildung 8 Vitamin C Gehalte der Endiviensorten ohne Bleichversuch

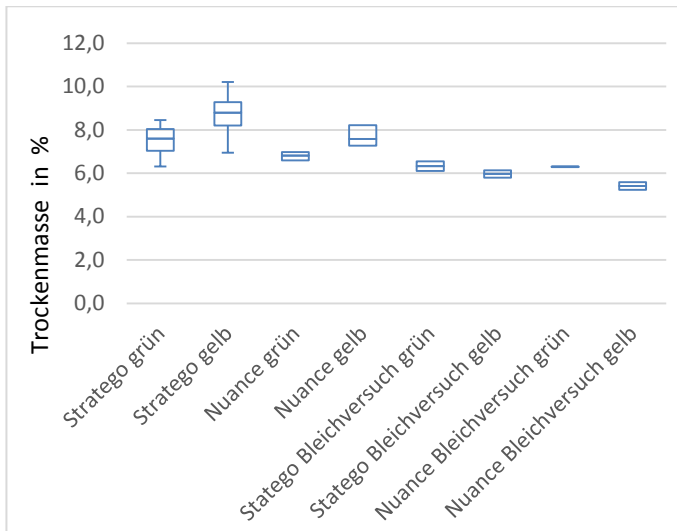


Abbildung 9 Trockensubstanzgehalte im Vergleich

Tabelle 12 Ergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der weiteren Laboruntersuchungen der Endiviensorten `Stratego´ und `Nuance´
[Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$]

Probenart und Stichprobenumfang	Gesamtphenole mg kg^{-1} FM	Antioxidative Kapazität $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$	Karotinoide mg kg^{-1} FM	Gesamtchlorophyll mg kg^{-1} FM	Chlorophyll a mg kg^{-1} FM	Chlorophyll b mg kg^{-1} FM
`Stratego´ Grüner Anteil (n=4)	$15,36 \pm 5,18 \text{ a}$	$2,26 \pm 0,25 \text{ a}$	$59,67 \pm 10,11 \text{ a}$	$201,81 \pm 41,39 \text{ a}$	$192,03 \pm 36,4 \text{ a}$	$9,78 \pm 5,06 \text{ a}$
`Stratego´ Gelber Anteil (n=4)	$12,9 \pm 7,14 \text{ a}$	$1,42 \pm 1,21 \text{ b}$	$11,96 \pm 2,21 \text{ b}$	$52,02 \pm 19,01 \text{ c}$	$52,02 \pm 19,01 \text{ c}$	$0,0 \pm 0,0 \text{ b}$
`Nuance´ Grüner Anteil (n=4)	$11,72 \pm 2,06 \text{ a}$	$2,11 \pm 0,16 \text{ a}$	$42,87 \pm 7,62 \text{ a}$	$145,63 \pm 26,65 \text{ b}$	$136,97 \pm 24,59 \text{ b}$	$8,66 \pm 3,07 \text{ a}$
`Nuance´ Gelber Anteil (n=4)	$11,12 \pm 1,22 \text{ a}$	$1,13 \pm 0,21 \text{ b}$	$8,74 \pm 1,72 \text{ b}$	$32,65 \pm 11,90 \text{ d}$	$32,65 \pm 11,90 \text{ d}$	$0,0 \pm 0,0 \text{ b}$
Gesamtprobe `Stratego´ (n=8)	$14,37 \pm 5,93 \text{ a}$	$1,95 \pm 0,59 \text{ a}$	$42,8 \pm 26,38 \text{ a}$	$148,86 \pm 85,43 \text{ a}$	$142,5 \pm 79,52 \text{ a}$	$6,35 \pm 6,19 \text{ a}$
Gesamtprobe `Nuance´ (n=8)	$11,38 \pm 1,6 \text{ a}$	$1,72 \pm 0,55 \text{ a}$	$29,81 \pm 18,95 \text{ b}$	$102,37 \pm 75,55 \text{ b}$	$97,01 \pm 58,56 \text{ b}$	$5,36 \pm 5,05 \text{ a}$

Die deutliche Erhöhung der Gelbanteile im Bleiversuch auf rund 75 % bei beiden Sorten resultierte in durchgängig niedrigeren Konzentrationen der analysierten Inhaltsstoffe.

Tabelle 13 Ergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der Laboruntersuchungen beider Endiviensorten im Bleichversuch [Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$]

Probenart und Stichprobenumfang	Vitamin C mg kg ⁻¹	TM %	Gesamtzucker g kg ⁻¹	Saccharose g kg ⁻¹	Reduzierende Zucker g kg ⁻¹
`Stratego´ Grüner Anteil (n=3)	226,14 ±0,63 a	6,32 ±0,06 a	14,25 ± 0,4 a	8,03 ± 0,1 a	6,22 ± 0,57 a
`Stratego´ Gelber Anteil (n=3)	113,46 ±0,08 b	5,96 ±0,04 a	17,83 ± 2,5 a	9,45 ±1,3 a	8,37 ± 1,24 a
`Nuance´ Grüner Anteil (n=3)	224,35 ±0,62 a	6,29 ±0,01 a	15,68 ± 1,7 a	9,46 ± 1,6 a	6,21 ± 0,86 a
`Nuance´ Gelber Anteil (n=3)	168,43 ±79,08 b	5,41 ±0,05 a	16,46 ±2,8 a	8,49 ± 0,2 a	7,96 ± 1,78 a
Gesamtprobe `Stratego´ (n=6)	139,71 ±65,05 a	6,04 ±0,05 a	17,01 ± 2,55 a	9,12 ±1,12 a	6,88 ± 1,47 a
Gesamtprobe `Nuance´ (n=6)	182,94 ±55,92 a	5,63 ±0,59 a	16,25 ±2,69 a	8,74 ±1,79 a	6,79 ± 1,52 a

Tabelle 13 Weitere Laborergebnisse (bezogen auf die Frischmasse) der Endivien aus dem Bleichversuch [Signifikanz nach dem Tukey Test bei $p \geq 0,05$]

Probenart und Stichprobenumfang	Gesamtphenole $\text{mg kg}^{-1} \text{ FM}$	Antioxidative Kapazität $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$	Karotinoide $\text{mg kg}^{-1} \text{ FM}$	Gesamtchlorophyll $\text{mg kg}^{-1} \text{ FM}$	Chlorophyll a $\text{mg kg}^{-1} \text{ FM}$	Chlorophyll b $\text{mg kg}^{-1} \text{ FM}$
´Stratego´ Grüner Anteil (n=3)	9,37 $\pm 0,15$ a	2,29 $\pm 0,2$ a	42,68 $\pm 6,8$ a	135,63 $\pm 13,4$	127,17 $\pm 26,74$ a	8,46 $\pm 1,75$ a
´Stratego´ Gelber Anteil (n=3)	7,95 $\pm 0,85$ a	0,96 $\pm 0,01$ b	6,85 $\pm 1,1$ c	20,45 $\pm 4,61$	20,45 $\pm 4,61$ b	0,0 $\pm 0,0$ b
´Nuance´ Grüner Anteil (n=3)	8,34 $\pm 1,6$ a	1,44 $\pm 0,2$ a	28,8 $\pm 10,4$ b	96,86 $\pm 38,2$	90,79 $\pm 7,24$ a	6,07 $\pm 0,22$ a
´Nuance´ Gelber Anteil (n=3)	7,48 $\pm 0,1$ a	1,07 $\pm 0,2$ b	7,66 $\pm 2,6$ c	37,97 $\pm 18,59$	37,97 $\pm 18,59$ b	0,0 $\pm 0,0$ b
Wert der gesamten Probe (n=6)	8,27 $\pm 0,96$ a	1,26 $\pm 0,78$ a	15,09 $\pm 21,42$ a	46,94 $\pm 73,21$	44,99 $\pm 63,58$	1,94 $\pm 4,99$ a
Wert der gesamten Probe (n=6)	7,7 $\pm 1,08$ a	1,16 $\pm 0,28$ a	13,15 $\pm 12,39$ b	53,28 $\pm 33,39$	51,57 $\pm 32,6$	1,57 $\pm 3,51$ a

Aus den gewonnenen Daten, ersichtlich in folgenden Boxplots der Abbildungen 10 bis 14, geht mit Ausnahme der Zuckergehalte eine klare Tendenz zu geringeren Werten der Exemplare aus den Bleichversuchen hervor.

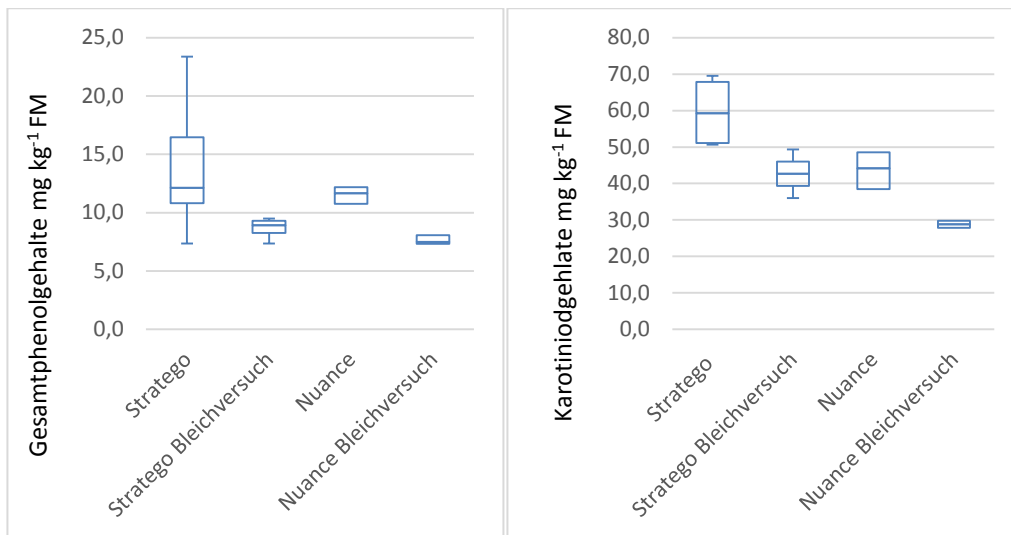


Abbildung 10 Gesamtphenol und Karotinoidgehalte der verschiedenen Endiviensorten und Versuche

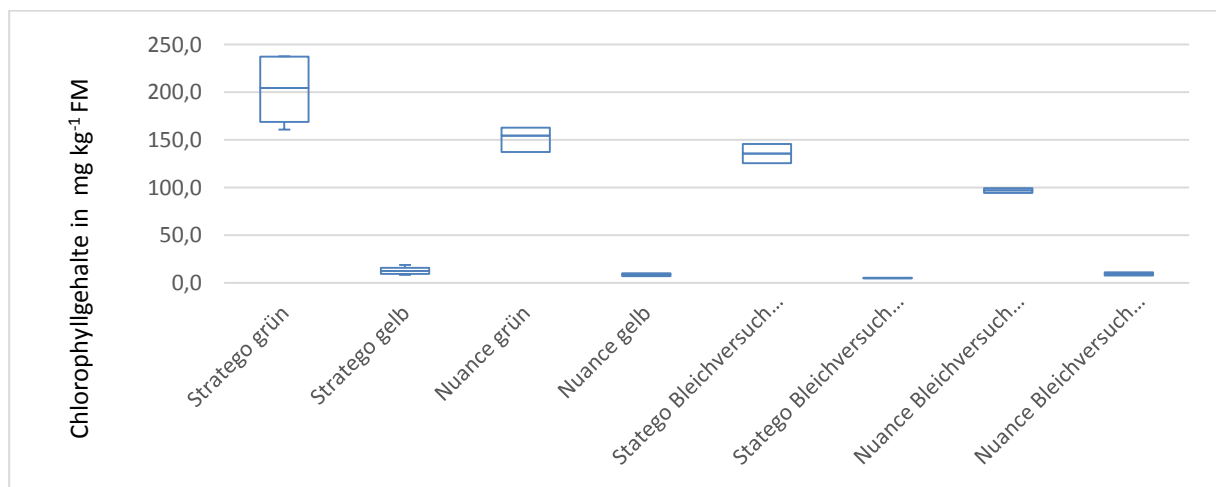


Abbildung 11 Gesamtchlorophyllgehalte der verschiedenen Endiviensorten und Versuche

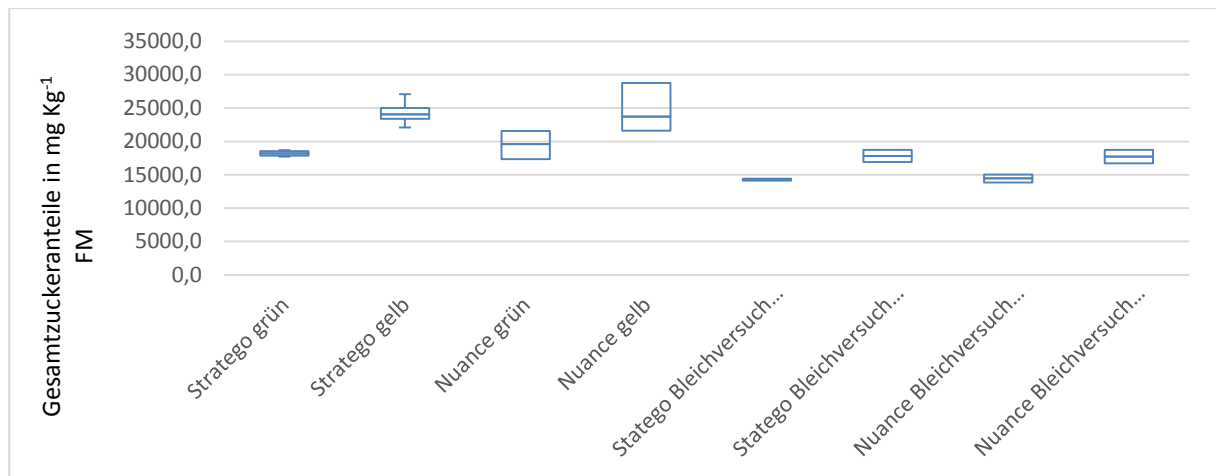


Abbildung 12 Gesamtzuckergehalte aller Sorten und Anbauversuche

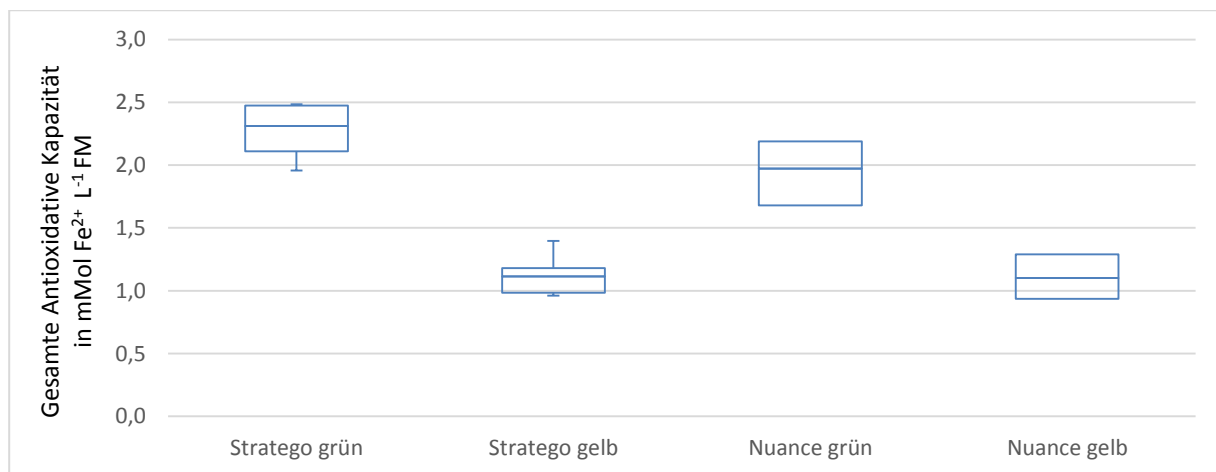


Abbildung 13 Antioxidative Kapazitäten aller Endivienversuche und Sorten

7.3 Ergebnisse der Feldversuche von *Daucus carota* L.

Bereits vor den ersten Probenahmen am 2.12.2015 war ein deutlicher Unterschied der Laubqualität und Quantität zwischen den angebauten Sorten und zwischen den Versuchspartzen mit und ohne der verwendeten Vliesabdeckung mit freiem Auge zu erkennen. Die Sorte `Eskimo F1` wies in beiden Anbauvarianten ein deutlich besser ausgebildetes Laub auf als die Sorte `Merida F1`, die bereits einiges an Laubmasse abgebaut hatte. Insgesamt kennzeichneten sich die Partzen der Sorte `Merida F1` durch lückenhafte Bestände, was auf einen geringeren Feldaufgang zurückzuführen ist. Die Partzen mit der Vliesabdeckung wiesen bei beiden Sorten deutlich üppigeres Laub auf.

Die entnommenen Proben beider Sorten und Anbauvarianten wiesen eine ansprechende äußere Qualität auf. Sie kennzeichneten sich durch einen geraden Wuchs und wiesen keine äußeren Beschädigungen durch Frost oder Schädlinge auf. Von den 98 entnommen Karotten der Sorte `Eskimo F1` und den 83 Stück der Sorte `Merida F1` waren alle für eine Vermarktung als Bündelware geeignet. Für die erste statistische Analyse wurden die jeweils zehn größten Exemplare der einzelnen Partzen herangezogen. Die durchgeführten t-Tests zeigten, dass die Sorte `Eskimo F1` signifikant höhere Gesamtgewichte aufweist. Nach Abtrennung der Laubanteile ergaben die Tests keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das reine Wurzelgewicht der beiden Sorten. Auch für die festgestellten Wurzellängen konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Tabelle 15 listet die Ergebnisse der Auswertungen vom 2.12.2015 auf.

Tabelle 14 Ertragsdaten der Laub- und Wurzelmasse der einzelnen Karottensorten (Signifikanz nach dem t -Test bei $p \geq 0,05$)

→Ernte Top Qualität	`Eskimo F1´ (n=40)	`Merida F1´ (n=40)
Durchschnittliches Gewicht mit Laub in g	77,42 ±37,0 a	56,92 ± 29,34 b
Durchschnittliches Wurzelgewicht in g	47,86 ±25,29 a	44,77 ±26,64 a
Durchschnittliche Wurzellänge in cm	14,26 ±2,07 a	14,85 ±2,73 a
→Gesamternte	`Eskimo F1´ (n=98)	`Merida F1´ (n= 83)
Durchschnittliches Gewicht mit Laub in g	51,19 ±37,18 a	41,40 ±29,34 b

Am zweiten Untersuchungstermin, dem 9.3.2016, wurden alle Parzellen beider Karottensorten komplett abgeerntet. Im Anschluss wurden die Sorten in Bezug auf Stückzahl, Ausfallquoten sowie äußere Qualität beurteilt. Aus den in Tabelle 16 verzeichneten Ergebnissen ergibt sich für die Sorte `Eskimo F1´ ein Ernteanteil von 21,48 Prozent (17,58% von Parzelle 306; 29,02% von Parzelle 324) und für `Merida F1´ ein Anteil von 11,8% (6,84% von Parzelle 307; 19,47% von Parzelle 325) in Bezug auf die (ungefähr) ursprünglich ausgesäte Menge von 3184 Stück pro Sorte, resultierend aus der Anbaudichte von 25*1 cm und einer Parzellengröße von 4 m². Die massiven Ausfälle waren auf den Versuchspartellen ohne Vliesabdeckung, 306 und 307, besonders deutlich. Ein weiterer Grund für die Ausfälle war die Beschädigung des Rolltunnels an diesen Stellen des Bestandes und die damit einhergehende Frosteinwirkung. Nach Abrechnung der Ausfälle und der beschädigten Exemplare, beispielhaft ersichtlich in Abbildung 17, ergab sich für `Eskimo F1´ ein gemittelter Ertrag / m<sup>2</sup> von 2306,25 g (ungeschützt 192 g; geschützt 2687,5 g) und für `Merida F1´ ein Ertrag / m² von 437,5 g (ungeschützt 187,5 g; geschützt = 687,5 g). Hervorzuheben ist das signifikant bessere Abschneiden der Partellen mit Vliesabdeckung sowie die signifikant besseren Erträge der Sorte `Eskimo F1´. Die Schadbilder traten vor allem im oberen Bereich der Wurzel auf, welcher nicht durch Erde geschützt ist und somit durch mehrmaliges auf und abtauen Gewebeschäden aufwies.

Tabelle 15 Ergebnisse der Karottenernte vom 9.3.1016, angegeben pro Parzelle (1*4m) und pro m²

Sorte & Parzellennummer	`Eskimo F1` 306 (ohne Vlies)	`Eskimo F1` 324	`Merida F1` 307(ohne Vlies)	`Merida F1` 325
Gesamtstückzahl	255	429	90	286
Positive Auslese	133	255	21	77
Negative Auslese	123	174	69	209
Gesamtertrag in kg m ⁻²	3,21	4,43	0,85	2,97
Gewicht der positiven Auslese in kg/m²	1,92	2,68	0,18	0,68

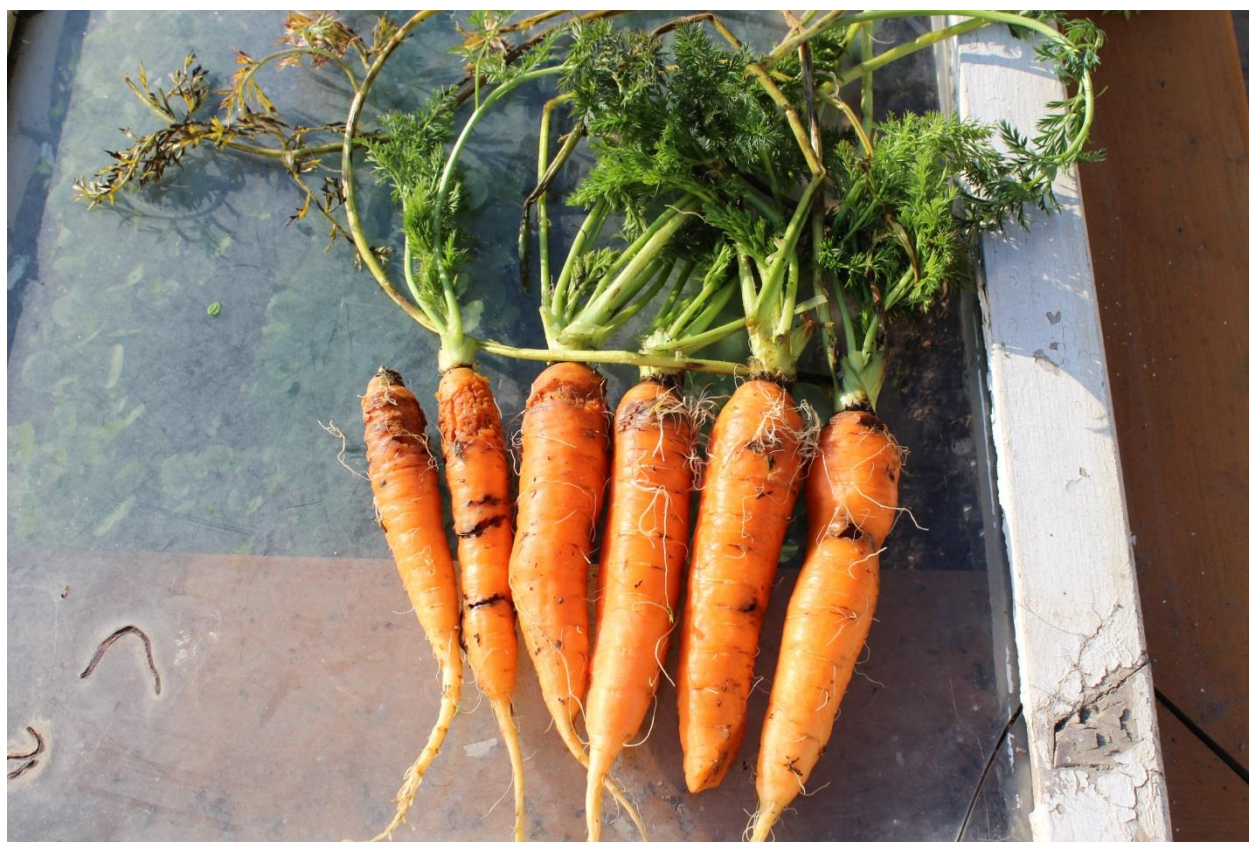


Abbildung 14 Exemplarisches Schadbild der Karottensorte `Merida verursacht u.a. durch Möhrenfliege - *Chamaepsila rosae* (Keutgen und Keutgen, 2015)

7.4 Ergebnisse der Laboruntersuchungen von *Daucus carota* L.

Die gesammelten Laborergebnisse beider Sorten und Anbauermine werden in den Tabellen 17 und 18 aufgelistet. Hervorzuheben sind die auffallend hohen Vitamin C Gehalte beider Sorten und Anbauermine. Da die durchschnittlichen in der Fachliteratur aufgelisteten Werte von Vitamin C Gehalten bis maximal 110 mg kg^{-1} FM ausgehen, ist von einem Fehler während der Analyse auszugehen, wobei nur weitere Untersuchungen Genauigkeit bringen können (Souci et al., 2011).

Die weiteren Ergebnisse wurden mittels statistischer Auswertung auf ihre Signifikanz getestet, um etwaige Unterschiede zwischen den Sorten und Ernteterminen zu eruieren. Mit einem Signifikanzniveau von $p \geq 0,05$ zeigten die Tukey Tests folgende Entwicklungen zwischen den Ernteterminen: Zunahme der Gesamtchlorophyllgehalt, resultierend aus den signifikant höheren Chlorophyll a und Chlorophyll b Konzentrationen, Abnahme der Trockenmasse und der Gesamtphenole. Die weitere Abnahme der Karotinoide sowie deren auffällig niedrige Konzentrationen sind kritisch zu hinterfragen. Hervorzuheben sind die signifikant höheren Gehalte an reduzierenden Zuckern bei der Sorte 'Merida F1'. Die weiteren Ergebnisse unterschieden sich nicht signifikant. Die Abbildungen 16 bis 22 stellen die Unterschiede der Anbau und Sortenversuche graphisch dar.

Tabelle 16 Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Karottensorten `Eskimo F1´ und `Merida F1´ bei einem Signifikanzniveau des Tukey-Tests von $p \geq 0,05$ (*deutliche Ausreißer nach oben nicht einberechnet)

2.12.2015 Sorte (Stichprobenumfang)	Vitamin C mg kg^{-1}	TM %	Gesamtzucker g kg^{-1}	Saccharose g kg^{-1}	Reduzierende Zucker g kg^{-1}
`Eskimo F1´ (n=4)	454,34 * $\pm 120,47$	12,76 $\pm 0,42$ a	50,76 $\pm 3,97$ a	44,08 $\pm 3,66$ a	6,68 $\pm 1,31$ b
`Merida F1´ (n=4)	338,51 * $\pm 91,31$	11,41 $\pm 0,77$ a	52,92 $\pm 8,02$ a	37,56 $\pm 4,3$ a	15,36 $\pm 3,7$ a
9.3.2016 Sorte und Stichprobenumfang					
`Eskimo F1´ (n=4)	337,98 * $\pm 92,79$	12,38 $\pm 0,59$ a	52,32 $\pm 4,55$ a	46,45 $\pm 4,34$ a	5,87 $\pm 1,07$ b
`Merida F1´ (n=4)	253,12 * $\pm 55,1$	10,68 $\pm 0,28$ b	59,34 $\pm 5,96$ a	46,54 $\pm 3,48$ a	12,79 $\pm 4,6$ a

Die Boxplots der Abbildungen 16 bis 22 dienen zur Veranschaulichung der Laborergebnisse.

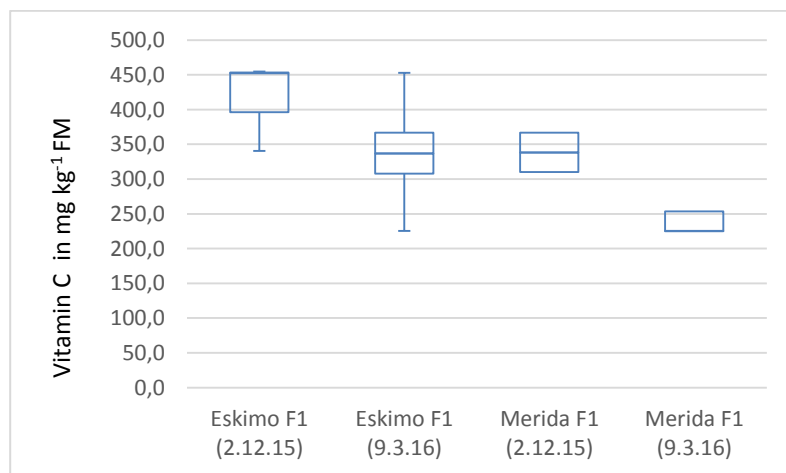


Abbildung 15 Vitamin C Gehalte beider Karottensorten an den jeweiligen Ernteterminen 2.12.2015 und 9.3.2016

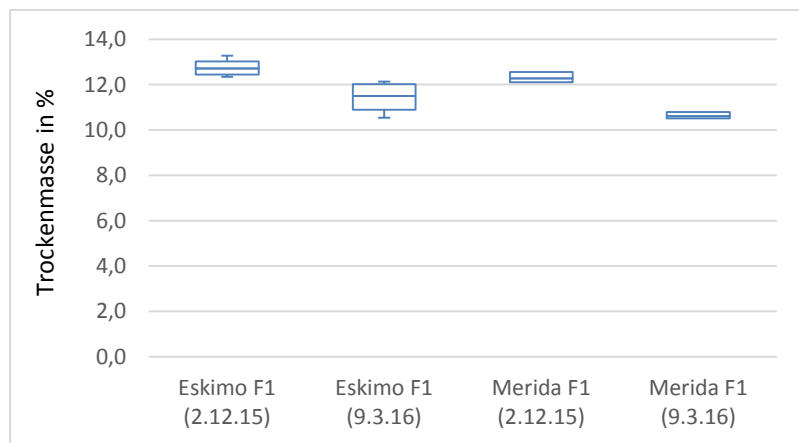


Abbildung 16 Trockensubstanz der Karottensorten der Erntetermine 2.12.2015 und 9.3.2016

Tabelle 17 Weiter Laborergebnisse beider Karottensorten im Vergleich

2.12.2015 (Stichprobenumfang)	Sorte	Gesamtphenole mg kg ⁻¹ FM	Antioxidative Kapazität mmol Fe ²⁺ L ⁻¹	Karotinoide mg kg ⁻¹ FM	Gesamtchlorophyll mg kg ⁻¹ FM	Chlorophyll a mg kg ⁻¹ FM	Chlorophyll b mg kg ⁻¹ FM
`Eskimo F1´ (n=4)		6,43 ±2,42 a	0,80 ±0,15 a	4,99 ±1,56 a	4,03 ±2,85 b	1,66 ±1,01 b	2,36 ±2,4 b
`Merida F1´ (n=4)		4,79 ±2,44 a	0,50 ±0,12 a	5,36 ±1,76 a	4,35 ±2,84 b	1,63 ±1,01 b	2,71 ±2,33 b
9.3.2016 (Stichprobenumfang)	Sorte						
`Eskimo F1´ (n=4)		1,88 ±0,12 b	0,72 ±0,11 a	2,15 ±0,38 b	26,3 ±0,61 a	8,98 ±0,22 a	17,32 ±0,05 a
`Merida F1´ (n=4)		1,95 ±0,14 b	0,85 ±0,13 a	3,46 ±0,52 b	26,45 ±0,34 a	9,03 ±0,18 a	17,42 ±0,12 a

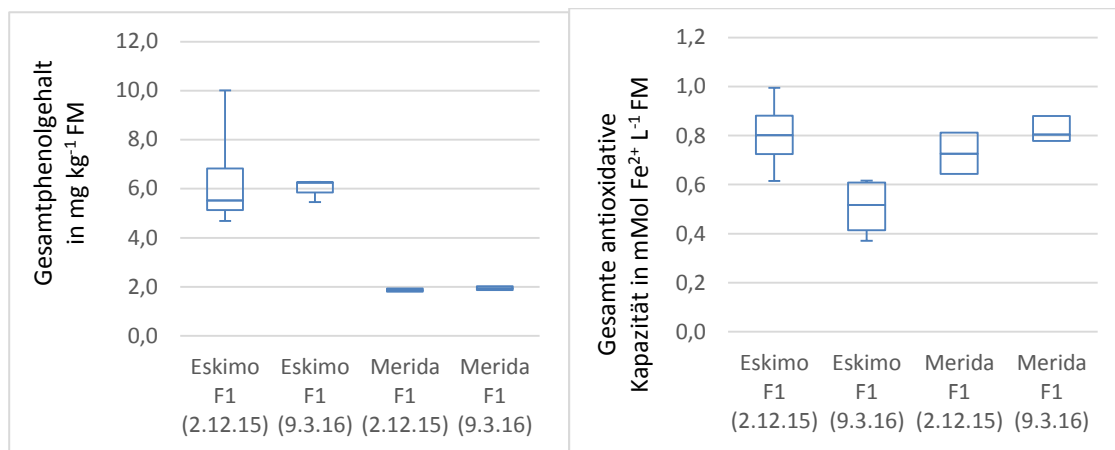


Abbildung 17 Gesamtphenolgehalte und gesamte antioxidative Kapazität der Karottensorten der Erntetermine 2.12.2015 und 9.3.2016

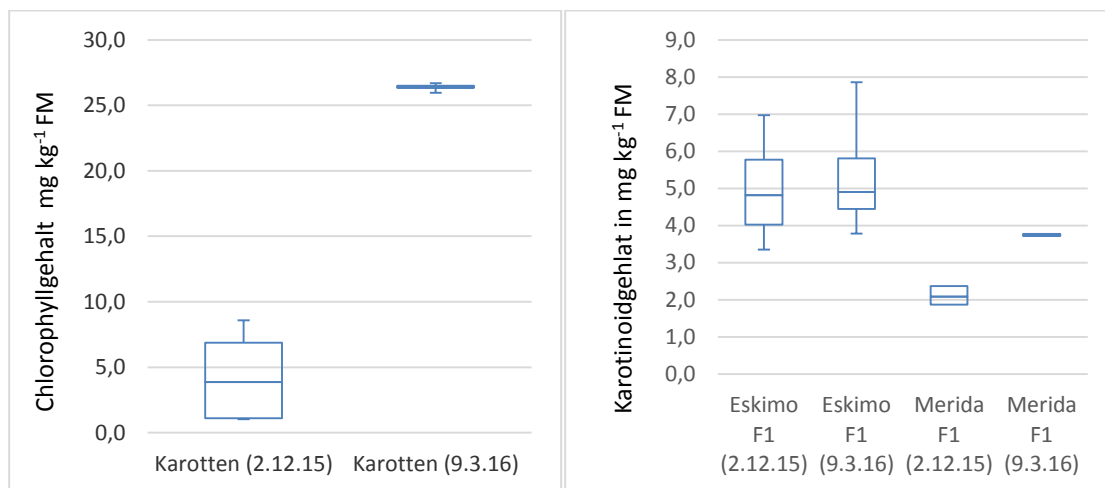


Abbildung 18 Gesamtchlorophyll und Karotinoidgehalte der Karottensorten der Erntetermine 2.12.2015 und 9.3.2016

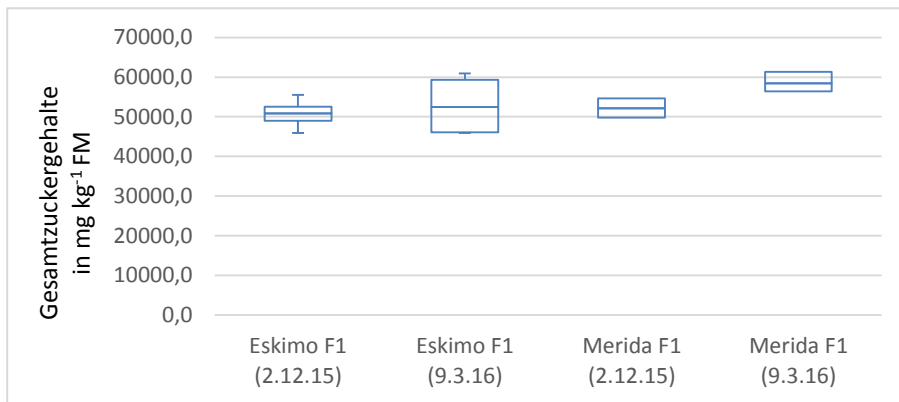


Abbildung 19 Vergleich der Zuckergehalte beider Sorten und Anbaftermine

7.5 Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Schnittsalate

Der gesundheitliche Zustand der acht angebauten Schnittsalatsorten am 2.12.2015, beispielhaft ersichtlich auf den Abbildungen 23 und 24, ließen keine Ertragserhebung zu. Das Auftreten der Pflanzenkrankheiten *Fusarium* und *Pythium* dezimierte vor allem im Monat November die bis dahin gut entwickelten Bestände (Kupfer und Palme, 2016).

Die Sorte 'Oaking' von den Parzellen 322 und 340 war bereits so stark dezimiert, dass keine Probenahme möglich war. Somit wurden die drei grünen Schnittsalate 'Multibaby', 'Ordino' und 'Greenet' sowie die vier roten Sorten 'Redmar', 'Multileaf Redflash', 'Diablotin', und 'Poneloya' zur Analyse herangezogen. Die Ergebnisse der einzelnen Sorten finden sich in den folgenden Tabellen 19 bis 20.



Abbildung 20 Bestandszustand der grünen Schnittsalatsorte 'Ordino' (Eigene Aufnahme, 2015)



Abbildung 21 Zustand der Sorte 'Ordino' (Eigene Aufnahme, 2015)

Die Abbildungen 23 und 24 der grünen Schnittsalatsorte 'Ordino' zeigen beispielhaft die Ausfälle der einzelnen Parzellen sowie den Befall der Exemplare. Die Menge der Ausfälle sowie der schlechte gesundheitliche Zustand der Pflanzen zogen sich durch den gesamten Schnittsalatversuch. Mit Ausnahme der Sorte 'Greenet', welche sich in diesem Versuch als widerständigste Sorte kennzeichnete, ließen die Verhältnisse der Kulturen keine Ertragserhebung zu. Die entnommenen Proben wurden auf die in Tabelle 22 und 23 aufgelisteten Parameter untersucht und mittels t-Tests auf ihre Signifikanz hin überprüft. Dabei wird die Gruppe der grünen Schnittsalate mit der Gruppe der roten Salate verglichen.

Die statistischen Auswertungen zeigten ein eindeutiges Ergebnis, mit klaren Vorteilen der roten Schnittsalate bezüglich der Konzentrationen der untersuchten Inhaltsstoffe. Mit Ausnahme der Vitamin C Gehalte und der Saccharosekonzentration wies die Gruppe der roten Sorten signifikant ($p \geq 0,05$) höhere Werte auf. Dies gilt für die prozentualen Anteile der Trockenmassen, für die Gesamtzuckergehalte sowie für die Konzentrationen an Chlorophyllen, Karotinoiden, Gesamtphenolen und folglich auch für die gesamte antioxidative Kapazität. Eine Ausnahme bilden die Chlorophyll b Werte, die bei der grünen Schnittsalatgruppe signifikant höher ausgeprägt sind, ersichtlich in Tabelle 23.

Tabelle 18 Untersuchungsergebnisse der Schnittsalatgruppen im Vergleich mit bei einem Signifikanzniveau des Tukey-Tests von $p \geq 0,05$

Sorte und Probenumfang	Vitamin C mg kg^{-1}	TM %	Gesamtzucker g kg^{-1}	Saccharose g kg^{-1}	Reduzierende Zucker g kg^{-1}
`Multibaby' (n=3)	169,2 $\pm$ 65,73 a	7,85 $\pm$ 0,06 b	10,88 $\pm$ 0,07 b	5,18 $\pm$ 0,07 a	5,7 $\pm$ 0,01 a
`Ordino' (n=3)	113,8 $\pm$ 0,13 a	7,83 $\pm$ 0,01 b	10,62 $\pm$ 0,02 b	5,08 $\pm$ 0,05 a	5,54 $\pm$ 0,08 a
`Greenet' (n=3)	170,3 $\pm$ 65,8 a	6,60 $\pm$ 0,08 b	11,00 $\pm$ 0,32 b	5,51 $\pm$ 0,27 a	5,49 $\pm$ 0,14 a
`Redmar' (n=3)	167,9 $\pm$ 64,63 a	8,73 $\pm$ 0,05 a	11,56 $\pm$ 0,12 a	5,89 $\pm$ 0,44 a	5,66 $\pm$ 0,31 a
`Multileaf Redflash' (n=3)	112,4 $\pm$ 65,05 a	10,18 $\pm$ 0,02 a	11,62 $\pm$ 1,01 a	5,83 $\pm$ 0,86 a	5,79 $\pm$ 1,38 a
`Diablotin' (n=3)	113,5 $\pm$ 0,13 a	11,28 $\pm$ 0,02 a	11,63 $\pm$ 0,14 a	5,63 $\pm$ 0,31 a	5,99 $\pm$ 0,17 a
`Poneloya' (n=3)	113,1 $\pm$ 0,58 a	10,12 $\pm$ 0,02 a	11,22 $\pm$ 0,18 a	5,09 $\pm$ 0,33 a	6,13 $\pm$ 0,14 a

Tabelle 19 Weitere Untersuchungsergebnisse der Schnittsalatsorten inklusive Vergleich der Schnittsalatgruppen mit Signifikanzniveau des Tukey-Tests von $p \geq 0,05$

Sorte & Stichprobenumfang	Gesamtphenole mg kg^{-1} FM	Antioxidative Kapazität $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ L}^{-1}$	Karotinoide mg kg^{-1} FM	Gesamt- chlorophyll mg kg^{-1} FM	Chlorophyll a mg kg^{-1} FM	Chlorophyll b mg kg^{-1} FM
`Multibaby' (n=3)	21,99 $\pm 0,82$ b	4,95 $\pm 0,4$ b	112,84 $\pm 0,99$ b	373,04 $\pm 16,87$ b	24,81 $\pm 3,48$ b	345,81 $\pm 1,63$ a
`Ordino' (n=3)	22,05 $\pm 2,1$ b	5,59 $\pm 1,82$ b	89,60 $\pm 2,73$ b	239,30 $\pm 1,83$ b	4,31 $\pm 13,45$ b	233,83 $\pm 3,43$ a
`Greenet' (n=3)	12,40 $\pm 0,01$ b	3,16 $\pm 0,93$ b	98,48 $\pm 15,48$ b	295,30 $\pm 20,52$ b	20,76 $\pm 23,4$ b	272,51 $\pm 2,87$ a
`Redmar' (n=3)	34,40 $\pm 1,66$ a	10,20 $\pm 0,55$ a	131,37 $\pm 2,25$ a	535,88 $\pm 113,1$ a	452,30 $\pm 64,22$ a	83,59 $\pm 48,87$ b
`Multileaf R.' (n=3)	38,11 $\pm 2,47$ a	11,38 $\pm 0,28$ a	126,27 $\pm 13,16$ a	386,95 $\pm 28,39$ a	363,23 $\pm 26,37$ a	23,73 $\pm 2,03$ b
`Diablotin' (n=3)	47,78 $\pm 1,02$ a	9,24 $\pm 3,86$ a	133,27 $\pm 14,7$ a	380,14 $\pm 70,75$ a	356,58 $\pm 57,59$ a	23,56 $\pm 13,16$ b
`Poneloya' (n=3)	5,94 $\pm 0,1$ *	9,79 $\pm 0,02$ a	141,95 $\pm 5,01$ a	624,21 $\pm 41,52$ a	495,83 $\pm 11,9$ a	128,38 $\pm 29,62$ b

* Ausreißer nach unten, der nicht in die statistischen Berechnungen einfließt

Für die graphische Darstellung Ergebnisse mittels Boxplots wurden die drei grünen und die vier roten Schnittsalate miteinander verglichen. Die Abbildungen 25 bis 31 verdeutlichen die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

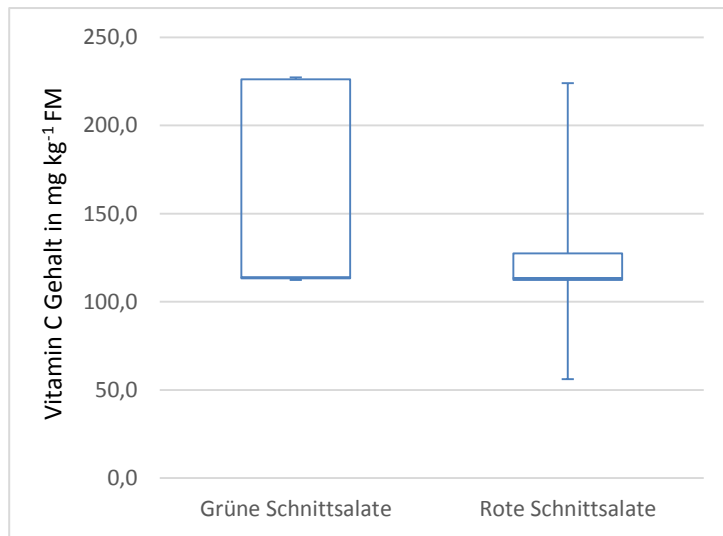


Abbildung 22 Vitamin C Gehalte der beiden Schnittsalatgruppen

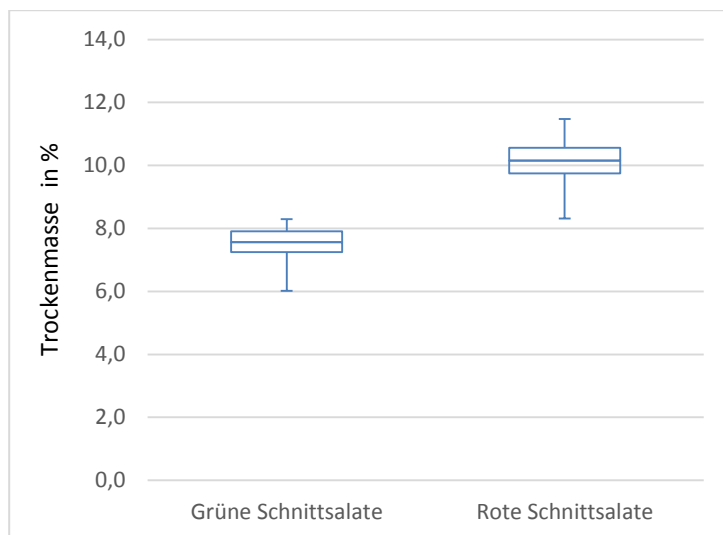


Abbildung 23 Trockensubstanz der grünen und roten Schnittsalate

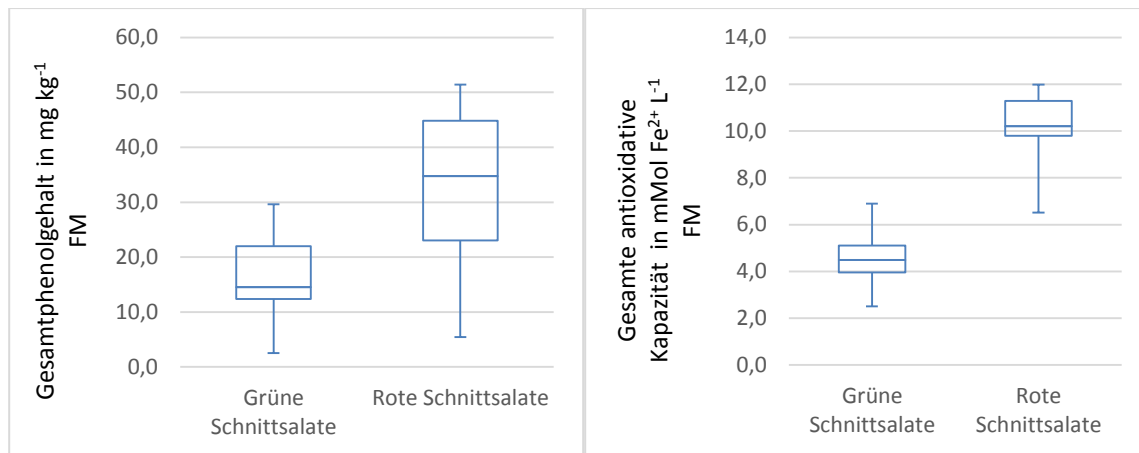


Abbildung 24 Gesamtphenolgehalte und gesamte antioxidative Kapazität der Schnittsalatgruppen im Vergleich

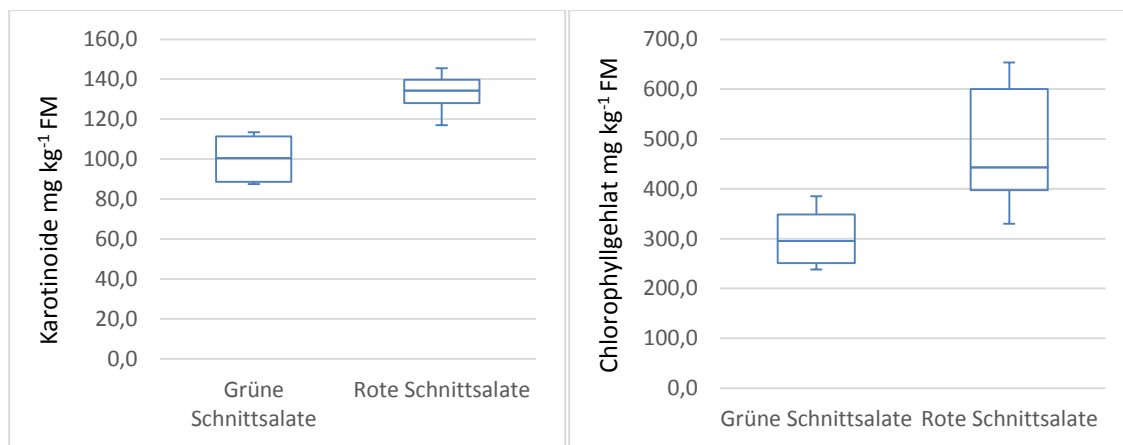


Abbildung 25 Karotinoid und Gesamtchlorophyllgehalte der Schnittsalate

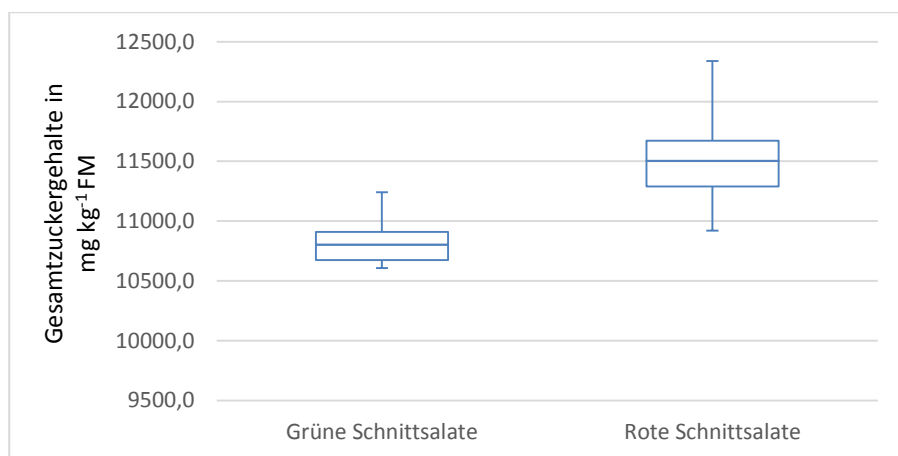


Abbildung 26 Vergleich der Gesamtzuckergehalte der Schnittsalatgruppen

7.6 Ergebnisse der Untersuchungen von *Petroselinum crispum*

Die Bestände der Versuchspartzellen 308 und 326, welche beide mit der Sorte 'Laica' bepflanzt waren, wurden am 2.12.2015 händisch abgeerntet und mit Hilfe der Versuchsleiter der HBLFA Schönbrunn, Herrn Ing. Kupfer und Herrn Dipl. Ing. Palme, hinsichtlich ihrer äußeren Qualität beurteilt. Der Schnitt erfolgte bodennah, ohne jedoch einen Neuaustrieb zu gefährden. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 21 wieder. Die Unterschiede, bezogen auf die äußere Qualität des jeweiligen Bestands, zwischen dem Anbauversuch der temporär über die Frosttage im November mit einer Vliesabdeckung geschützt wurde und dem Anbauversuch ohne einer zusätzlichen Abdeckung sind optisch erkennbar und spiegeln sich in den erhobenen Felddaten wieder.

Tabelle 20 Ergebnisse beider Petersilienversuche vom 2.12.2015

Parzelle (1*4m)	Gesamtertrag in kg	Ertrag / m ² in kg	vermarktbarer Qualität
308 (ohne Vlies)	5,19	1,29	Nein
326 (mit Vlies)	7,08	1,77	Ja

Der insgesamt schlechtere Bestandszustand der Parzelle 308 spiegelte sich in den geringeren Ertragswerten und der bereits beeinträchtigten äußeren Qualität wider. Aufgrund der starken Verbräunung des Laubes, einhergehend mit dem bereits eintretenden Abbau der Blattmasse, war der gesamte Bestand nicht für einen späteren Verkauf geeignet. Der nötige Putz- und Sortieraufwand wäre aus praxisrelevanter Sicht nicht vertretbar (Kupfer und Palme, 2015). Im Gegensatz dazu wies der Bestand auf Parzelle 326 kaum schlechtes Laub auf und schnitt auch bei den reinen Ertragszahlen deutlich besser ab. Für die späteren Laboranalysen wurden nur Proben von Parzelle 326 berücksichtigt. Die gesammelten Forschungsergebnisse werden in den Tabellen 22 und 23 abgebildet.

Die im Labor erhobenen Daten, ersichtlich in den Tabellen 23 und 24 werden im folgenden Abschnitt mit denen der anderen Wintergemüse in einen Kontext gesetzt.

Tabelle 21 Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Petersilie (* ungewöhnlich hoher Wert)

Parzelle & Stichprobenumfang	Vitamin C mg kg ⁻¹	TM %	Gesamtzucker g kg ⁻¹	Saccharose g kg ⁻¹	Reduzierende Zucker g kg ⁻¹
Parzelle 326 (n=4)	6562,35 *	15,76 ± 0,23	17,42 ± 0,33	10,74 ± 0,47	6,67 ± 0,14

Tabelle 22 Ergebnisse der weiteren Laboruntersuchungen der Petersilie

Untersuchungsparameter	Parzelle 326 (n=4)
Gesamtphenole mg kg ⁻¹ FM	12,98 ± 0,76
Antioxidative Kapazität mmol Fe ²⁺ L ⁻¹	6,01 ± 0,09
Karotinoide mg kg ⁻¹ FM	107,49 ± 20,58
Gesamtchlorophyll mg kg ⁻¹ FM	695,16 ± 74,0
Chlorophyll a mg kg ⁻¹ FM	505,06 ± 1,56
Chlorophyll b mg kg ⁻¹ FM	190,09 ± 75,56

7.7 Vergleiche der untersuchten Inhaltsstoffe zwischen den Wintergemüsesorten

Die Abbildungen 32 und 36 zeigen die Unterschiede zwischen den einzelnen Wintergemüsen. Die Vergleichswerte ergeben sich aus den summierten Werten der einzelnen Sorten und ermöglichen die Gegenüberstellung der vier Gemüsesorten. Die durchgeführten Tukey Tests zu den wichtigsten Inhaltsstoffen ergaben bei einem Signifikanzniveau von $\geq 95\%$ folgende Ergebnisse. Bei den Gesamtzuckern wiesen die Karotten signifikant höhere Werte als alle anderen Wintergemüse auf. Die Unterschiede zwischen Endivien, bei denen nur die grünen Anteile in die Berechnung einbezogen wurden, Schnittsalaten und Petersilie sind nicht signifikant. Die weiteren Tests gaben ein eindeutiges Bild ab, da die Schnittsalatgruppe und die Petersilie bezüglich Chlorophyllen, Karotinoiden und der gesamten antioxidativen Kapazität signifikant höhere Konzentrationen als Karotten und Endivien aufwiesen. Die durchgehend mit hohen Werten vertretene Gruppe der Schnittsalate wies ebenfalls einen signifikant höheren Phenolgehalt als alle anderen Wintergemüse auf.

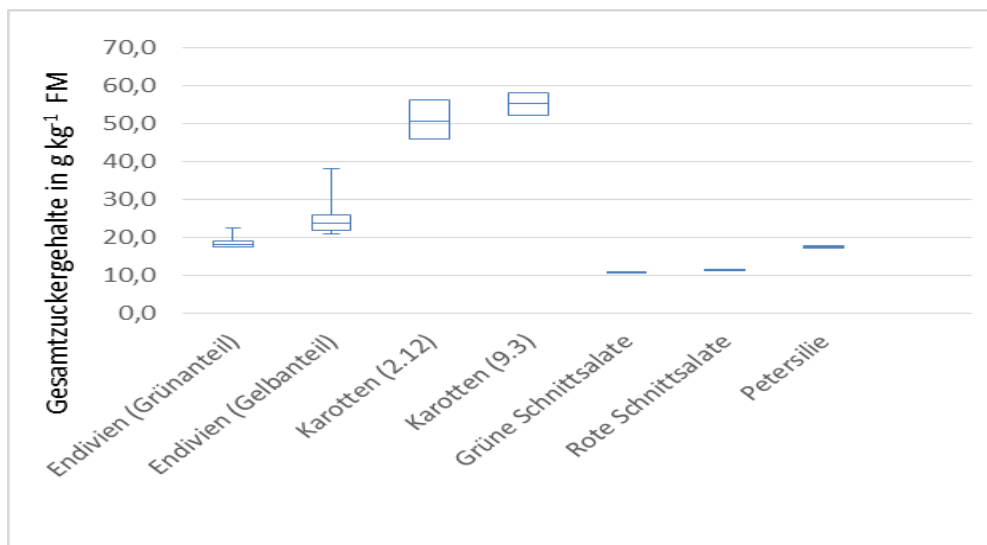


Abbildung 27 Vergleich der Gesamtzuckergehalte der Wintergemüse

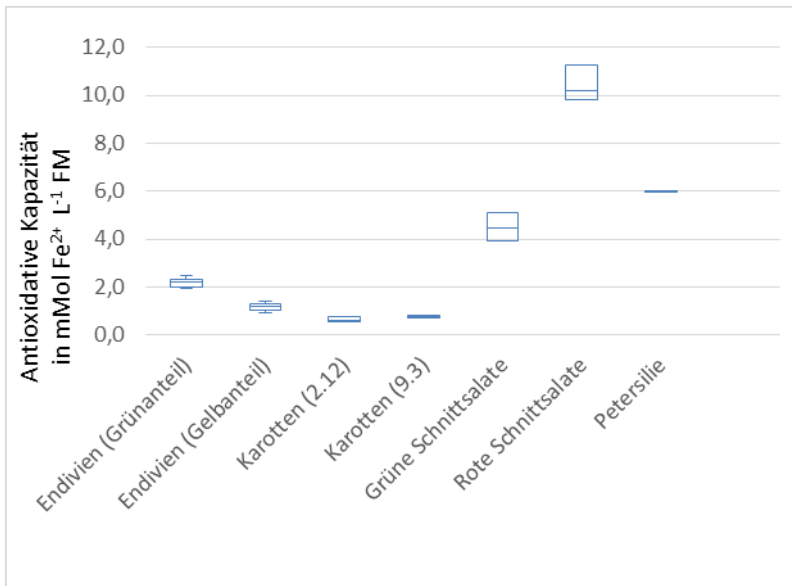


Abbildung 28 Antioxidative Kapazitäten der Wintergemüsesorten

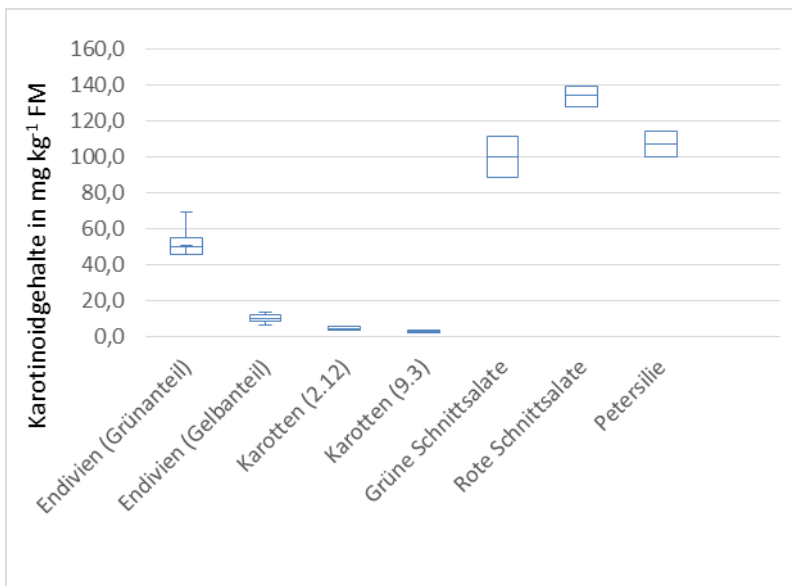


Abbildung 29 Karotinoidgehalte der verschiedenen Anbauformen und Kulturen

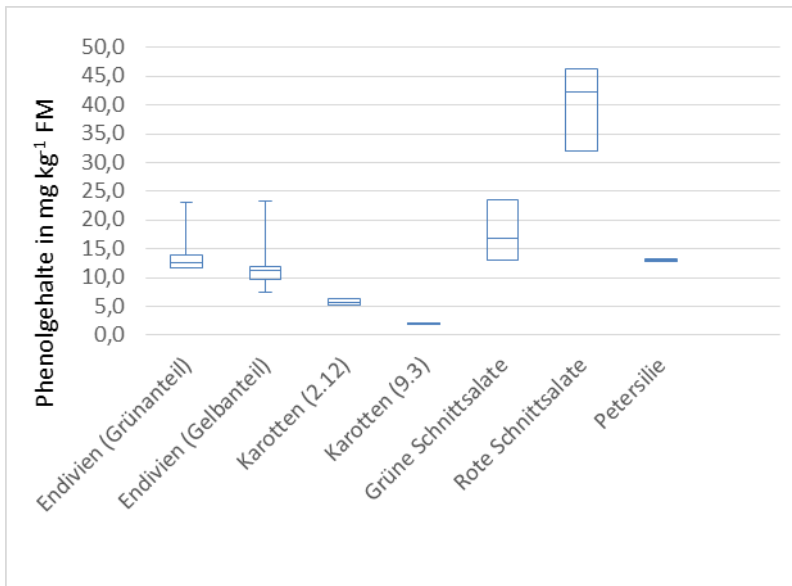


Abbildung 30 Gesamtphenolgehalte der Wintergemüsesorten im Vergleich

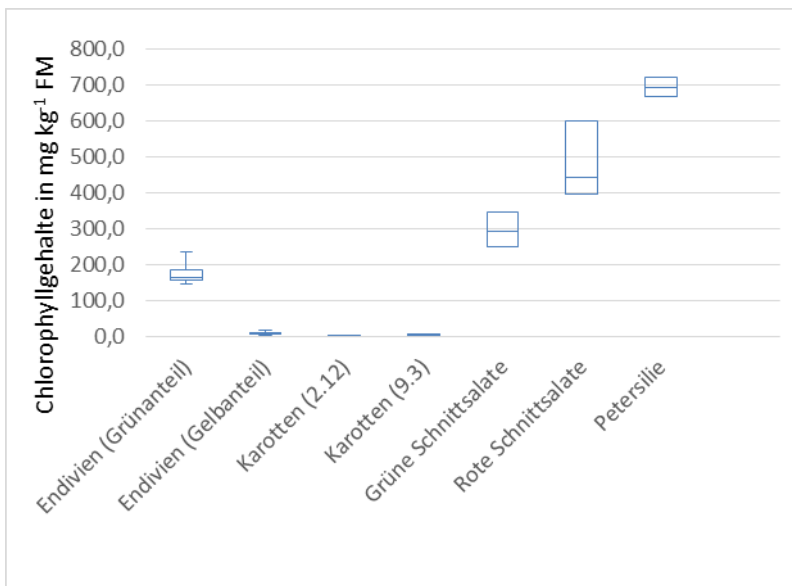


Abbildung 31 Chlorophyllgehalte der Wintergemüse

8 Diskussion der Winterproduktion

In den folgenden Abschnitten werden die Vor- und Nachteile der Winterproduktion miteinander verglichen, um so eine Aussage zum aktuellen Entwicklungsstand des Wintergemüseanbaus abgeben zu können. Da die Informationslage zur Winterproduktion wie erwähnt begrenzt ist wird bereits in der Diskussion die eigene Interpretation der Ergebnisse eingearbeitet. Diese Abschnitte sind an den nicht zitierten Textfeldern erkennbar.

Aus ökologischer Sicht bringt der Winteranbau positive Effekte mit sich. Beispielsweise verringert sich die Bodenerosion über die Wintermonate, da zumindest Teile der landwirtschaftlich genutzten Fläche über das ganze Jahr hinweg bedeckt sind. Zusätzlich tragen die auf dem Feld verbleibenden Ernterückstände zur Verbesserung des Bodenlebens und der Bodenstruktur bei. Aus kultureller Sicht ist die Erweiterung des Sortenspektrums hervorzuheben und die Erhaltung einer breiten genetischen Vielfalt. In Zeiten häufig auftretender Wetterextreme trägt der Wintergemüseanbau dazu bei, die heimische Produktion und Selbstversorgung über das ganze Jahr gesehen möglichst hoch zu halten (Coleman, 2014; Dowding, 2011).

Für den Landwirt selbst birgt der Wintergemüseanbau ein breites Spektrum an Chancen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht können Landwirte ihre Einkommensperiode durch den Winteranbau ausweiten und so ihre Abhängigkeit von einem Erfolg der Sommer/Herbstproduktion verringern. Da die Winterproduktion, wie beschrieben, eine landwirtschaftliche Randerscheinung ist, haben Landwirte die Möglichkeit, sich mit einer entsprechenden Produktpalette Marktvorteile zu sichern und ihren Kundenstamm zu erweitern. Dies gilt vor allem für die Direktvermarktung. Dieses Modell bietet dem Landwirt die Möglichkeit, faire Preise zu verlangen, wobei die Gewinnspanne am Betrieb anfällt und nicht wie sonst üblich bei den Handelsketten. Im Fall von ertragreichen Winterkulturen, in der vorliegenden Arbeit sind das Endivie, Karotte und Petersilie, kann der Landwirt aufgrund der hochwertigen Produktqualität und der regionalen und biologischen Produktionsweise gute Preise zu erzielen. Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht kann der Winteranbau für zusätzliche Beschäftigung sorgen und die Anstellungszeiträume von Saisonkräften verlängern (Coleman, 2014).

Auf der Gegenseite ergeben sich für den Landwirt durch die Ausweitung des Anbauzeitraums sowie der Ernteperiode zusätzliche bürokratische und finanzielle Aufwände. Die finanziellen Zusatzkosten beziehen sich auf spezielles Saatgut für wintertaugliche Sorten, zusätzlichen Maschineneinsatz (für größere Betriebsstrukturen) und Betriebsmitteleinsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie hinzukommende Personalkosten für Anbau, Bestandspflege, Ernte etc. Am Beispiel der von dieser Arbeit untersuchten Kulturen zeigt sich, wo der Einsatz von zusätzlichem Personal notwendig ist. Mit Ausnahme der Arbeitsschritte Düngung, Anbau und Auspflanzung sowie Unkrautmanagement, die in den herkömmlichen Beschäftigungszeitraum (meist März bis November) der Mitarbeiter fallen, ist deren weitere, zumindest kurzfristige Beschäftigung über die Wintermonate notwendig. Für den Endivienbestand ergibt sich ein zusätzlicher Arbeitsaufwand im Dezember, der die Ernte sowie den zur Vermarktung notwendigen Putzaufwand umfasst. Die Karottenkultur benötigt je nach gewählten Erntetermin(en) zwischen Dezember und Februar zusätzlichen Aufwand bei der Ernte und der Säuberung. Für die Schnittsalate und Petersilienkultur sind ebenfalls je nach Anbaetermin und Satzstaffelung mehrere Ernten über die Anbaumonate Dezember bis März und deren Abpackung notwendig.

Unter Frost und Trockenheit kommt es bei mechanischer Einwirkung zu Schäden des pflanzlichen Gewebes, was die Produktqualität durch auftretende Bräunungsreaktionen und verringerte Haltbarkeit verschlechtert (Kupfer und Palme, 2016). Deshalb sind die tatsächlichen Erntetermine von den äußeren Gegebenheiten abhängig und die Erntefenster begrenzt, was den Handel vor allem mit Einzelhandelsketten erschwert.

Ein weiterer Kritikpunkt der Winterproduktion, der auch von dieser Arbeit bestätigt wird, ist das hohe Risiko bis hin zu Totalausfällen einzelner Kulturen. Diese Erkenntnis deckt sich mit den gesammelten Erfahrungen und Daten der beiden Versuchsjahre, die zeigen, dass der Gemüseanbau über die Wintermonate mit einigen Umsetzungsproblemen kämpft (Betz et al., 2015). Um erfolgreiche Bestände zu gewährleisten, muss eine Vielzahl von Faktoren übereinstimmen. Ausgehend von der passenden Sortenwahl über den richtigen Anbaetermin, dem ausreichenden Schutz der Kultur durch Vlies, Rolltunnel etc., muss bis hin zum Bewässerungs- und Belüftungsmanagement alles zusammenpassen. Unter Berücksichtigung der bisherigen

Versuche und der Analyse der vorliegenden Ergebnisse kristallisiert sich der Anbautermin der jeweiligen Kultur als wichtigster Faktor zur optimalen Bestandsentwicklung heraus. Sowohl bei den Kopfsalaten als auch bei den Endivien und den Babyleafsalaten kam es aufgrund der zu früh gewählten Aussaattermine zu unterschiedlichen Problemstellungen. Bei den verschiedenen Beständen an Kopfsalaten kam es aufgrund der unter den warmen Herbstbedingungen zu früh gewählten Anbauzeitpunkte und der unzureichenden Unkrautbekämpfung bedingt durch die Überlappung der Arbeitsspitzen zu einem Totalausfall. Die Bestände mit Schnittsalaten kennzeichneten sich, trotz weitgehend guter Feldaufgänge, im Verlauf der Entwicklung durch massive Ausfälle aufgrund von Krankheitsbefall. Die Karotten- und Petersilienversuche unterstreichen den essentiellen Einfluss eines ausreichenden Schutzes, solange die Kulturen als Freilandkulturen geführt werden. Die Ausfälle und Qualitätsverluste der Parzellen ohne temporäre Vliesabdeckung sind im Vergleich zu den geschützten Parzellen deutlich sichtbar. In Anbetracht der über die letzten Jahre stark variierenden Wetterlagen über die Herbst- und Wintermonate ist eine ideale Auswahl der richtigen Anbaudaten schwierig und infolgedessen die Kultur/Bestandsentwicklung mit einem Risiko behaftet.

Eine der entscheidenden Voraussetzungen für den Wintergemüseanbau ist die Fähigkeit bestimmter Genotypen, ihren Stoffwechsel an ungünstige Umweltbedingungen anzupassen und diese somit ohne Schäden zu überdauern (Königshofer, 2013). Die Schlussfolgerung für die untersuchten Inhaltsstoffe gibt einen Ausblick über die stoffwechselbezogenen Veränderungen durch die Winterproduktion und die allgemeine Qualität der Wintererzeugnisse.

Regionales Wintergemüse ist eine nachhaltig erzeugte Quelle für eine Vielzahl an essentiellen Bestandteilen der menschlichen Nahrung. Die Zufuhr von Vitamin A und C sowie Antioxidantien ist über das ganze Jahr betrachtet notwendig. Hier bietet der Wintergemüseanbau die Möglichkeit, eine gesunde Ernährung aus regionaler heimischer Produktion über das ganze Jahr zu gewährleisten und sich gegenüber Importen unabhängiger zu machen (Coleman, 2014; Robles-Sardin et al., 2010).

Die folgenden Unterkapitel setzen sich mit der Analyse der erhobenen Felddaten und der Diskussion der gemessenen Labordaten aller untersuchten Winterkulturen auseinander, um in Hinblick auf die gestellten Forschungshypothesen fundierte Schlussfolgerungen zu treffen. Es gilt die Ertragslage der einzelnen Kulturen hinsichtlich einer betriebswirtschaftlich sinnvollen Erntemenge abzuklären. Hierfür werden die erhobenen Ertragsmengen der Winterkulturen mit herkömmlichen Erntemengen derselben Kulturen aus anderen Anbauzeiträumen verglichen. Neben der reinen Ertragslage werden kurz die erzielten Qualitäten sowie die weiteren Arbeitsschritte bis zur Vermarktung diskutiert. Der zweite Abschnitt konzentriert sich auf die Diskussion der Laborergebnisse und deren Relation zu denselben Gemüsesorten aus anderen Anbauzeiträumen.

Die Gesamtheit der erhobenen Daten lässt aufgrund der unterschiedlichen Erntemengen und Qualitäten keine generelle Schlussfolgerung für alle angebauten Winterkulturen zu. Deshalb werden die einzelnen Felddaten für jede einzelne Kultur diskutiert.

In Bezug auf die Laboranalysen werden zuerst die Probenaufbereitung, die damit einhergehenden physiologischen Umbauvorgänge sowie die Interpretation der Ergebnisse im Zusammenhang mit den angewendeten Untersuchungsmethoden diskutiert. Die Vergleichbarkeit der Konzentrationen der untersuchten sekundären Inhaltsstoffe ist aufgrund der inkompletten und/oder stark variierenden Informationslage schwierig. Deshalb wird in Abschnitt 8.2 und den folgenden Unterkapiteln nur eine Interpretation von eindeutig vergleichbaren Ergebnissen vorgenommen.

8.1 Diskussion der Feldversuche

Die folgenden Abschnitte vergleichen die im Winteranbau erzielten Erträge und Qualitäten der behandelten Kulturen mit Daten aus Sommer und Herbstanbau und sofern in der Literatur vorhanden, mit Versuchen aus ähnlichen Anbauzeiträumen.

8.1.1 *Cichorium endivia* var. *latifolium*

Aus den erhobenen ungeputzten Stückgewichten von 589 g bei 'Stratego' und 642 g bei 'Nuance' bei einer Standweite von 30*30 cm ergeben sich Gesamterträge von 589 dt ha⁻¹ bzw. 642 dt ha⁻¹. Aufgrund der langen Verweildauer der Endivienbestände mussten die Einzelstücke gesäubert und die bereits faulenden äußeren Blattschichten entfernt werden. Nach der Säuberung ergaben sich vermarktbar Erträge von 395 dt ha⁻¹ bei 'Stratego' und 438 dt ha⁻¹ bei 'Nuance'. In Bezug auf die ermittelten Gelbanteile der Endiviensorten, welche als qualitätsbestimmendes Merkmal gelten und für die spätere Vermarktung von Relevanz sind, schneidet die Sorte 'Nuance' mit signifikant höheren Gelbanteilen besser ab. Bezogen auf die sortenbedingten Größenunterschiede zwischen der mittelgroßen Sorte 'Stratego' (Größentyp 6 von 1-9) und der größeren Sorte 'Nuance' (Größentyp 7 von 1-9), zeigt sich, dass diese auch im Winteranbau zur Geltung kommen (Rijk Zwaan, 2016; Austrosaat, 2015; Enza Zaden, 2015).

Ein Vergleich mit den durchschnittlichen Ertragslagen der Landwirtschaftskammer Wien, die mit 400 dt ha⁻¹ angeben sind, zeigt, dass der Endivienanbau bis in die Winterperiode hohe Erträge liefern kann. Hervorzuheben ist die Produktion nach biologischen Richtlinien, die für zusätzliche Qualität steht und in Hinsicht auf ökonomische wie Marketing-relevante Gesichtspunkte Vorteile mit sich bringt (Kupfer und Palme, 2016; Landwirtschaftskammer Wien, 2013).

Vergleichbare Anbauversuche diverser Versuchsstationen unterstreichen die positive Ertragslage der vorliegenden Endivienversuche. Ein Anbauversuch der Versuchsstation Wies mit denselben Endiviensorten ergab durchschnittliche Stückgewichte zwischen 498 g (Erntetermin 22.9) und 371 g (Erntetermin 10.11) für die Sorte 'Stratego' beziehungsweise durchschnittliche Stückgewichte von 221 g (vom 28.8, wo starke Fäulnis auftrat) bis 621 g (vom 30.10) bei der

Sorte `Nuance´ (Versuchsstation für Spezialkulturen Wies, 2009; Koudela und Petříková, 2007). Nicht angegeben wurde, ob es sich um vermarktbare oder ungeputzte Stückgewichte handelt. Selbiges gilt für den Versuch der LVG Heidelberg, deren Endivienversuch unter beinahe gleichen Rahmenbedingungen stattfand. Angebaut im unbeheizten Kalthaus, geerntet am 1.12.2009 und mit niedrigen Ausfallquoten von ein bis zwei Prozent sind die Parallelen deutlich. Bezüglich der einzelnen Stückgewicht konnten durchschnittliche Kopfgewichte von 539 g [Gelbanteil 7 von 1-9] bei `Stratego´ und 540 g, [Gelbanteil 7 von 1-9] bei `Nuance´ erzielt werden (Sauer et al., 2010).

Versuche mit der vergleichbaren Endiviensorte `Excel´ von Rijk Zwaan über mehrere Ernteperioden von August bis November zeigten die Abnahme der Stückgewichte mit späteren Ernteterminen. Liegen die durchschnittlichen Gewichte im August bei ungefähr 1100 g, nehmen sie bis zum Erntetermin im November auf Ø 550 g ab. Bei einer Standweite von 35*35 cm ergeben sich für November Erträge zwischen 3,7 und 4,3 kg pro m⁻² (Gajc-Wolska et al., 2012). Ein weiterer Versuch, ebenfalls mit der Sorte „Excel“, unterstreicht, dass der Sommeranbau von Endivien keine Garantie für höhere Erträge ist. Bei einer Standweite von 40*35 cm ergeben sich für die Erntemonate Juni und Juli durchschnittliche vermarktbare Erträge von rund 317 dt ha⁻¹ (Adamczewska-Sowinska und Uklanska, 2010). Ein weiterer Anbauversuche der Endiviensorte „Bubikopf“ in Töpfen über den Anbauzeitraum von Oktober bis Anfang Februar mit Ernten beginnend im Februar und endend im April erzielte Höchstgewichte zwischen 170 und 450 g pro Kopf (Betz et al., 2015).

8.1.2 *Daucus carota* L.

Die Analyse der Felddaten der Karottenbestände gestaltet sich im Vergleich zu denen der Endivien als komplexer. Im Zuge der Probenahme am 2.12.2015 wurde nur ein geringer Teil zur Qualitäts- und Laboranalyse entnommen. Das durchschnittliche Stückgewicht von 41 g der Sorte `Merida F1´ und 51 g bei `Eskimo F1´ in Kombination mit der hohen äußeren Qualität der Karotten ergibt den angestrebten Gesamtzustand, um den Bestand als Bündelware auf den Markt zu bringen (Kupfer und Palme, 2016). Die Gewichtsvorteile der Sorte `Eskimo F1´ resultieren

aus dem signifikant höheren Anteil der Laubmasse. Das Resümee dieses Erntetermins bestätigt die Eignung beider Karottensorten für die Ernte und Frischvermarktung von Qualitätsware.

Die komplette Ernte aller angelegten Karottenversuche vom 9.3.2016 ergibt ein deutlich schlechteres Bild für beide Sorten, vor allem aber bei der Sorte `Merida F1`, die sich durch hohe Ausfälle und eine stark beschädigte Wurzel und Laubmasse kennzeichnet. Ähnlich, wenn auch abgeschwächte Schadbilder zeigen sich bei `Eskimo F1`, die in Bezug auf die Ertragslage besser abschneidet und im geschützten Anbauversuch einen Gesamtertrag pro m² von 4,4 kg liefert. Der vermarktbarer Anteil liegt in dieser Parzelle bei rund 2,7 kg m⁻², ist aber ohne hohen Putzaufwand für Wurzel und Laub nicht vermarktbar. Ausgehend von der stark variierenden Qualität der Karotten dieser Versuche wäre neben dem hohen Putzaufwand ebenfalls die Sortierung aller Einzelstücke notwendig. In Hinblick auf den hohen Arbeitsaufwand und die hohen Qualitätsanforderungen an Bundware ist der Karottenanbau für diesen Zeitraum kritisch zu betrachten (Agrarmarkt Informations Gesellschaft, 2016; Kupfer und Palme, 2016).

Um die Einflüsse der in diesem Versuch extrem niedrigen Temperaturen von bis zu minus 24 °C auf die aktuelle Qualität und Quantität besser auswerten zu können, wären weitere Probenahmen in den Monaten Jänner und Februar nötig gewesen.

Unter der Annahme, dass Karotten im Winteranbau über die Monate Dezember, Jänner und Februar die besten Erträge und Qualitäten liefern, ist die Anbauplanung dahingehend anzulegen. Der geschützte Anbau erlaubt, sofern nicht anhaltenden Frostperioden eine Bodenbearbeitung verhindern, die Möglichkeit, fast ganzjährig frische Ware anzubieten. In Bezug auf die wirtschaftlichen Optionen bietet der Bundkarottenverkauf in diesem Zeitraum dem Landwirt ein Alleinstellungsmerkmal, da Bundkarotten bisher hauptsächlich von Juni bis Oktober erhältlich sind (Agrarmarkt Informations Gesellschaft, 2016).

Die Ertragslage für Bundkarotten im Sommer- und Herbstanbau liegt mit rund 350-450 dt ha⁻¹ deutlich unter denen der Waschkarotten mit Erträgen von 600 - 700 dt ha⁻¹ und unter denen der Industriekarotten mit bis zu 800 dt ha⁻¹ (Enza Zaden, 2016; Landwirtschaftskammer Wien, 2013).

Die im Rahmen des letztjährigen Wintergemüseprojekts getesteten Karottensorten wurden verglichen mit den Versuchen aus 2015, bei denen die Karotten Ende Juli ausgesät wurden, deutlich später, nämlich in der zweiten Oktoberwoche (Versuchsstation Wies) beziehungsweise in der letzten Augustwoche, gesät (Zinsenhof). Aufgrund der späteren Anbauermine und der folglich kürzeren Entwicklungsphase konnten keine Ernten in den Monaten Dezember, Jänner und Februar durchgeführt werden. Die Erntetermine fielen bei der Versuchsstation Wies auf die erste Aprilwoche und brachten je nach Sorte und Anbauvariante stark differierende Flächenerträge, die in Tabelle 24 abgebildet sind.

Tabelle 23 Ertragsdaten der Winterkarotten der Versuchsanlage Wies (verändert nach Betz et al., 2015)

Sorte & Anbauform	Stückzahl / Ertrag / m ² (Reihenabstand 5 cm)	Stückzahl / Ertrag / m ² (Reihenabstand 10 cm)	Stückzahl / Ertrag / m ² (Reihenabstand 15 cm)
„Merida F1“ (Tunnel)	-----	185 / 2,1 kg	169 / 1,6 kg
„Robila“ (Tunnel)	-----	287 / 2,5 kg	294 / 2,1 kg
„Laguna“ (Tunnel)	-----	-----	104 / 1,1 kg
„Merida F1“ (Glashaus)	417 / 2,7 kg	303 / 3,2 kg	298 / 3,4 kg
„Robila“ (Glashaus)	385 / 2,1 kg	517 / 3,6 kg	348 / 2,5 kg
„Laguna“ (Glashaus)	337 / 2,7 kg	324 / 4,1 kg	179 / 3,2 kg

Aus der Tabelle gehen die durchwegs höheren Stückzahlen und die daraus resultierenden höheren Erträge aller Karottensorten im Anbau unter Glas hervor (Betz et al., 2015)

8.1.3 *Lactuca sativa* var. *crispa*

Die vorliegenden Schnittsalatversuche können aufgrund des annähernden Totalausfalls aller Versuchspartzen nicht in Bezug auf Ertragsleistungen diskutiert werden. Die erntefähigen Restbestände reichten gerade für die Probeentnahme zur späteren Laboranalyse aus. Trotzdem wird im folgenden Abschnitt eine Analyse vergleichbarer Versuche stattfinden, um eine Aussage zur Wintereignung von Schnittsalatkulturen abzugeben.

Die im Rahmen des bisherigen Wintergemüseprojekts gesammelten Versuchsdaten unterstreichen die hohe Vulnerabilität von Schnittsalaten im Winteranbau. In mehreren Betrieben verteilt auf die Bundesländer Salzburg, Kärnten, Steiermark und Niederösterreich kam es vor allem im ersten Anbausatz mit geplanten Ernteterminen vor Jahreswechsel zu massiven Ausfällen der Bestände. Genau wie bei den vorliegenden Versuchen sind die Ausfälle durch die Pilzkrankheiten *Phytophthora* und *Fusarium* bedingt. Durch die hohe Boden- und Luftfeuchtigkeit in diesem Anbauzeitraum wird die Pilzausbreitung begünstigt und kann im biologischen Anbau schwer bekämpft werden (Kupfer und Palme, 2016). Die auftretenden Schadbilder untermauern die essentielle Bedeutung eines angepassten Lüftungsmanagements, bei dem es zu hohe Feuchtigkeit möglichst zu vermeiden gilt.

Als Orientierungspunkt für durchschnittliche Erträge von Schnittsalaten finden sich in der Literatur zwischen 1-2 kg m⁻² (Stohandl, 2014; Mayer und Paschold, 2003).

Die Versuchsreihen des Zinsenhofs ergaben für dieselben angebauten Sorten Erträge pro Quadratmeter von 103 g (*'Multibaby'*), 744 g (*'Ordino'*), 551 g (*'Oaking'*), 604 g (*'Greenet'*), 295 g (*'Redmar'*), 507 g (*'Multiblond'*), 713 g (*'Diablotin'*), 507 g (*'Poneloya'*). Auf der Versuchsstation Wies konnte an drei Schnittterminen die Ertragslage ausgewertet werden. Hier zeigt sich die Zunahme der durchschnittlich erzielten Erträge an späteren Ernteterminen. Beginnend mit Erträgen pro Quadratmeter zwischen 100 und 450 g aus dem Monat Dezember rangiert die Ertragslage von Ernteterminen im Februar und März zwischen 400 und 1900 g (Betz et al., 2015). Ein weiterer Versuch über die Wintermonate untersucht die Ertragslage verschiedener Sorten von Spinat (als Babyleaf), Asiasalaten und Schnittsalaten im ungeheizten Folienhaus. Tabelle 25 zeigt das Abschneiden der Gruppen im Vergleich.

Tabelle 24 Erträge, Schnitttermin von Spinat, Asiasalaten und Schnittsalaten (verändert nach Becker und Sauer, 2014)

Kultur	Ernte (ab Kulturwoche)	Anzahl der Schnitte pro Sorte	Ø Erträge / m ²
Schnittsalate	48	2-3	668,87 g
Asiasalate	50	2-3	1099,95 g
Spinat (als Babyleaf)	50	3-4	1400,57 g

Im direkten Vergleich schneiden die Schnittsalate bezüglich der vermarktaren Erträge schlechter als die beiden anderen Gruppen ab.

Aus der Gesamtheit der verschiedenen Versuchsergebnisse zeigt sich, dass spätere Anbau- und Erntetermine stabilere und höhere Ertragslagen hervorbringen. Sowohl eine Abnahme der vermarktaren Erträge hinein in die Monate November, Dezember und Jänner als auch eine Zunahme derer nach diesem Zeitraum sind klar erkennbar (Betz et al., 2015; Becker und Sauer, 2014; Mayer und Paschold, 2003).

8.1.4 *Petroselinum crispum*

Die Ertragslagen der beiden Petersilienversuche der vorliegenden Arbeit ergeben ein geteiltes Bild. Die Versuchsparzelle 308, welche über die Anbaumonate Oktober und November nicht mit einer temporären Vliesabdeckung geschützt wurde, muss aufgrund des beginnenden Laubabbaus einhergehend mit der Verbräunung der Blattmasse als Ausfall betrachtet werden. Die Gesamterntemenge von rund 1,4 kg m⁻² müsste weiter sortiert und ausgeputzt werden, um von vermarktungsfähiger Ware zu sprechen. Aus praktischer Sicht wäre dies ein zu hoher Aufwand (Kupfer und Palme, 2016). Verglichen damit schneidet der geschützte Anbauversuch mit einem vermarktungsfähigen Ertrag von 1,77 kg m⁻² deutlich besser ab und bedarf keiner weiteren Bearbeitung.

Bezogen auf die durchschnittlichen Ertragsangaben der Wiener Landwirtschaftskammer, die für Petersilienkulturen bei 2 kg m⁻² liegen, kommt die Sorte 'Laica' im Winteranbau nahe an

diese Richtwerte heran (Landwirtschaftskammer Wien, 2013). Der Winterversuch des vergangenen Jahres mit derselben angebauten Sorte kam lediglich auf $0,44 \text{ kg m}^{-2}$. Ausschlaggebend hierfür war der zu spät gewählte Aussaattermin, der eine entsprechend rasche Bestandsentwicklung verhinderte (Betz et al., 2015). Ertragsversuche mit Ernteterminen im Juni und Juli aus dem Jahr 2004 erzielten mit glattblättrigen Sorten Flächenerträge zwischen $3,5$ bis 5 kg m^{-2} (Theiler et al., 2004).

Im Gegensatz zu den bisher diskutierten Kulturen wird Petersilie bereits häufiger über die Winterperiode angebaut. Die in der Praxis gängigen Pflanztermine liegen zwischen August und Anfang September und zielen auf Ernten ab Oktober bis Dezember ab. Späte Pflanztermine ab Mitte September führen wie im vorher beschriebenen Winterversuch aufgrund von Lichtmangel zu geringen Erträgen und schwachen Beständen. Die Erträge liegen bei rund $0,5$ bis $0,7 \text{ kg m}^{-2}$, was bei zwei Schnittterminen Gesamterträge bis zu $1,5 \text{ kg m}^{-2}$ bringt (Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2004).

8.2 Diskussion der Laboruntersuchungen

Die Diskussion der erhobenen Daten zu den diversen Inhaltsstoffen der einzelnen Wintergemüsesorten gestaltet sich als komplex. Einerseits ist die Menge an themennaher Literatur, vor allem an vergleichbaren Versuchen mit ähnlichen Fragestellungen und behandelten Sorten, gering. Trotz des verstärkten wissenschaftlichen Fokus auf die positiven gesundheitlichen Wirkungen der Gruppe der sekundären Metaboliten ist die Datengrundlage für Vergleichsuntersuchungen bei sekundären Pflanzenstoffkonzentrationen gering. Grund dafür ist das lange Fehlen an adäquaten Nachweismethoden. Um genaue Aussagen zu den Einflüssen der Winterperiode auf die untersuchten Laborparameter geben zu können, wäre ein umfassenderer Versuch, der dieselben Sorten aus Sommer/Herbstanbau mit denen aus dem Winteranbau vergleicht, notwendig. Da die Gehalte der untersuchten Inhaltsstoffe innerhalb von Gemüsearten großen Schwankungen unterliegen, wird für die Diskussion versucht, ähnliche Sorten aus vergleichbaren Versuchen heranzuziehen. Sortenbedingte Schwankungen resultieren aus unterschiedlichen Genotyp-Umwelt-Interaktionen. Ein weiterer bestimmender Faktor sind Standortfaktoren wie Witterung/Jahreszeit/Bodenart. Wesentlich sind hier die Einflüsse des verfügbaren Wassers im Boden und die Lichtintensität. Eine hohe Lichtintensität hebt den Energiestatus der Blätter und fördert die vermehrte Synthese von u.a. Proteinen, Karotinoiden, Ascorbinsäure. Ihr Einfluss auf die Konzentration von Inhaltsstoffen ist noch wesentlicher als der der Anbauform, bei der die Satzdichte, welche Einfluss nimmt auf die zur Verfügung stehende Lichtmenge, eine Rolle spielt. Genauso wesentlich ist der entsprechende Reifezustand der Pflanze (Stracke et al., 2008; Kopp, 1993).

Als weiterer Unsicherheitsfaktor gilt die Probeaufbereitung, die Veränderungen im pflanzlichen Stoffwechsel bewirkt und folglich die Konzentration und Zusammensetzung der Untersuchungsgebiete beeinflusst. Die im Zuge der Probenahmen getätigten Verarbeitungsschritte beeinflussen die späteren Ergebnisse, da sie physiologische Abbau/Umbauvorgänge in der Pflanze mit sich führen. Durch mechanische Schäden, die beim Schneiden oder Zerkleinern entstehen, kommt es zur Umwandlung phenolischer Verbindungen. Enzyme wie Peroxidase und Polyphenoloxidase führen zum Umbau phenolischer Komponenten, beispielsweise zu Melaninen. (Andres-Lacueva et al., 2010).

Das Vorhandensein von Hitze, Licht Säuren, Enzymen, Metallen und Sauerstoff beschleunigt den Umbau von Farbpigmenten und anderen sekundären Inhaltsstoffen. Unter der Einwirkung von Hitze, Sauerstoff und Licht werden sekundäre Inhaltsstoffe schnell durch Oxidation und Isomerisierung abgebaut. Im gefrorenen oder gefriergetrockneten Zustand unter Ausschluss von Sauerstoff sind diese vergleichsweise stabil. Trotzdem ist selbst bei vorsichtiger Probenaufbereitung mit Verlusten zu rechnen. Bei gefriergetrocknetem Spinat konnten beispielsweise Verluste von β -Karotin von mindestens 12% festgestellt werden. Bei Lutein, Violaxanthin und Zeaxanthin wurden keine signifikanten Verluste nachgewiesen. Um dem möglichst entgegenzuwirken, sind eine schnelle Bearbeitung und die rasche Kühlung wichtig. Durch die Tiefkühlung werden die enzymatischen Reaktionen unterbunden und die Abbauvorgänge verlangsamt (Andres-Lacueva et al., 2010; Yahia und Ornelas-Paz, 2010).

Die Aussagekraft der gewonnen Daten hängt weiters von den angewandten Methoden ab. Neben der von dieser Arbeit eingesetzten Vorgehensweise FRAP, welche die meisten antioxidativen Komponenten abdeckt (Ferric Reducing-Antioxidant Power), gibt es TRAP (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter) sowie TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) und den ORAC-Test (Oxygen Radical Absorbance Capacity). Aufgrund der chemischen Heterogenität der Gruppe der sekundären Pflanzenstoffe ist die Aussagekraft eines Tests alleine nicht absolut. Die Kombination mehrerer Methoden würde diese verstärken (Kowalczyk et al., 2015; Stracke et al., 2008).

Beispielsweise ist die genaue Analyse der Wirkungsweisen von Flavonoiden bis dato kompliziert und mit vielen Unsicherheitsfaktoren behaftet. Zahlreiche Studien konnten Effekte von Flavonoiden in vitro nachweisen, jedoch bei Konzentrationen, die durch natürliche Ernährungsweisen nicht aufzunehmen sind. Dieser Punkt scheint vor allem für die pharmazeutische Nutzung interessant, relativiert andererseits die gesundheitsförderlichen Aspekte durch die menschliche Ernährung. Aufgrund der Heterogenität dieser Verbindungsgruppe und der inkompletten Informationslage, was das tatsächliche Vorkommen von Flavonoiden in Nahrungsmitteln, ihren Metabolismus und ihre Bioverfügbarkeit angeht, sind weitere Studien nötig, um exakte Schlussfolgerungen zu ermöglichen (Robles-Sardin et al., 2010).

8.2.1 *Cichorium endivia* var. *latifolium*

Im Vergleich zu den in der Fachliteratur angegebenen Vitamin C Gehalten von Endivien, die bei durchschnittlich 90 mg kg⁻¹ FM rangieren, sind die Gehalte der Winterendivien, welche je nach Kopfanteil bei rund 220 mg kg⁻¹ (Grünanteil) und 110 mg kg⁻¹ (Gelbanteil) liegen, leicht erhöht. Untersuchungen an Gerstenblättern haben gezeigt, dass älteres Blattgewebe, wo die Chloroplasten voll entwickelt sind und die Chlorophyll-Level am höchsten, höhere Vitamin C Werte aufweist. Dies bekräftigt die konstant höheren Vitamin C Gehalte in den grünen Endivienanteilen. Vergleichbare Studien an Endivien konnten Vitamin C Werte zwischen 210 und 280 mg kg⁻¹ FM nachweisen und bestärken somit die Aussagekraft der vorliegenden Ergebnisse (Mentel et al., 2015; Souci et al., 2011; Adamczewska-Sowinska und Uklanska, 2010; Koudela und Petříková, 2007; Davies, 1995).

In Bezug auf die Trockenmasse zeigt ein vergleichbarer Anbauversuch, dass die prozentualen Anteile der Trockenmasse im Jahresverlauf zunehmen. Ergeben sich für den Erntemonat August durchschnittliche Werte von rund 5 %, steigern sich diese auf über 7 % im Monat November. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit Erntetermin im Dezember liegen in einem ähnlichen Bereich mit bis zu 7,8 % Trockenmasse. Neben den festgestellten Höchstwerten bei der Trockenmasse wurden die niedrigsten Nitratwerte bei den im November geernteten Endivien erhoben. Diese sowie die Ergebnisse des Wintergemüseprojekts aus der Saison 2014/2015 unterstreichen, dass Nitratakkumulierung kein Problem im Winteranbau darstellt (Betz et al., 2016; Mentel et al., 2015; Gajc-Wolska et al., 2012).

Vergleichsstudien mit gebleichten und ungebleichten Endivien kommen zu ähnlichen Ergebnissen wie diese Arbeit. Endivien, die zehn Tage vor der geplanten Ernte mit einem Hut zur Bleichung versehen wurden, wiesen signifikant reduzierte Konzentrationen diverser Inhaltsstoffe auf. Wie bei der vorliegenden Masterarbeit wurden deutliche Abnahmen bei der Trockenmasse, der antioxidativen Kapazität, den Gesamtphenolen und den Zuckergehalten festgestellt (Kowalczyk et al., 2015).

8.2.2 *Daucus carota* L.

Karotten sind bekannt für hohe Konzentrationen an Vitamin A und dessen Vorläufersubstanzen, den namensgebenden Karotinoiden. Die von dieser Arbeit nachgewiesenen Gesamtkarotinoidgehalte von rund 6 mg kg^{-1} erscheinen, verglichen mit anderen Studienergebnissen, die Gesamtkarotinoidgehalte zwischen 120 und 160 mg kg^{-1} nachweisen, als sehr gering. Die Summe an α -, β - Karotin und Lutein, die den Großteil der Karotinoide in Karotten ausmachen und wesentlich zum antioxidativen Potential dieses Gemüses beitragen, welches ebenfalls nur in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen wurde, scheint nur in geringen Konzentrationen vorhanden oder im Verlauf der Probeaufbereitung nicht erfasst worden zu sein (Souci et al, 2011; Stracke et al., 2008). Eine weltweit aufgestellte Versuchsreihe verdeutlicht am Beispiel der Karotinoide die hohe Schwankungsbreite bei der Erhebung von sekundären Inhaltsstoffen. Die Bandbreite der Karotinoidkonzentrationen von orangen Karottensorten reicht von 20 mg kg^{-1} bis zu 200 mg kg^{-1} , wohingegen die von gelben und weißen Sorten deutlich geringer ausgeprägt ist (Baranski et al., 2012).

Der durchschnittliche Vitamin C Gehalt von Karotten ist verglichen mit anderen Gemüsen eher gering und liegt bei etwa 70 mg kg^{-1} , wobei aktuelle Studien lediglich Gehalte bis zu 30 mg kg^{-1} feststellen konnten (Singh et al., 2012; Souci et al., 2011). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit maximalen Konzentrationen bis zu 450 mg kg^{-1} weisen darauf hin, dass im Zuge der Tillman's Methode auch andere Substanzen registrierten und somit das Ergebnis verzerrten, wobei auch von anderen Studien vereinzelte Konzentrationen bis zu 775 mg kg^{-1} nachgewiesen und signifikant höhere Vitamin C Gehalte bei Exemplaren von späteren Ernteterminen festgestellt wurden (Matejkova und Petrikova 2010).

Ein wesentlicher Faktor für hochqualitative Karotten ist der Gesamtzuckergehalt, zusammengesetzt aus Saccharose, Fructose und Glucose. Aus Konsumentenumfragen ging eine eindeutige Korrelation zwischen zunehmender Beliebtheit und steigenden Zuckergehalten hervor. Als Richtwert für positive Kundenannahme gilt ein Gesamtzuckergehalt von 50 mg kg^{-1} . Eine Vergleichsstudie mit 52 getesteten Karottensorten ergab ein Spektrum zwischen 33 und 78 mg kg^{-1} . Die Ergebnisse dieser Arbeit kommen zu Gesamtzuckergehalten zwischen 50 und fast 60 mg kg^{-1} und liegen somit im positiven Bereich, was die erforderliche Süße betrifft. Die Kombination der Gesamtzuckergehalte mit den niedrigen Konzentrationen an phenolischen

Inhaltsstoffen, die die geschmackliche Qualität negativ beeinflussen können, ergibt ein positives Bild der Winterkarotten und unterstreicht deren Eignung zur Vermarktung (Baranski et al., 2011; Höhn et al., 2004).

Eine Versuchsreihe der deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung, die mehrere Früh- und Herbstkarotten miteinander verglich, konnte bei den Herbstmöhren leicht erhöhte Gesamtzuckergehalte, signifikant höhere Saccharosegehalte und Trockenmassen feststellen und liegen diese nahe an den von dieser Arbeit nachgewiesenen Werten (Hagel et al., 2004). Weitere Studien konnten ebenfalls eine signifikante Zunahme der löslichen Zuckergehalte an späteren Ernteterminen nachweisen (Suojala, 2000). Somit zeigt sich, dass Karotten als Winterkultur in diesen Bereichen mindestens genauso gut abschneiden wie Karotten aus anderen Anbauzeiträumen.

8.2.3 *Lactuca sativa* var. *crispa*

In Bezug auf die Untersuchungsparameter Vitamin C, Phenolgehalte und antioxidative Kapazität weichen die Ergebnisse der Arbeit kaum von den literarischen Standardangaben und Kenntnissen neueren Studien ab. Die nachgewiesenen Vitamin C Gehalte zwischen 110 und 170 mg kg⁻¹, die Phenolgehalte von rund 12 mg kg⁻¹ bei den grünen Sorten und von bis zu 50 mg kg⁻¹ sowie die antioxidativen Kapazitäten bis zu 12 mMol Fe²⁺ L⁻¹ liegen nahe an den in der Literatur vorhandenen Angaben von Ø 110 mg kg⁻¹ Vitamin C, 12 bis 20 mg kg⁻¹ Gesamtphenole sowie rund 15 mMol Fe²⁺ L⁻¹ antioxidativer Kapazität. Gleiches gilt für die (Gesamt)Zuckergehalte (Souci et al, 2011; Degl'Innoocenti et al., 2007). Die antioxidativen Eigenschaften werden im Salat neben der Ascorbinsäure hauptsächlich den Polyphenolen und Karotinoiden zugeschrieben, die in unterschiedlicher Menge in den verschiedenen Salatsorten enthalten sind, wobei die Sorten mit einer Rotfärbung hinsichtlich der antioxidativen Kapazität besser abschneiden (Jäger, 2008). Diese Aussage wird auch durch diese Arbeit unterstrichen.

Unter 52 getesteten *Lactuca* Genotypen, darunter Wildtypen, Kopfsalate, Romanasalate, Eisbergsalate und Spargelsalat, konnten signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten festgestellt werden. Beispielsweise wiesen die Wildformen höhere β -Carotin- und Lutein-Konzentrationen als alle kultivierten Sorten auf. Unter diesen wurde folgende Abnahme der

Karotinoidgehalte festgestellt: Romanasalate > Rotblättrige Kopfsalate > Butterkopfsalate > Eisbergsalate (Yahia und Ornelas-Paz, 2010).

8.2.4 *Petroselinum crispum*

Die Petersilie ist von allen untersuchten Wintergemüsen das ernährungsphysiologisch wertvollste. Sie kennzeichnet sich durch hohen Gehalte an Vitamin C ($>1600 \text{ mg kg}^{-1} \text{ FM}$), Karotinoiden und weiteren antioxidativen Komponenten und enthält wichtige Mineralstoffe, wie Kalium, Calcium und Eisen (Theiler et al., 2004). Zu derselben Schlussfolgerung kommt auch die vorliegende Arbeit, da die Petersilie vor allem im Vergleich zu Endivie und Karotte bezogen auf die untersuchten Inhaltsstoffe signifikant besser abschneidet. Verglichen mit den vorher diskutierten Wintergemüsen weist die Petersilie mit rund 15 % höhere Trockensubstanzgehalte und deutlich niedrigere Wassergehalte auf (Souci, 2011; Biertümpfel et al., s.a.).

8.3 Diskussion Marktchancen

Das Konzept des Wintergemüseanbaus deckt sich mit den aktuellen Entwicklungen am Lebensmittelmarkt. Die nachgewiesene Verbindung von unausgewogener Ernährung mit einer Vielzahl chronischer Krankheitsbilder führt in den letzten Jahren zu einem stärkeren Bewusstsein bezüglich Nahrungsmittelqualität und zu einer steigenden Nachfrage an Lebensmitteln mit hohen antioxidativen Kapazitäten. Des Weiteren findet eine positive und konstant zunehmende Tendenz des Kaufverhaltens zu regionalen und biologisch produziertem Gemüse statt. Der Konsument ist durch eine unklare Informationslage betreffend Qualität, Ursprung und Produktionsweise verunsichert und vertraut zunehmend heimisch produzierter Ware. Für die Vermarkter nimmt das richtige Marketing eine immer bedeutendere Rolle im Betriebskonzept ein. Der Markt verlangt eine rasche und immer wieder neue Anpassung der Produktpalette an die Bedürfnisse der Konsumenten. Es gilt, den Kunden durch Transparenz und emotionale Anreize an das Produkt/Unternehmen langfristig zu binden (Mayr, 2016; Peck, 2016; Warschun et al., 2013; Robles-Sardin et al., 2010). Hier bietet der Ansatz der Wintergemüseproduktion die Chance, sich durch eine völlig neues Konzept am Markt zu etablieren. Da bisher keine vergleichbare Produktpalette vorhanden ist, besteht bereits von Seiten diverser Einzelhandelsketten Interesse (Kupfer und Palme, 2016; Mayer und Bohuslav, 2015).

Für die Erzeuger selbst ergibt sich eine schwierige Marktsituation. Auf der einen Seite stehen die großen LEH (Lebensmitteleinzelhandels) Ketten, die mittels strenger Vorgaben in die Produktion eingreifen und relativ niedrige Preisen bezahlen. Dem gegenüber steht die eigene Direktvermarktung, welche mit erhöhtem (bürokratischen) Aufwand einhergeht. Als dritte Option besteht die Möglichkeit, die angebauten Rohprodukte an Erzeugerorganisationen zu verkaufen, die Marketing und Vertrieb übernehmen (Peck, 2016). Eine Analyse der Erzeuger- und Verbraucherpreise zeigt, dass die Erzeugerpreise sinken oder stagnieren, während die Verbraucherpreise leicht steigen. Diese Entwicklung spiegelt die einflussreiche Rolle des Einzelhandels und die schwierige Situation der Erzeuger wider (Koch, 2016).

Hinzu kommt die geringer werdende Nachfrage der privaten Haushalte. Bedingt durch veränderte Lebensbedingungen und Familienstrukturen findet eine Umstrukturierung hin zu einer zunehmenden Nahrungsmittelkonsumation außerhalb des eigenen Wohnbereichs statt. Die Anzahl

der dauerhaft im Haushalt tätigen Personen ist in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen. Gleichzeitig ist die Zahl der Singlehaushalte gestiegen. Diese Entwicklungen spiegeln sich im veränderten Konsumverhalten auch im Gemüsebereich wider. Der Trend zu schnell und möglichst einfach zu verarbeitenden Lebensmitteln ist die Folge. Als Beispiel hierfür ist die starke Zunahme von geschnittenen, abgepackten Blattsalaten zu nennen. Auf der anderen Seite ist ein klarer Rückgang bei ganzen Eissalaten und beim Chinakohl zu verzeichnen (Mayr, 2016; Koch, 2016).

In einem größeren Maßstab betrachtet, zeigt sich im Vergleich zu europäischen Ländern mit einem ähnlichen Einkommensniveau wie Österreich, dass der heimische pro Kopf Verbrauch beim Frischgemüseverzehr im unteren Bereich liegt. Der Selbstversorgungsgrad für Gemüse insgesamt beläuft sich auf rund 63 %, der von Karotten auf 96 % und der von Salaten auf 82 % (Koch, 2016; Statista, 2016). Aus diesen Zahlen geht hervor, dass der heimische Gemüsemarkt über ein Ausbaupotential verfügt, welches durch den Ansatz der Wintergemüseproduktion einen neuen Aufschwung erfahren und so zur Steigerung der Wertschöpfung im Inland bzw. der Region beitragen kann.

Die bisherigen Erfahrungen der am Kooperationsprojekt „Winterernte“ beteiligten Landwirte zeigen die durchwegs positive Annahme des erweiterten Sortiments von Seiten der Konsumenten. Es besteht eine Nachfrage nach frischem, heimischem Gemüse in Jahreszeiten, wo bisher ausschließlich Lagergemüse oder Gemüse aus ausländischer Produktion angeboten wird. Somit hat der Wintergemüseanbau aus vertriebstechnischer Sicht eine gute Chance, sich auf einem rasch wandelnden Gemüsesektor dauerhaft zu etablieren (Kupfer und Palme, 2016; Betz et al., 2015).

9 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die vorliegende Masterarbeit sowohl positive als auch kritische Aspekte der Wintergemüseproduktion aufzeigt. Sie zeigt, dass unter den richtigen Voraussetzungen verschiedene Gemüsekulturen auch über die Winterperiode gute Erträge mit angemessenen Qualitäten bringen können. Die erfolgreichen Beispiele dieser Versuchsreihe sind die Kulturen *Cichorium endivia* var. *latifolium* mit Vorteilen bei der Sorte 'Nuance', *Daucus carota* L. bei denen der erste Erntetermin am 2.12.2015 bei beiden Sorten sehr gute Erträge und Qualitäten lieferte und *Petroselinum crispum*. An den untersuchten Inhaltsstoffen zeigt sich, dass die Wintergemüseproduktion die aus ernährungsphysiologischer Sicht interessanten Komponenten nicht wesentlich verändert und somit die Produktqualität nicht negativ beeinflusst.

Gleichzeitig weisen die Versuche sie auf die Problemfelder unter diesen Produktionsbedingungen hin, deren Summe die Schlussfolgerung mit sich zieht, dass der Winteranbau noch kein endgültig ausgereiftes Anbaukonzept darstellt.

Die vorhandene Informationslage zu diesem Themenbereich ist sowohl in Bezug auf feldbezogene als auch auf rein wissenschaftliche Fragestellungen sehr überschaubar, bis nicht vorhanden. In Anbetracht der bisherigen Alleinstellung dieser Masterarbeit und den damit verbundenen fehlenden Vergleichsmöglichkeiten bezüglich der untersuchten Parameter sind weitere Forschungen auf dem Gebiet nötig, um fundierte Rückschlüsse auf den Einfluss der Winterbedingungen ziehen zu können. Als weiterer Schritt wäre ein Vergleich derselben Sorten im Sommer/Herbstanbau und im Winteranbau sinnvoll, um aussagekräftige Erkenntnisse zu gewinnen.

Anhand der deutlichen Sortenunterschiede der angebauten Wintergemüse zeigt sich, dass vor allem weitere Sortenwertprüfungen und die Optimierung der Kulturmaßnahmen notwendig sind, um die Risiken zu minimieren und somit den Wintergemüseanbau für die breite Masse der Landwirte realisierbar zu machen. In Zukunft sollten die Selektion passender Genotypen und die Neuzüchtung angepasster Wintersorten Gegenstand der Praktiker, Forscher und Pflanzenzüchter sein.

10 Literaturverzeichnis

Adamczewska-Sowinska K. und Uklanska C. (2010): The effect of form and dose of nitrogen fertilizer on yielding and biological value of endive. Acta Sci Pol, Hortorum Cultus 2010, 9(2), 85-91.

Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (2016): Möhrenvielfalt in Form und Farbe. <http://www.meine-moehren.de/wissenswertes/moehrenvielfalt/> 21.5.2016

Andres-Lacueva C., Medin-Remon A., Llorach R., Urpi-Sarda M., Khan N., Chiva-Blanch G., Zamora-Ros R., Rotches_ribalta M., Lamuela-Raventos R. (2010): Phenolic Compounds – Chemistry and Occurrence in Fruits and Vegetables. In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell, 53-88.

Austrosaat (2015): Katalog 2015 - Gemüse und Kräuter für den Erwerbsgartenbau. 2015, 88.

Baranski R., Allender C., Klimek-Chodacka M. (2012): Towards better tasting and more nutritious carrots: Carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. Food Research International. 2012. 47, 182–187.

Bastigkeit M. (2012): Vitamin C (Ascorbinsäure). http://www.facultas.at/zinfo/9783851759587/Bastigkeit_Vitamin_C.pdf 28.4.2016

Becker M. und Sauer H. (2014): Versuche im deutschen Gartenbau 2014 - Asia- und Babyleafsalate für den Anbau im kalten Folienhaus LVG Heidelberg. Heidelberg, 1-5

Benzie I. und Strain J. (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., Palme W., Stopper E., Theurl M. (2015): Winterernte: Saisonaler, Energieextensiver und innovativer Gemüseanbau. Projektbericht, 1-86.

Biertümpfel A., Warsitzka C., Vetter A. (s.a.): Nährstoffgehalte von Krautdrogen.
<http://www.tll.de/ainfo/pdf/kdro1006.pdf>. 13.3.2016

Chinnusamy V., Zhu J., Zhu J.K. (2006): Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiologia Plantarum*, 2006, 126, 52–61.

Coleman E. (2014): Handbuch Wintergärtnerei: Frisches Biogemüse rund ums Jahr. 1 Auflage. Innsbruck. Löwenzahn in der Studienverlag GmbH, 213pp.

Davies J. (1995): Environment and Plant Metabolism – flexibility and acclimation. Oxford, BIOS Scientific Publishers, 270pp.

De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell, 3-222.

Degl`Innoocenti E., Pardossi A., Tattini M., Guidi L. (2008): Phenolic compounds and antioxidant power in minimally processed salad. *Journal of Food Biochemistry*. 2008 32. 642–653.

Dowding C. (2011): How to grow Winter Vegetables. Wales. Green Books, 9-20, 148-172188-255.

Enza Zaden (2015): Endivien – Nuance.
<http://www.enzazaden.de/products/leafvegets/endive/openfield/nuance.aspx> . 28.12.2015

Enza Zaden (2016): Kulturanleitung Möhren.
<http://www.enzazaden.de/growerservices/tips/moehren.aspx>. 22.5.2016

Franzke C. (1996): Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Behr's Verlag, Hamburg, 3. Auflage, 313-332.

Gajc-Wolska J., Kowalczyk K., Nowecka M., Mazur K., Metera A. (2012): Effect of organic-mineral fertilizers on the yield and quality of endive (*Cichorium endivia* L.). *Acta Sci Pol Hortorum Cultus*. 2012. 11(3), 189-200.

Graines Baumaux (2015): Carotte F1 Eskimo. <http://www.graines-baumaux.fr/168972-carotte-f1-eskimo.html>. 28.12.2015

Hagel I., Bauer D., Haneklaus S., Schnul E. (2000): Zur Qualität von Frühmöhren aus einem biologisch-dynamischen Züchtungsprojekt. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung, Karlsruhe, 217-222.

Hagel I., Bauer D., Haneklaus S., Schnul E. (2000): Zur Qualität von Herbstmöhren aus einem biologisch-dynamischen Züchtungsprojekt. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung, Karlsruhe, 223-227.

Hasinger G. (2009): Bodenprofil für Zinsenhof. Biotagung, Ruprechtshofen.

HBLFA Schönbrunn (2016): Wirkungsbereich der Außenstelle Zinsenhof. http://www.gartenbau.at/4_forschung/zinsenhof.html; <http://www.zinsenhof.com> 11.1.2016

Herrmann K. (2001): Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 11.

Heß J., Meier-Ploeger A., Hamm U., Bier C., Busch C., Mittelstraß K. (2005): Kleines Handbuch der Gemüsekunde: Anbau, Inhaltsstoffe, Verarbeitung und Rezepte. Universität Kassel. Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften. 2. Auflage, 1-6, 26-28, 54-56, 58-60, 72-74.

Hildsamens (2015): Gemüsesaatgut aus biologischer Erzeugung.
http://www.hildsamens.de/pdf/a_de_bioseiten.pdf . 28.12.2015

Höhn E., Schärer H., U. Künsch U. (2004): Karotten von der Saat bis zum Teller - Zuckergehalt: Bedeutung und Einflussfaktoren. Der Gemüsebau/Le Maraîcher 2004. 1, 1-5.

Jaborek C. (2016): Aktuelle Entwicklungen im Obst- und Gemüsebereich. Wintertagung 2016 – Fachtag Gemüse, Obst und Gartenbau, Wien, 4-17.

Jäger H. (2008): Lactucin und Intybin – Die Bitterstoffe in gebräuchlichen Salatsorten
Ernährungsphysiologische und lebensmittelqualitative Betrachtungen. Diplomarbeit. Universität Wien. Department Ernährungswissenschaften, 19.

Janska A., Marsik P., Zelenkova S., Ovesna J. (2009): Cold stress and acclimation – what is important for metabolic adjustment. Plant Biology. 2010. 12, 395–405.

Keutgen A. und Keutgen N. (2015): Lagerung von gartenbaulichen Produkten. Akademisches Jahr 2015/2016. Universität für Bodenkultur. Wien, 3-5.

Keutgen A. und Pawelizik E. (2007): Modifications of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl. J Agric. Food Chemistry 55, 4066-4072.

Koch M. (2016): Marktentwicklungen für Obst und Gemüse in Europa. Wintertagung 2016 – Fachtag Gemüse. Obst und Gartenbau. Wien, 2-26.

Königshofer H. (2013): Stressphysiologie der Pflanzen - Temperaturstress. Akademisches Jahr 2013/2014, Universität für Bodenkultur. Wien, 1-37.

Kopp H. (1993): Untersuchungen an ökologisch und konventionell erzeugtem Gemüse mittels Hochleistungsanalysemethoden. Dissertation. Universität Hohenheim. 7-8, 114.

Köppl P. (2010) Anbau- und Kulturanleitung Blattpetersilie (*Petroselinum crispum*). Landwirtschaftskammer Oberösterreich. Ackerbau und Alternativen, 1-3.

Koudela M. und Petříková K. (2007): Nutritional composition and yield of endive cultivars (*Cichorium endivia* L.). Hort Sci. Prague. 34, 6–10.

Kowalczyk K., Gajc-Wolska J., Marcinkowska M., Jabrucka-Pióro E. (2015): Assessment of quality attributes of endive (*Cichorium endivia* L.) depending on a cultivar and growing conditions. Acta Sci Pol, Hortorum Cultus. 2015. 14 (2), 13-26 .

Kupfer J. (2015): Anbaupläne Wintergemüse 2015. Versuchsdaten der HBLFA Schönbrunn der Jahre 2015/2016, Wien.

Kupfer J. und Palme W. (2016): Interview zum Thema Wintergemüseanbau. Interview vom 25.2.2016

Landwirtschaftskammer Wien (2013): Wiener Landwirtschaftsbericht 2013. https://issuu.com/die_information/docs/landwirtschaftsbericht_wien_2013_kl/26 18.5.2016

Larcher W. (2003): Physiological Plant Ecology – Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Springer. Berlin. 4. Auflage, 304-343.

Lopez-Nicolas J. und Garcia-Carmona F. (2010): Enzymatic and Nonenzymatic Degradation of Polyphenols. In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell, 101-129.

Mayer D. und Bohuslav P. (2015): Wintergemüse aus regionalem Anbau: neue Marktchancen für heimische Lebensmittelerzeuger. Presseinformation. Ecoplus - Die Wirtschaftsagentur des Landes Niederösterreich.

Mayer N. und Paschold P. (2003): Schnittsalat auf Fließrinnen. Forschungsanstalt Geisenheim, 1-5.

Mayr J. (2016): Die großen Trends im Einkaufsverhalten bis 2025. Wintertagung 2016 – Fachtag Gemüse, Obst und Gartenbau, Wien, 1-12.

Matejkova J. und Petrikova M. (2010): Variation in Content of Carotenoids and Vitamin C in Carrots. Not Sci Biol. 2010. 2(4), 88-91.

Mentel I., Cieřlik E., Sadowsk-Rociek A. (2015): Healthy properties of endivie (*Cichorium endivia* L.) depending on the variety and the vegetative season. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2015. 4(3), 118-121.

Müller J., Schumacher S., Olschewski P., Kühnert A., Mann W., Rothe D., Wagner D., Engelmann D. (2004): Bioaktive Substanzen im Gemüse. FH-Erfurt. Abteilung Gartenbau, 1-23.

Nilsen E. und Orcutt D. (1996): Physiology of Plants under Stress – Abiotic Factors. John Wiley & Sons, Toronto, 486pp.

Palme W. (2015): Winterernte: Frisches vom Fensterbrett, Balkon oder aus dem Garten. Informationsblatt der Cityfarm Schönbrunn, 1-4.

Peck J. (2016): Zukunft von Erzeugerorganisationen. . Wintertagung 2016 – Fachtag Gemüse, Obst und Gartenbau, Wien, 5-16.

Rahman A. (2012): Auxin: a regulator of cold stress response. Physiologia Plantarum. 2012. 147, 28–35.

Rijk Zwaan (2016): Endivie - NUMMER VIJF 2-STRATEGO RZ.
http://www.rijkwaaan.com/wps/wcm/connect/RZ+DE/Rijk+Zwaan/Products_and_Services/Products/Leaf+crops/Endivie?pcpage=3&frm=1&varname=NUMMER%20VIJF%20-STRATEGO%20RZ&his=c293LHVuZGVmaW5lZCwwO2hhcnYsdW5kZWZpbmVkLDA7cGxhbnQsdW5kZWZpbmVkLDA7cmFkaW9zY2hlZCxoYXJ2LDA7 . 11.1.2016

Robles-Sardin A., Bolanos-Villar A., Aguilar G., De la Rosa L. (2010): Flavonoids and their relation to human health. In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Aguilar G. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell, 155-175.

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004): Anbau von Gewächshausgemüse: Hinweise zum umweltgerechten Anbau. Fachbereich Gartenbau. Druckhaus Dresden, 203-207.

Saltveit M. (2010): Synthesis and Metabolism of Phenolic Compounds. In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell, 89-100.

Sanghera G, Wani S, Hussain W, Singh N (2011): Engineering Cold Stress Tolerance in Crop Plants. Current Genomics. 2011. 12, 30-43.

Sauer H., Schäfer R., Wieczorek T. (2010): Endivien: ÖKO Sorten im kalten Folienhaus. Versuche im deutschen Gartenbau. LVG Heidelberg, 1-3.

Schwedt G. (2005): Taschenatlas der Lebensmittelchemie. WILEY-VCH, Weinheim, 2. Auflage, 130.

Singleton V. und Rossi J. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. J. Enol.Vitic. 16, 144-158.

Singh D., Beloy J., McInerney J., Day L. (2012): Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). Food Chemistry. 2012. 132, 1161–1170.

Souci S., Fachmann W., Kraut H. (2011): Lebensmitteltabelle für die Praxis. Freising, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 5. Auflage, 291-300, 453.

Statista (2016): Selbstversorgungsgrad bei Gemüse in Österreich nach Art im Jahr 2014/15. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/287816/umfrage/selbstversorgungsgrad-bei-gemuese-in-oesterreich-nach-art/> 9.5.2016

Stracke B., Rüfer C., Bub A., Briviba K., Seifert S., Kunz C., Watzl B. (2008): Assessment of the nutritional quality of organic food by quantitating their antioxidative potential. British Journal of Nutrition. 2009. 101, 1664–1672.

Stohandl N. (2014): Salat - Ein Gemüse für jede Jahreszeit. Haidegger Perspektiven. Graz. 1. Ausgabe, 15 – 18.

Suojala T. (2000): Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. Scientia Horticulturae. 2000. 85, 19.

Talburt S. und Smith P. (1987): Spektrophotometrische Bestimmung der Gesamtzucker und reduzierenden Zucker im Pflanzmaterial, 1-4.

Theiler R., Buser H., Hurni M., Schätti P., Gosteli I. (2004): Vergleich von Petersiliensorten im Freilandanbau 2003. Der Gemüsebau. Agroscope, 8-11.

Versuchsstation für Spezialkulturen Wies (2009): Versuche und Ergebnisse 2009. Land Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 64.

Warschun M., Rucker M., Glusac S., Günther D. (2013): Regional ist gefragter als Bio. ATKearney Lebensmittelstudie. PDF, 1-8.

Wellburn A. (1994): The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. J. Plant Physiol., 144, 307-313.

Wendt I. (2014): Diätetik kompakt. Fachinformationen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. Bonn. 1. Auflage, 13-28.

Yadav S. (2009): Cold stress tolerance mechanisms in plants – a review. Agron Sustain Dev. 2010. 30, 515–527.

Yahia E. (2010): The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore, Wiley-Blackwell, 3-51.

Yahia E. und Ornelas-Pat J. (2010): Chemistry, Stability and Biological Action of Carotenoids. In: In: De la Rosa L., Alvarez-Parilla E., Gonzalez Aguilar. (2010): Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Singapore. Wiley-Blackwell, 177-222.

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2000): Klimadaten von Österreich: 1971–2000. http://www.zamg.ac.at/fix/klima/oe71-00/klima2000/klimadaten_oesterreich_1971_frame1.htm. 12.1.2016

11 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht. Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandeln mit der Note „nicht genügend“ (ohne Möglichkeit einer Nachbesserung oder Wiederholung) geahndet wird und weitere rechtliche Schritte nach sich ziehen kann.

Diese Arbeit wurde neben der gedruckten Version auch auf CD-Rom zur Prüfung der o.g. Erklärung bei der zuständigen Prüferin/dem zuständigen Prüfer hinterlegt.

(Ort und Datum)

(Unterschrift)