

Projekt 100546

# **Vergleich und Anpassung offen abblühender Karottensorten an Trockenstress und an den Standort Marchfeld im biologischen Landbau**

## **Endbericht per 14.5.2013**

Rita Kappert, Andreas Kranzler, Jürgen Renner, Sieglinde Pollan

Comparison and adaption of open pollinating varieties of carrots  
to droughtstress and to the location Marchfeld for organic  
farming

## Danksagung

Wir bedanken uns beim österreichischen Lebensministerium<sup>1</sup> für die Finanzierung des gegenständlichen Projektes.

Ferner bedanken wir uns beim Bio-Hof Adamah, der Familie Zoubek, die ihre Flächen freundlicherweise zur Verfügung stellte für den Feldversuch.

Darüber hinaus geht der herzliche Dank an die KollegInnen an

der KF-Universität Graz, a.o. Univ.Prof. Dr. Maria Müller,  
der Universität Wien  
Ass.Prof. Dr. Gert Bachmann  
Dr. Vladimir Chobot  
a.o. Univ.Prof. Dr. Franz Hadacek  
der Universität für Bodenkultur  
Ao.Univ.Prof. Dr. Grausgruber  
Ass.Prof. Dr. Cepuder  
Ass.Prof. Dr. Balas  
Priv.Dozent Puschenreiter

Es waren ganz junge Wissenschaftler im Projekt beteiligt, die ihre Projekt- bzw. Masterarbeiten geschrieben bzw. noch schreiben werden. Danke für Euer Interesse am Projekt und viel Erfolg in der Zukunft!

Bettina Bammer, KF-Universität Graz  
Michael Wess, BOKU  
Georgios Kyriazis, BOKU  
Amal Aryan, BOKU  
Michele Mares, BOKU.

Reinhild Frech-Emmelmann von der Fa. Reinsaat KG, 3572 St. Leonhard am Hornerwald 69 unterstützte das Projekt beratend. Auch ihr gebührt der Dank des Teams.

ALLEN HERZLICHEN DANK  
DAS TEAM VOM FIBL

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, vertreten durch Frau DI Elfriede Fuhrmann, Stubenring 1, 1010 Wien

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung.....	7
2.	Material und Methoden.....	8
2.1.	Standort.....	8
2.2.	Versuchsdesign.....	8
2.3.	Boden.....	10
2.4.	Kulturführung.....	10
2.5.	Witterungsverlauf und Bewässerung.....	11
2.5.1.	Bewässerung.....	11
2.5.2.	Witterungsverlauf 2012.....	12
2.6.	Keimversuch.....	13
2.7.	Pflanzenbauliche Bonituren.....	13
2.7.1.	Feldaufgang.....	13
2.7.2.	Krautgesundheit.....	13
2.7.3.	Lagerneigung des Karottenkrauts.....	13
2.7.4.	Rübenform und Oberflächenbeschaffenheit.....	14
2.7.5.	Grünköpfigkeit.....	14
2.7.6.	Wurzelgesundheit.....	14
2.7.7.	Ertragskomponenten und weitere Erhebungen.....	14
2.7.7.1.	Äußere Qualität.....	14
2.7.7.2.	Rübenschädigung.....	14
2.7.7.3.	Homogenität.....	14
2.7.7.4.	Krautgesamtwicht.....	14
2.7.7.5.	Ertrag.....	14
2.8.	Trockensubstanz.....	15
2.9.	Lösliche Trockensubstanz/Brix.....	15
2.10.	Redoxpotential.....	15
2.11.	Titration /Äpfelsäure.....	15
2.12.	Vorbereitung für Analytik.....	15
2.13.	Physiologisch-analytische Untersuchungen.....	16
2.13.1.	Probenaufbereitung.....	16
2.13.2.	Analyse der Chromopastepigmente.....	16
2.13.3.	Analyse von $\alpha$ -Tocopherol.....	17
2.13.4.	Derivatisierung.....	18
2.13.5.	Herstellung der Standards für die Aminosäurenanalyse.....	18
2.14.	Sensorik.....	19
2.15.	Selektion und Saatgutvermehrung.....	19
2.16.	Statistik.....	20
3.	Ergebnisse.....	21
3.1.	Evaluierung und Ergebnis aus den Bewässerungsvarianten.....	21
3.1.1.	Körnung.....	21
3.1.2.	Humus.....	22
3.1.3.	Wasserhaltekapazität aus Kornverteilung und Humusgehalt.....	23
3.1.4.	Vergleich der Bodenkennwerte mit der Bodenkarte.....	24

3.1.5.	Anteil der Bewässerung an der gesamten aufgebrauchten Wassermenge.....	24
3.1.6.	Zusammenhang Wassergehalt – Niederschlag bzw. Bewässerung.....	24
3.1.7.	Grundsätzlicher Schwankungsbereich der Bodenwassermenge.....	29
3.1.8.	Pflanzenwasserbedarf / Verdunstung.....	29
3.1.9.	Theoretischer Vergleich der Bewässerungsvarianten .....	32
3.1.10.	Zusammenhang zwischen Ertrag und Bewässerungsvariante.....	33
3.2.	Keimversuch.....	36
3.3.	Sensorik.....	37
3.4.	Ergebnisse der pflanzenbaulichen Begutachtung .....	39
3.4.1.	Datenauswertung.....	39
3.4.2.	Agronomische Merkmale .....	40
3.4.2.1.	Mehltau .....	40
3.4.2.2.	Alternaria.....	40
3.4.2.3.	Schäden durch Insekten .....	41
3.4.2.4.	Schäden durch Nagetiere .....	42
3.4.2.5.	Deformierte Karotten.....	42
3.4.2.6.	Geplatzte Karotten .....	42
3.4.2.7.	Weißer Karotten .....	43
3.4.2.8.	Untergröße.....	43
3.4.2.9.	Übergröße.....	44
3.4.2.10.	Grünköpfigkeit.....	44
3.4.2.11.	Durchmesser.....	44
3.4.2.12.	Krautmasse.....	44
3.4.2.13.	Ertrag .....	45
3.4.2.14.	Marktfähiger Karottenertrag .....	46
3.4.3.	Qualitätsmerkmale.....	48
3.4.3.1.	Lösliche Trockensubstanz/Brix .....	48
3.4.3.2.	Redoxpotential .....	49
3.4.3.3.	Äpfelsäure.....	51
3.5.	Ergebnisse und Diskussion der physiologisch-analytischen Parameter.....	56
4.	Zusammenfassung und Diskussion.....	62
4.1.	Wasser /Bewässerung.....	62
4.2.	Pflanzenbauliche Parameter.....	63
4.3.	Qualitätsmerkmale.....	64
4.4.	Physiologische Merkmale.....	65
4.5.	Sorten + Selektion .....	66
4.6.	Fazit.....	66
5.	Literatur .....	67

## **Zusammenfassung**

Insgesamt 6 Karottensorten (*Carota daucus* L.) wurden über 3 Jahre (2010-2012) angebaut. Der Anbau erfolgte wie ortsüblich zweireihig auf Dämmen, von denen die ersten 3 m Länge geerntet wurden. Die Sorten wurden in drei Wiederholungen sowie in drei Bewässerungsvarianten angebaut; einer ortsüblichen (Kontrolle KON), einer reduzierten Varianten (RED) und einer weiteren stark reduzierten Variante (STR).

Ziel des Projektes ist die Evaluierung von 5 offen abblühenden Karottensorten unter Einbeziehung einer 6. Sorte (Maestro F1), der führenden Karotten-Hybridsorte im Marchfeld. Diese ist gleichzeitig die Kontrollvariante aufgrund ihrer starken Ertragsleistung. Der Feldversuch wurde bewusst als praxisnaher Freilandversuch angelegt. Es wurden folgende Eigenschaften der Sorten untersucht und bewertet: 1. Trockenstresstoleranz, 2. Pflanzenbauliche Parameter: Ertrag marktfähiger Ware, Pflanzen- und Wurzelgesundheit, Homogenität, 3. innere Qualität: Inhaltsstoffe und Sensorik. Über alle 3 Jahre wurde kein Trockenstress in den drei verschiedenen Bewässerungsvarianten erzielt, dennoch ist eine Abstufung der Wassermengen nachvollziehbar. Über die drei Versuchsjahre korrelieren einige pflanzenbauliche Parameter in hohem Maße mit der Reduktion der Wassermenge in den Bewässerungsregimen. Eine Reduktion der Bewässerung von ortsüblich um 20-30% ist ohne größere Ertragseinbußen möglich; Bedeutung wird dies gewinnen in dem Maße, wie Landwirte pekuniäre Leistungen auf den Bezug von Wasser zu erbringen haben. Die reduzierten Bewässerungsvarianten verursachten einen Anstieg unterschiedlichen Ausmaßes (sowohl unterscheidbar nach Sorte/ Jahr/ Bewässerungsintensität) bei  $\alpha$ -Tocopherol,  $\alpha$ -Carotin,  $\beta$ -Carotin, Lutein. In den sonstigen Qualitätsmerkmalen konnten verschiedene Signifikanzen zwischen den Sorten, aber auch Bewässerungsvarianten gefunden werden, aber keine Systematik entlang der zu prüfenden Faktoren.

Die Hybridsorte Maestro F1 behauptete ihren Platz als Nummer 1 im Hinblick auf Ertragssicherheit und Resistenz gegen Mehltau und Alternaria. Die Sorten Milan und Beate erweisen sich (mit einzelnen Schwächen) als Alternative im Rahmen der geprüften offen abblühenden Sorten. Die selektierte Sorte Milan S 1 zeigte trotz bestätigter Freiheit von Krankheitserregern die signifikant niedrigsten Erträge und lag damit deutlich unter der Ausgangssorte (Anbau 2012). Die Sorten Milan und Beate erweisen sich (mit einzelnen Schwächen) als Alternative im Rahmen der geprüften offen abblühenden Sorten.

**Schlagnworte:** Biolandbau, samenfeste Karottensorten, offen abblühend, Hybridsorten, Produktqualität, Eignung und Adaptierung an pannonisches Klimagebiet, Karotte, Möhre, Möhren, Gemüse, Marchfeld, Bewässerung, Beregnung, Trockenstresstoleranz.

## **Abstract**

Total 6 carrot varieties (*Daucus carota* L.) were grown over 3 years. The cultivation was carried out as local custom double row of dams, of which the first 3 m in length were harvested. The varieties were grown in three replicates and in three irrigation variants, a normal local (control KON), a reduced variant (RED) and another variant of sharply reduced (STR).

The aim of the project is the evaluation of five open-pollinated carrot varieties including a 6th variety (Maestro F1), the leading carrot hybrid variety in the March field. This is also the control variety, due to its strong yield performance. The field trial was deliberately designed as a practical field test. The following properties of the varieties were tested and evaluated: 1 Drought tolerance, 2 Agronomic parameters: marketable yield, plant and root health, homogeneity, 3 inner quality: Ingredients and sensors. In all 3 years no drought stress in the three different irrigation variants was achieved, but a gradation of water volumes is realised. All three years of the trial, some plant parameters correlate strongly with the reduction of the amount of water in the irrigation regimes. A reduction in the irrigation of local custom of 20-30% is possible without significant loss of revenue, meaning it will win in the extent to which farmers have to provide pecuniary benefits to the purchase of water. The reduced irrigation variants caused an increase in varying degrees (both distinguishable on the variety / year / irrigation intensity) in analytical chemistry ingredients, such as  $\alpha$ -tocopherol,  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene, lutein. In the various quality characteristics different significances between varieties, but also between irrigation variants could be found, but no systematic along the factors to be examined.

The F1 hybrid variety Maestro claimed its place as number one in terms of income security and resistance to powdery mildew and *Alternaria*. The varieties Milan and Beate prove (with individual weaknesses) to be an alternative within the scope of the tested open-pollinating varieties. The selected variety Milan S 1 showed despite confirmed absence of pathogens significantly lowest yield even well below the initial variety (growing 2012). The varieties Nantaise 2/Milan and Nantaise 2/Beate prove (with individual weaknesses) to be an alternative within the scope of the tested open-pollinating varieties.

**Key words:** Organic farming, seed resistant carrot varieties, open pollinating, Hybrid varieties, product quality, fitness and adaptation to Pannonian climate area, carrot, carrot, carrots, vegetables, March Field, irrigation, sprinkler irrigation, drought tolerance.

## 1. Einleitung

Eine wichtige Voraussetzung für die Weiterentwicklung des Biolandbaus ist die Verfügbarkeit von biologisch erzeugtem Saatgut. Die globale Anwendung von Hybridsorten verringert die biologische Vielfalt und vernachlässigt das Anpassungspotenzial samenfester Sorten. Durch Zucht am jeweiligen Standort können lokale Sorten entwickelt werden, die mittels ihrer flexiblen Reaktionsfähigkeit einer klimatischen Veränderung in der Region standhalten und so die Anbausicherheit fördern. Die regionale Sortenentwicklung leistet einen grundlegenden Beitrag zur Nahrungsmittelsicherheit und Erhaltung der Biodiversität von Nahrungspflanzen (Weltagrarbericht IAASTED 2007).

Ziel dieses Forschungsprojektes ist, eine oder mehrere samenfeste Karottensorten zu finden, die unter den Bedingungen im Marchfeld qualitativ hochwertige Marktware liefern. Diese Sorten werden durch gezielte Selektionsmaßnahmen an die Bedingungen auf diesem Standort angepasst.

Folgende Eigenschaften der Sorten werden untersucht und bewertet:

- Trockenstresstoleranz
- Pflanzenbauliche Parameter: Ertrag marktfähiger Ware, Pflanzen- und Wurzelgesundheit, Homogenität
- innere Qualität: Inhaltsstoffe und Sensorik

Weiters werden die Auswirkungen einer Wasserreduktion auf die Inhaltsstoffe und Sensorik der Karottensorten festgestellt.

Das Umweltbundesamt (2011\_1) konstatiert wesentliche hochwahrscheinliche Änderungen im Aktivitätsfeld Land- und Forstwirtschaft wie die Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate, die Zunahme der Häufigkeit von Trockenperioden, die vermutliche Abnahme des Bodenwassergehaltes und damit erhöhter Trockenstress im Süden und Osten Österreichs; mit der Konsequenz der Erhöhung der potenziellen Evapotranspiration durch höhere Temperaturen und längere Vegetationsperioden. Vermutet wird die Abnahme des Bodenwassergehaltes und damit erhöhter Trockenstress im Süden und Osten Österreichs. Auch die Erhöhung der potenziellen Evapotranspiration durch höhere Temperaturen und längere Vegetationsperioden wird prognostiziert.

In Mitteleuropa, wo im Allgemeinen die Niederschlagszufuhr ausreichend ist, kann es zu regelmäßig auftretenden Trockenzeiten kommen, insbesondere wenn die prognostizierten Änderungen durch den Klimawandel Realität werden. Trockenstress kann auch in Mitteleuropa zu einem der wesentlichen begrenzenden Faktoren für die Pflanzenproduktion werden. Er geht häufig einher mit einer zunehmenden Bodenversalzung, wenn die Evaporation größer wird als die Niederschlagsmenge. [*Carota daucus* L. zählt lt Bergmann 1993 zu den chloridempfindlichen Pflanzen.] Als Anpassungsmaßnahme wird u.a. die Züchtung und der gezielte Einsatz von wassersparenden, hitzetoleranten Pflanzen (Art/Sorte) im Sinne einer regional angepassten Bewirtschaftung angegeben (UBA 2011\_2).

In diesem Sinne leistet das Projekt einen Beitrag zur integrativen Forschung mit dem Ziel, anwendbare Ergebnisse im Sinne der Eignung von Sorten für den regionalen Standort und Empfehlungen zur Ressourcen schonenden Bewässerung am Standort liefern zu können.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Standort**

Markgrafneusiedl liegt im Osten Wiens im Marchfeld, dem größten Feldgemüseanbaugesamt Österreichs. Karotten sind eine der wichtigsten Kulturen in diesem Anbaugesamt und nach wie vor eine der beliebtesten Gemüsearten.

#### **Standortbedingungen:**

- Seehöhe Markgrafneusiedl: 154 m ü. NN
- durchschnittlichen Jahresniederschlag: <550 mm
- mittlere Jahrestemperatur 9,8 °C
- mittlere jährliche Sonnenscheindauer 1800 h.

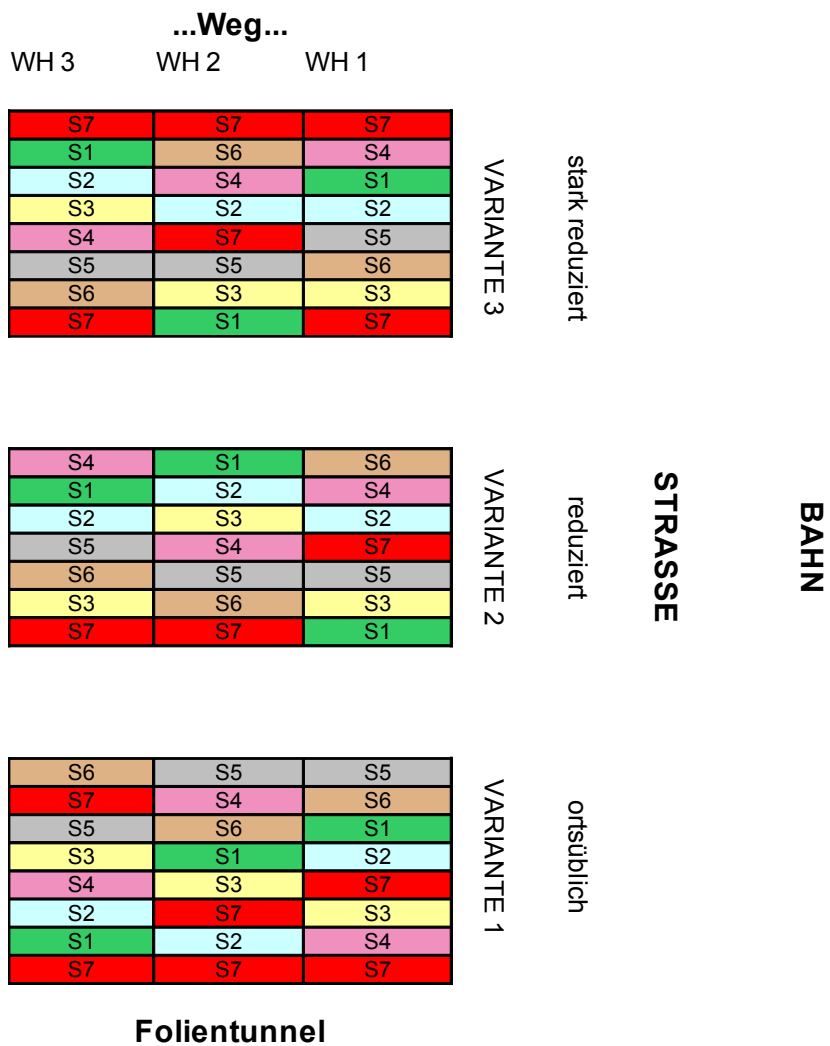
Der Betrieb Adamah liegt in westlicher Randlage des Pannonikums, das durch trocken-heiße Sommer und kalte Winter gekennzeichnet ist. Die Lage der Fläche ist besonders windexponiert.

Der Biohof Adamah wird seit 1997 nach biologischen Grundsätzen bewirtschaftet.

### **2.2. Versuchsdesign**

Insgesamt werden 6 Sorten angebaut in drei verschiedenen Bewässerungsvarianten. In Vorarbeiten (Renner 2009) waren 17 samenfeste Sorten im Vergleich mit Maestro angebaut und einer Prüfung unterzogen worden. Die für das laufende Projekt ausgesuchten Sorten waren in dieser Vorarbeit als geeignet identifiziert worden.





**Abbildung 1: schematischer Versuchsplan 2012**

**Parzellengröße:** 6 Meter x 0,75 Meter, 2 Reihen auf dem Damm  
**Positionierung der Sprinkler:** alle 2 Meter mit einem Radius von 3 Metern.

**Tabelle 1: Sorten und Züchter im Versuchsdesign 2012**

Sortennummer	Sortenbezeichnung	Bezeichnung im Text	Züchter	Sortentyp	Züchtungstyp
1	Maestro F1	Maestro F1	Vilmorin	Nantaise	Hybridsorte
2	Nantaise 2 Milan	Milan	Bingenheimer Saatgut AG	Nantaise	Populationsorte
3	Nantaise H. Mö 14 RFE 402	Mö 14 RFE	Reinsaat	Nantaise	Populationsorte
4	Nantaise 2 Fynn	Fynn	Bingenheimer Saatgut AG	Nantaise	Populationsorte
5	Nantaise 2 Rotin	Rotin	Carl Sperling & Co GmbH	Nantaise	Populationsorte
6	Nantaise 2 Beate	Beate	Peter Lassnig	Nantaise	Populationsorte
7	Nantaise 2 Milan S1	Milan S 1	Bingenheimer Saatgut AG/Projekt	Nantaise	Populationsorte

Im Versuchsjahr 2010 wurde als S 3 die Sorte Nantaise 2 Fanal Elitesaatgut angebaut. Da das Saatgut im Jahr 2011 nicht mehr erhältlich war, musste diese Sorte ausgetauscht werden. Alle anderen Sorten wurden konstant über die drei Jahre angebaut. Nantaise Milan S 1 wurde nach den Selektionsschritten nur im Jahr 2012 angebaut.

### 2.3. Boden

Im Jahr 2012 wurde keine weitere Bodenprobe gezogen, da der Standort derselbe wie im ersten Versuchsjahr war (vgl. Zwischenbericht 2010 vom 31.5.2011)

### 2.4. Kulturführung

Der Feldversuch wurde bewusst als praxisnaher Freilandversuch angelegt. So ist der Anbau auf Dämmen (doppelreihig) mittlerweile Standard im Marchfeld. Es konnte keine Bedachung der Versuchsfelder in Betracht gezogen werden. Die Kosten wären erheblich gewesen; gleichzeitig hätte eine Bedachung die Ergebnisse (welche der Praktiker letztendlich nutzen will) erheblich verändert. Eine direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse sollte gewährleistet sein.

Am 18. März wurde mittels Flügelschargrubber das erste Mal und am 20. April das zweite Mal gegrubbert. Am 29. Mai kam die Dammfräse zum Einsatz – zum Formen der Dämme. Der Anbau der Versuchspartzen erfolgte am 19.06.2011 mit einem Handsäugerät – Marke Eigenbau. Aufgrund unterschiedlicher Keimfähigkeiten kamen unterschiedliche Lochscheibenlochdurchmesser zum Einsatz: Beate 4,3; Mö 14 RFE 4,7 und alle anderen wurden mit einem Lochdurchmesser von 3,8 angebaut - am Damm á 2 Reihen. Am 19., 21., und 26.06 erfolgte die Auflaufbewässerung mittels Mikrosprinkleranlage und bewirkten eine über alle Partzen gleichmäßige Bewässerungsmenge von 5,77 mmWs/m<sup>2</sup>h. Bei einer Beregnungszeit von etwa 2 Stunden, je Durchgang, kam es zu einer Niederschlagsmenge von etwa 11 mmWs/m<sup>2</sup>.

Am 9.07. wurde maschinell als auch händisch Unkraut reguliert (scheren) bzw. gezupft. Dafür wurde das betriebsüblich eingesetzte Gerät verwendet. Das Grundgerüst stammt von Hatzenbichler und wurde aber im Eigenbau umgerüstet bzw. modifiziert. Mittels Scheibenschare werden die Dammflanken abgeschert und die Dammsohlen mit geeigneten Scharen gehackt. Am 10. August erfolgte die zweite maschinelle als auch händische Unkrautregulierungsmaßnahme, im gleichen Verfahren. Und am 6. September das dritte und letzte Mal.

Die Karottenernte für die Erntebonitur, Laboranalyse und Verkostung hat am 10. Oktober stattgefunden.

Am 14. Oktober wurde das Feld geräumt und das Sprinkler-Bewässerungssystem sowie die Wetterstation vom Versuchsfeld entfernt.

Die etwa 200 Stk. selektierten Rüben, für die Saatgutproduktion, wurden im betriebsüblichen Karottenlager zusammen mit Erde eingelagert. In KW 12 erfolgte die Auslagerung und Pflanzung der etwa 170 Stk geschmackselektierten Rüben im geschützten, nicht beheizten Folientunnel. Mit einem Reihenabstand von 40 cm und einem Abstand in der Reihe von 60 cm wurden die Rüben versetzt gesetzt. Für besonders kühle Nächte bzw. Tage wurden die Rüben mit lichtdurchlässigem Flies bedeckt.

## **2.5. Witterungsverlauf und Bewässerung**

### **2.5.1. Bewässerung**

Die erste abgestufte Bewässerung erfolgte am 11. Juli mittels Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (Fabrikat Netafin, Supernet 50 l/h, Galcon Bewässerungscomputer). Die Versuchsanlage wurde mit 3 unterschiedlichen Intensitäten bewässert. Variante 1 stellt die betriebsübliche Bewässerung dar, welche mit 20 mmWs pro Bewässerungsdurchgang angenommen wird. Die zweite Variante stellt ein reduziertes und die dritte Variante ein stark reduziertes Regime dar.

Die Wasserversorgung erfolgte über einen nahe gelegenen, bestehenden Brunnen. Über eine bestehende, entsprechend dimensionierte Tauchpumpe, mit ausreichendem Versorgungsdruck, wurde das Beregnungswasser über PE-Verteilung zum Versuchsfeld befördert (Minimierung der Schaltheufigkeit durch Zwischenschalten eines Windkessels). Gesteuert wurde die Pumpe über einen Minimum-Ein- und Maximum-Aus-Druckschalter. Die 3 unterschiedlichen Bewässerungsabschnitte wurden über 3 PE-Regnerleitungen mit Wasser versorgt.

Es wurde eine computergesteuerte Mikrosprinkler Beregnungsanlage verwendet. Die Sprinkler wurden auf einer Höhe von 60 cm vom Boden und im Abstand von 2 m situiert, was eine Wurfweite von 3 m zur Folge hatte. Durch die Verwendung von druckkompensierten Düsen ist eine gleichmäßige Wasserverteilung bei einer Regnerleistung von umgerechnet 5,77 mmWs/h gewährleistet. Sprinkler: Type Supernet 50 L/h, Fabrikat Netafim. Die Bewässerungsmenge wurde über 3 unterschiedliche Bewässerungszeiten gesteuert (Variante 1: 3,5 h – 20,20 mmWs, Variante 2: 2,5 h – 14,43 mmWs, Variante 3: 1,2 h – 6,92 mmWs). Hierfür wurde ein Galcon Bewässerungscomputer verwendet, welcher auf 3 Magnetventile (3713/1“ in den 3 Versorgungsleitungen) wirkte, diese, nach eingestellter Zeit, entweder freigab bzw. schloss und Durchfluss gewährte bzw. nicht gewährte. Bei natürlichem Niederschlag erfolgte keine Bewässerung.

Die verbrauchte Wassermenge ergab sich über die Kenngrößen der Sprinkler-Auslässe, bei gegebenem Versorgungsdruck in der Leitung. Über die Bewässerungsnotwendigkeit entschied der Landwirt, der sich an der betriebsüblichen Variante orientierte.

Zur Erfassung der natürlichen Boden- und Witterungsverhältnisse wurde eine Wetterstation am Versuchsfeld installiert. Diese Art der Bewässerung fand auch am 12.07., 19.07., 26.07., 12.08., 18.08., und am 25.08. statt.

Die Erfassung der natürlichen Witterungsverhältnisse und der Bodenfeuchte erfolgte über eine Wetterstation von Pessl CP300 samt Bewässerungsmanagementprogramm IRRIMET.

## 2.5.2. Witterungsverlauf 2012

### Juni 2012

Betrachtet man die Mitteltemperatur des gesamten Monats, ist der Juni 2012 der sechstwärmste seit Beginn der Aufzeichnungen vor rund 250 Jahren. In vielen Regionen war der Juni 2012 auch deutlich niederschlagsreicher als im vieljährigen Mittel. Allerdings fiel nur 40 bis 75 Prozent der normalen Regenmenge in diesem Juni im Gebiet vom Marchfeld über das Grazer Becken bis Unterkärnten. Entlang des Alpenostrandes, vom Marchfeld bis ins Grazer Becken ... summierten sich nur etwa 40 bis 75 % der mittleren Niederschlagsmengen. Mit einer mittleren Abweichung zum Normalwert 1971-2000 von 2,6° C ist der Juni 2012 einer der wärmsten der instrumentellen Klimageschichte Österreichs. Etwa 2,5 bis 3° C wärmer war es in ... und in Niederösterreich östlich von Wien.

### Juli 2012

Im Süden und Osten Österreichs hat es flächendeckend zwei bis drei Mal so viel geregnet wie im vieljährigen Mittel. Niederösterreich, Wien und dem Burgenland reichte die positive Abweichung von 1,5 bis 2,5 °C. Die höchsten Temperaturen sind während der Hitzewelle, die schon Ende Juni begonnen hatte, in den ersten Julitagen erzielt worden. Der Kaltluftseinbruch zu Beginn der zweiten Monatshälfte sorgte dafür, dass in ganz Österreich die Temperatur zumindest einmal unter 14 °C fiel. An mehreren Wetterstationen der ZAMG wurden schon weit vor dem Monatsende neue Rekordniederschlagsmengen registriert. In Eisenstadt entspricht die Julimenge von 200 mm in etwa einem hundertjährigen Ereignis. Auffallend hoch war auch die große Anzahl von Starkregenereignissen.

### August 2012

Zu trocken war dieser August stellenweise im Osten und Südosten Österreichs. Das Niederschlags-Minus reicht von 30 Prozent in Deutschlandsberg bis 70 Prozent im Seewinkel. Betrachtet man die letzten zwölf Monate, ergeben sich teils drastische Defizite: In Hohenau/March (NÖ) zum Beispiel gab es von Sept. 2011 bis Aug. 2012 mit 280 mm die geringste Niederschlagsmenge seit Messbeginn 1947. In Kleinzicken (B) ist es für diesen Zeitraum mit 491 mm die geringste Menge seit 1978. Der August 2012 brachte im Großteil Österreichs um etwa 20 Prozent mehr Sonnenschein als im langjährigen Mittel.

### September 2012:

Im östlichen Niederösterreich und im Nordburgenland war es mit einer positiven Abweichung von 1,5 bis 2,5° C deutlich zu warm. Die Niederschlagsverteilung in Österreich war in diesem September im Vergleich zum vieljährigen Mittel durchschnittlich bis übernormal. Nur im Weinviertel und im Nordburgenland registrierte die ZAMG ein Niederschlagsdefizit von 25 bis 50 Prozent. Der September 2012 war ein durchaus sonniger Monat. Im Mittel schien die Sonne in Österreich um 5 Prozent länger als im vieljährigen Mittel. Große regionale Unterschiede gab es kaum. Punktuell schien die Sonne in allen Bundesländern mehr als 10 Prozent länger als im vieljährigen Vergleich.

### Oktober 2012:

Der Oktober 2012 brachte Wärmerekorde und einen ungewöhnlich frühen Wintereinbruch sowie tagelang ungetrübten Sonnenschein im Bergland und trübes Nebelwetter im Flachland. Auch die Sonnenscheindauer war deutlich über dem Mittel. In den Niederungen war die Monatsmitteltemperatur dagegen größtenteils im Bereich des Durchschnitts, und es war relativ trüb. So gab es im Flachland von Oberösterreich und Niederösterreich sowie im Raum Wien rund 5 bis 15 Prozent weniger Sonnenstunden als im vieljährigen Mittel. Der Wintereinbruch gegen Ende des Monats war nicht nur im Flachland ungewöhnlich.

(alle Angaben unter Berücksichtigung der wechselnden Monate, abgerufen am 3.04.2013):  
<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/monatsrueckblick/wetterrueckblick?monat=10&jahr=2012>)

## **2.6. Keimversuch**

Der Keimversuch wurde am 04.06.2012 angelegt und gemäß der ISTA-Methode für Keimversuche an Karotten durchgeführt bzw. evaluiert. Die Beurteilung von normalen bzw. abnormalen Keimlingen erfolgte nach dem ISTA Handbuch, Sektion 15, Type E, Gruppe A2111. Geprüft wurden insgesamt 7 Sorten, wobei Sorte 7 bereits das Saatgut der ersten Selektion der Sorte Milan darstellte.

4 x 100 Samen, d. h. 4 Wiederholungen in 4 verschiedenen Keimbehältern je Sorte, wurden zur Keimung gebracht. Insgesamt waren es 28 Keimbehälter.

Als Substrat wurden Faltenfilter verwendet, in dessen Falten je 2 Samen, versetzt zur folgenden Falte, ihren Platz fanden. Positioniert wurde dieses auf einem saugfähigen Unterlagspapier und mit 40 ml Leitungswasser (10 °C) übergossen. Abschließend wurde der Keimbehälter mit einem transparenten Deckel geschlossen und unter natürlichem Lichteinfall zur Keimung gebracht. Die Umgebungslufttemperatur lag bei konstanten 20 bis 21 °C.

Am Tag der Erstauszählung, 11.06.2012, wurden die Faltenfilter aus den Keimbehältern genommen und die gekeimten Samen (Wurzel vollständig entwickelt und Keimblätter sichtbar) auf Normalität bzw. abnorme Entwicklung evaluiert. Diese wurden gezählt und vom Faltenfilter entfernt. Die noch nicht bzw. unvollständig gekeimten Samen verblieben noch im Faltenfilter.

Diese wurden dann bei der Endauszählung am 18.06.2012 erfasst. Als Maß für die Keimfähigkeit wurde die Summe der normal- bzw. abnormal gekeimten Samen herangezogen. Somit wurde die Keimfähigkeit in Prozent der normal gekeimten Samen ausgedrückt.

## **2.7. Pflanzenbauliche Bonituren**

Bonitiert wurde immer von ein und derselben Person aufgrund der subjektiven Einschätzung einer Person. Die Beurteilung erfolgte anhand einer Skala von 1 bis 9. 1 bedeutet eine geringe (keine) und 9 eine starke Ausprägung des Merkmals.

### **2.7.1. Feldaufgang**

Als zusätzliches Merkmal für die Keimfähigkeit wurde der Feldaufgang bonitiert.

### **2.7.2. Krautgesundheit**

Unmittelbar vor der Ernte wurde der Krankheitsstatus unter besonderer Berücksichtigung des Echten Mehltaus (*Erysiphe heraclei*) und der Möhrenschräge (*Alternaria dauci*) des Krauts erhoben. Es erfolgte eine Erhebung der Häufigkeit des Befalls und der Stärke der Ausprägung. Beide Boniturnoten wurden miteinander multipliziert. Abschließend wurde über die Wiederholungen ein Mittelwert berechnet:

Vergleichswert = Mittelwert aus  $\sum$  (Symptomhäufigkeit x Symptomstärke).

### **2.7.3. Lagerneigung des Karottenkrauts**

Als Faktor für die maschinelle Produktion wurde die Lagerneigung des Krauts bonitiert. Je mehr Kraut sich in Lagerstellung befand, d.h. geneigt am Boden lag, desto stärker galt das Merkmal als ausgeprägt.

#### **2.7.4. Rübenform und Oberflächenbeschaffenheit**

Nach der Ernte wurden rübenspezifische Bonituren vorgenommen. Bei diesen zwei Merkmalen wurden Mindestanforderungen erstellt. Gewünscht ist eine Rübe mit deutlicher Abstumpfung und zylindrischer bis leicht konischer Form. Bonitiert wurde von 1 (geringe bis keine Abstumpfung und stark konisch) bis 9 (stark abgestumpft und zylindrisch). Rüben mit einer glatten Oberfläche bekamen die Note 1 und Rüben mit einer sehr rauen Oberfläche (stark geringelt) die Note 9.

#### **2.7.5. Grünköpfigkeit**

Keine, leichte und ansatzweise Grünfärbung der Schultern wurde mit 1 bonitiert. Grünfärbung bis über die Schultern hinaus mit >3. Gezählt und gewogen wurden alle Rüben einer Parzelle mit einer Boniturnote >3.

#### **2.7.6. Wurzelgesundheit**

Der Krankheitsstatus bei den Rüben wurde analog der Erhebung und Dokumentierung der Krautgesundheit bestimmt und wurde mit diesem in der Merkmalsgruppe Pflanzengesundheit zusammengeführt. Die Wurzelkrankheiten wurden unspezifisch erhoben.

#### **2.7.7. Ertragskomponenten und weitere Erhebungen**

##### **2.7.7.1. Äußere Qualität**

Unter äußerer Qualität wurden die Mittelwerte aus Anzahl und Gewicht der deformierten, weißen und geplatzten Rüben zusammengefasst mit Anzahl und Gewicht an grünköpfigen Rüben über Boniturnote 3.

##### **2.7.7.2. Rübenschädigung**

Zur Abschätzung des Schadens, welcher durch Wildverbiss, insbesondere durch Mäuse, entstanden ist, wurde Anzahl und Gewicht an geschädigten Rüben erhoben.

##### **2.7.7.3. Homogenität**

Unter diese Merkmalsgruppe fallen die Neigung zur Ausbildung von sehr großen (>250 g) und sehr kleinen (<50 g) bzw. sehr dicken (>3,5 cm) und sehr dünnen (<1,5 cm) Rüben. Diese wurden durch Zählen und wiegen ermittelt. Deren Mittelwerte ergaben gemeinsam mit der Boniturnote für Homogenität den Vergleichswert für die Homogenität. Dafür wurden alle Rüben einer Parzelle nebeneinander der Größe nach sortiert aufgelegt.

##### **2.7.7.4. Krautgesamtwicht**

Das Karottenkraut wurde vom Rübenkörper getrennt, gewogen und der Wert aus den 3 Wiederholungen gemittelt. Das Krautgewicht dient zur Bewertung der Eignung einer Sorte für die maschinelle Ernte und der Einschätzung der Krautgesundheit.

##### **2.7.7.5. Ertrag**

Das Mittel der Wurzelgesamtwichte und der vermarktungsfähigen Ware wurde unter dieser Merkmalsgruppe zusammengefasst. Die vermarktungsfähige Ware beinhaltet Rüben die

- gesund, sortentypisch geformt und gefärbt sind
- keine Über- bzw. Untergröße haben
- nicht über Boniturnote 3 im Merkmal Grünköpfigkeit kommen
- nicht beschädigt sind

- die gewünschte Rübenform (Typ Nantaise, zylindrisch bis leicht konisch und abgestumpft) zeigen
- eine relativ glatte Oberfläche (Bonitur  $\leq 3$ ) haben.

## **2.8. Trockensubstanz**

Die Karotten wurden gewaschen, Köpfe bzw. grüne Köpfe entfernt, ebenso die Spitze. Für Ergebnis 1 wurden aus dem mittleren Drittel der Länge nach 4 Viertel herausgeschnitten und eingewogen. Für Ergebnis 2 wurden ganze Karotten (nach Vorbereitungsschritten wie bei 1) mit einer Küchenraffel grob geraffelt und eingewogen. Die Trocknung erfolgte 48 Stunden im Trockenschrank bei 75° C, anschließend sofortige Rückwägung. Aus beiden Werten wurde der Mittelwert errechnet, der in die weitere Verrechnung eingeht.

## **2.9. Lösliche Trockensubstanz/Brix**

Es werden die löslichen organischen Verbindungen, überwiegend Kohlenhydrate und organische Säurereste zusammengefasst. Ihnen gemeinsam ist die Eigenschaft, die Lichtachse von gerichtetem Licht zu verändern. Dadurch werden optisch neutrale organische Verbindungen nicht mit erfasst. Üblicherweise steht der Brixwert für den Grad dieser löslichen organischen Verbindungen. Üblicherweise wird er als Angabe für lösliche Kohlehydrate (Mono- bis Trikohlenhydrate) verwendet, also die Süße des gemessenen Reagens. Gemessen wurde mit einem digitalen Refractometer (Atago, Japan) ermittelt.

## **2.10. Redoxpotential**

Das Redoxpotential Eh wurde im Saft ermittelt mit dem pH-ISE-Meter Orion Benchtop 920 A (Redoxpotential Eh, Temperatur) mit dazugehöriger Platin-Elektrode. Die Messungen wurden bis zum Stillstand der elektronischen Datenanzeige durchgeführt. Die Angabe erfolgt in mV. Es handelt sich um das Reduktions-/Oxidationspotential eines Stoffes, gemessen unter Standardbedingungen gegen eine Standard-Referenz-Halbzelle. Beschrieben wird mit dem Wert die Bereitschaft zur Abgabe von Elektronen, d.h. je kleiner (negativer) der Wert, umso höher ist sie. Bei diesem Vorgang geht die Substanz in die oxidierte Form über.

## **2.11. Titration /Äpfelsäure**

Das Bestimmungsprinzip beruht auf der Zugabe einer Lösung bekannter Konzentration (1/10 molare NaOH-Lösung) zu einem bestimmten Volumen einer Lösung mit unbekanntem Gehalt an Säurebildnern (organische Säurereste) bis zum Erreichen des Neutralisationspunktes (pH 8,1). Das verbrauchte Volumen ist äquivalent zum Gehalt an Säure in der Vorlage. 10 ml Probe wurde mit 20 ml Aq.deonatum versetzt, die Elektrode eingetaucht und den Titrator gestartet. Die Lösungen wurden während der Titration mittels Magnetrührer gerührt. Der Gehalt an Äpfelsäure wird rechnerisch ermittelt aus Laugenverbrauch x 0,66. Gearbeitet wurde mit dem Titrator „Titroline alpha plus (v. Fa. Schott AG, Deutschland).

## **2.12. Vorbereitung für Analytik**

Die Karotten wurden gewaschen, Köpfe bzw. grüne Köpfe entfernt, ebenso schlechte Stellen (wie konsumationsfähig). Mittels einer üblichen Küchenraffel wurden die Karotten geraffelt, in 50 ml-Greiner-Gefäße gefüllt und bei -20°C eingefroren. Hierbei wurden pro Parzelle 4 Proben vorbereitet sowie eine zusätzliche Rückstellprobe. Später wurden die Karotten für mind. 24 h auf -80°C tiefgefroren, anschließend für mind. 48 Stunden mittels einer Gefriertrocknungsanlage gefriergetrocknet. Im trockenen Zustand wurden die Proben anschließend vermahlen.

Ein Teil der Proben wurde für übrige Analytik an der BOKU gewaschen, Köpfe bzw. grüne Köpfe entfernt, ebenso schlechte Stellen (wie konsumationsfähig). Mittels einer üblichen Küchenraffel wurden die Karotten geraffelt, anschließend tiefgefroren.

Die Proben werden gemäß Vereinbarung mit Frau Prof. Maria Müller (Karl-Franzens-Universität Graz) und Mitarbeiter gemäß Antrag bearbeitet. Durch die Übersiedlung von Herrn Univ.Prof. Franz Hadacek nach Deutschland kam es im Laufe des Jahres 2011 zu einem Abbruch der Arbeiten mit der Universität Wien und Vergabe des Forschungsauftrages an Frau Univ. Prof. Müller, Graz.

## **2.13. Physiologisch-analytische Untersuchungen**

### **2.13.1. Probenaufbereitung**

Für die Untersuchungen wurden die Karotten geerntet, gerspelt, in 50 ml Plastikröhrchen verpackt, beschriftet und in flüssigem Stickstoff schockgefroren. Das gesammelte Material wurde bis zum Gefriertrocknen bei  $-80^{\circ}\text{C}$  gelagert.

Die Trocknung erfolgte mit „Hetosicc CD 4 von Bartelt“ bei  $-50^{\circ}\text{C}$  und einem angelegten Vakuum von  $1,8 \times 10^{-1}$ -  $2,9 \times 10^{-1}$ mbar über die Dauer von 10-14 Tagen.

Anschließend wurden die Probenröhrchen bis zum Mahlen bei  $-25^{\circ}\text{C}$  zwischengelagert. Beim Mahlvorgang wurde zuerst das Probenmaterial im Exsikkator aufgetaut, dann das Pflanzenmaterial in Mahldosen gepresst, Mahlkugeln zugegeben, mit einem Deckel verschlossen und kurz in flüssigem Stickstoff schockgefroren.

„Mikro Dismembrator II, B. Braun“ und „MM 2000, Retsch“ dienten als Mahlgeräte, wobei das Pflanzenmaterial für fünf Minuten bei höchster Geschwindigkeit zu feinem Pulver vermahlen wurde.

Die Mahldosen wurden nach dem Mahlvorgang abgewischt. Zum Schluss wurde das Pulver mit Wägebepapier und Spatel aus den Mahldosen in kleine Plastikröhrchen überführt und bei  $-25^{\circ}\text{C}$  für alle weiteren Untersuchungen gelagert.

### **2.13.2. Analyse der Chromopastepigmente**

Die Pigmentbestimmung wurde mittels HPLC (High Performance Liquid Chromatography) - Methode, abgeändert nach Pfeifhofer 1989, durchgeführt.

Das gemahlene Probenmaterial wurde im Exsikkator für 15 Minuten aufgetaut. Anschließend wurden 60-80 mg, in ein dunkles Eppendorf-Gefäß eingewogen, sowie eine Spatelspitze  $\text{CaCO}_3$  zugegeben.

1 ml gekühltes DMSO Ethanol 2:1 (v/v) wurde dazu pipettiert und die Proben etwa für 30 Sekunden gevortext. Anschließend kamen die Proben für zehn Minuten in die Zentrifuge (14000U/min,  $4^{\circ}\text{C}$ ). Die graduierten Röhrchen wurden in einer Eisbox, auf Eis, gelagert. Es wurde darauf geachtet, dass alle Arbeiten unter Vermeidung direkten Sonnenlichtes und/oder anderen Lichtquellen durchgeführt wurden.

Die Volumina der vereinigten Überstände wurden abgelesen und notiert. Anschließend wurden die graduierten Röhrchen mit den Überständen noch kurz gevortext, bevor sie dann in 2 dunkle Eppendorf- Gefäße gleichmäßig aufgeteilt wurden.

Eines der zwei Eppendorf Gefäße wurde für die Pigmentanalyse verwendet, das andere für die Untersuchung von  $\alpha$ -Tocopherol.

Vor der HPLC- Analyse wurde das Eppendorf- Gefäß noch für 30 Minuten reinigungszentrifugiert (1400U/min,  $4^{\circ}\text{C}$ ). Anschließend wurden 800 $\mu\text{l}$  mit der Pipette abgehoben und in HPLC-Vials überführt.

Für die HPLC Analyse wurden folgende Laufmittel verwendet:

- Laufmittel A: Acetonitril : Methanol : Wasser = 100 : 10 : 5 (v/v/v)

- Laufmittel B: Aceton : Ethylacetat = 2 :1 (v/v)



Ein linearer Laufmittelgradient wurde erzeugt um eine Auftrennung zu ermöglichen. Dieser setzte sich zu Beginn der Analyse aus 90% Laufmittel A und 10% Laufmittel B zusammen und erreichte nach 18min ein Verhältnis von 20% Laufmittel A zu 80% Laufmittel B. Dieser Gradient wurde für 4 Minuten aufrechterhalten, bevor dann der Ausgangsgradient wieder hergestellt wurde und noch für acht Minuten gehalten, bevor die nächste Probe eingespritzt wurde.

Das Einspritzvolumen betrug 60 µl und dieses wurde in eine „GROM Spherisorb ODS-2, 5µm, 250x4,6mm“ Säule injiziert. Die stationäre Phase hatte eine Durchflussrate von 1,0ml/min. Detektiert wurden die Pigmente mit einem „HP 1040M Series II Diodenarray“ bei einer Wellenlänge von 440nm. Zur weiteren Beschreibung der Anlage kann man noch hinzufügen, dass diese mit 2 Pumpen, „Knauer K 501“, sowie einem Mischer und Degaser von „Knauer“, einem Autosampler der „HP Serie 1050 inc. 100er Tray“ und externer „Haacke K15“ Kühlung ausgestattet war. Als Software dienten eine „HP- Chemstation Version 06.03“ sowie „Knauer Eurochrom 2000“ für die Pumpensteuerung.

Als Standards dienten Buchenkontrollen, welche aus Buchenblättern, die im Mai/ Juni 2004 gefriergetrocknet, gemahlen und tiefgefroren wurden, hergestellt wurden. Dazu wurden 2,5mg aufgetautes gemahlene Pflanzenmaterial in 90ml DMSO Ethanol 2:1 (v/v) und 3 Spatelspitzen CaCO<sub>3</sub> aufgelöst, zentrifugiert und die Überstände in Eppendorf-Gefäße gleichmäßig aufgeteilt.

Die Analyse der Buchenkontrollen ergab folgende Pigmentkonzentrationen:

- Neoxanthin 5,28µg/ml
- Violaxanthin 2,92µg/ml
- Lutein+ Zeaxanthin 20,60µg/ml
- Chlorophyll a 252,95µg/ml
- Chlorophyll b 29,31µg/ml
- β Carotin 9,27µg/ml

Ermittelt wurden die Pigmentkonzentrationen der Buchenkontrollen, indem die hergestellten Buchenkontrollen und gekaufte Pigmentstandards der Firma „DHI- WASY“, mit bekannter Konzentration, einer HPLC Analyse unterzogen wurden.

Anhand eines Vergleiches der Peakflächen konnte so die Konzentration der Buchenkontrollen berechnet werden.

### **2.13.3. Analyse von α-Tocopherol**

Die Probenaufbereitung für die Tocopherol-Analyse erfolgte analog der Aufbereitung für die Pigmentbestimmung, welche nach Pfeifhofer 1989 durchgeführt wurde. Auch die HPLC-Untersuchungen wurde nach Pfeifhofer 1989 durchgeführt.

Das zweite Eppendorf-Gefäß, welches bei der Aufbereitung der Pigmente anfiel, wurde für die Tocopherol-Analyse verwendet.

Vor der HPLC wurden die Proben noch für 30min reinigungszentrifugiert (1400U/min, 4°C). Anschließend wurden 800µl mit der Pipette abgehoben und in HPLC- Vials überführt.

Als Laufmittel für die HPLC- Analyse wurde 100%iges Methanol eingesetzt und als stationäre Phase eine „ALLTECH Spherisorb ODS-2, 5µm, 250x4,6mm“ Säule mit einer Flussrate von 1,0ml/min. Das Einspritzvolumen der Proben betrug 20µl und die Laufzeit 25min.

Detektiert wurden die austretenden Substanzen mit einem Fluoreszenz „Jasco FP 2020 Plus“ Detektor mit einer Excitation bei 295nm und Gain-Einstellung von 10, der Emissionen bei 325nm festhielt. Die restliche HPLC Anlage setzte sich zusammen aus einem Autosampler von „HP“, „Knauer“ Pumpen und einer „Chromstar 5“ Software.

Für die Standardherstellung wurde zuerst eine Stammlösung hergestellt. Die Stammlösung enthielt 50mg alpha-Tocopherol auf 50ml DMSO Ethanol 2:1 (v/v). Die Verdünnungen, S1-S5, wurden aus der Stammlösung hergestellt. Dabei wurden jeweils 150ml, 300ml, 450ml, 600ml, 750ml aus der Stammlösung entnommen und mit DMSO Ethanol 2:1 (v/v) auf 20ml aufgefüllt. So ergaben sich folgende Konzentrationen für die Standards:

S1: 7,50 µg/ml, S2: 15,0 µg/ml, S3: 22,5 µg/ml, S4: 30,0 µg/ml, S5: 37,5 µg/ml.  
Die Standards wurden in HPLC- Vials überführt und der Analyse zugeführt.

#### *Die Analyse von Aminosäuren Prolin und Glutaminsäure mittels HPLC*

Für die Extraktion der Aminosäuren Glutaminsäure und Prolin (abgeändert nach Purnell & al. 2005) wurden ungefähr 100 mg des gefriergetrockneten Probenmaterials in 1,5 ml Eppis genau eingewogen und mit je 1 ml 100%igem Methanol aufgefüllt, gevortext und über Nacht bei Raumtemperatur am Inkubationsschüttler (Clim-O-Shake, System Kühner) eingehängt. Anschließend wurden die Proben 10 Minuten bei 14000 U/min zentrifugiert. Danach wurden die methanolischen Extrakte in neue 1,5 ml Eppis pipettiert, ohne dabei die Pellets mitaufzusaugen und bei -25°C eingefroren.

#### **2.13.4. Derivatisierung**

Damit die Aminosäuren mittels HPLC analysiert werden konnten, mussten sie zuerst einen Derivatisierungsprozess durchlaufen. Dafür wurden je 500µl des methanolischen Extraktes mit 250µl Chloroform und 500µl Aqua bidest. versetzt, gevortext und 15 Minuten bei 6600 U/min zentrifugiert. Dann wurden jeweils die obersten 400µl abgehoben, in ein 5 ml Vakuumzentrifugengefäß pipettiert und mit 800µl des Derivatisierungsreagenz Ethanol/Triethylamin/Phenylisothiocyanat (40:1:1 v/v/v) gemischt. Nach einer zwanzigminütigen Inkubation bei Raumtemperatur wurden die Proben so lange in die Vakuumzentrifuge Savant Automatic Environmental Speed Vac eingehängt, bis lediglich ein trockenes Pellet übrig blieb. Dieser Vorgang dauerte aufgrund des großen Wasseranteils ungefähr 8 Stunden. Das trockene Pellet wurde anschließend bei -70°C tiefgefroren. Das trockene Pellet wurde in 6µl Methanol und 994µl Laufmittel A (50 mM Natriumacetat, pH 7,2) resuspendiert und für eine halbe Stunde bei 14000 U/min reinigungszentrifugiert. Anschließend wurden je 800µl der resuspendierten Lösung in dunkle HPLC- Vials pipettiert und der HPLC Analyse zugeführt.

#### **2.13.5. Herstellung der Standards für die Aminosäurenanalyse**

Zur Herstellung der Standards wurde zuerst eine Stammlösung vorbereitet. Dazu wurden 5,2 mg Glutamat und 5,1 mg Prolin gemeinsam in 50ml Laufmittel A (50 mM Natriumacetat, pH 7,2) aufgelöst. Von dieser Stammlösung wurden je 10µl (S1), 20µl (S2), 50µl (S3) und 100µl (S4) in je 1,5 ml Eppis überführt und mit Laufmittel A auf 1 ml aufgefüllt. Die Konzentrationen der Glutaminsäure- bzw. Prolin-Mischstandards sind in Tabelle 4 ersichtlich. Nun erfolgte die Derivatisierung der Standards nach demselben Verfahren wie das der Proben. Dafür wurden jeweils 400µl der Standardreihe in 2 ml Vakuumzentrifugengefäße überführt, mit 800 µl des Derivatisierungsreagenzes Ethanol/Triethylamin/Phenylisothiocyanat (40:1:1 v/v/v) versetzt und in der Vakuumzentrifuge bis zur Trockne eingeeengt. Anschließend erfolgte die Resuspension der Standards. Dafür wurde jedes Pellet in 6µl Methanol und in 994µl Laufmittel A (50 mM Natriumacetat, pH 7,2) resuspendiert und 30 Minuten bei 14000 U/min reinigungszentrifugiert. Im Anschluss daran wurden je 800 µl der Standardlösung in dunkle HPLC- Vials pipettiert und mittels HPLC analysiert.

Laufmittel A:

50 mM Natriumacetat

Einwaage: 17,01 g Natriumacetat-Trihydrat in 2,5 Liter Aqua bidest.

Der pH-Wert wurde mit konzentrierter Essigsäure auf 7,22 eingestellt.

Laufmittel B:

100 mM Natriumacetat (pH 7,2)/Acetonitril/Methanol (46:44:10 v/v/v)

Einwaage: 7,825 g Natriumacetat-Trihydrat wurden in 1150 ml Aqua bidest.

aufgelöst und der pH-Wert mit konzentrierter Essigsäure auf 7,22 eingestellt.

Dazu wurden 1100 ml Acetonitril und 250 ml Methanol beigemischt.

Der Laufmittelgradient verlief von 100% zu 0% Laufmittel A bzw. von 0% zu 100% Laufmittel B. Die Laufzeit bis 0% Laufmittel A (bzw. 100% Laufmittel B) erreicht wurden, betrug 26 Minuten. Diese Konzentration wurde für 4 Minuten gehalten und anschließend wieder auf die Ausgangskonzentration von 100% Laufmittel A (bzw. 0% Laufmittel B) gebracht. Insgesamt betrug die Laufzeit 40 Minuten. Als stationäre Phase diente die Säule WATERS Spherisorb- 2, 5 µm, 250x4,0 mm. Das Injektionsvolumen der Proben betrug 20 µl und die Durchflussrate lag bei 0,8 ml/min. Detektiert wurde bei einer Wellenlänge von 254 nm mit dem SunChrom SpectraFlow 505 programmierbaren UV/VIS-Detektor. Die Vials befanden sich während der gesamten Messungen in einem auf 15°C gekühlten Autosampler (Spark Holland Midas). Die eingesetzte Software war ChromStar 5.0.

#### **2.14. Sensorik**

Am 13. März 2013 wurde die allgemeine Beliebtheit drei einzelner Sorten in Form eines allgemeinen Beliebtheitstests, im Kochstudio Essenz im 6. Wiener Gemeindebezirk, durchgeführt. Es waren dies die Sorten Beate, Milan und Maestro F1. Zudem wurden die 200 Stück Saatgutrüben der Sorte Milan S1 geschmacksselektiert.

Es wurden ca. 5 kg Karotten (Mischprobe aus den 3 Wiederholungen) von 4 Sorten geerntet und mit Erde eingelagert. Am 13. März 2013 ausgelagert und gewaschen. Die Rüben waren für etwa 5 Monate eingelagert. Für die Verkostung wurden die Karotten in mundgerechte Stücke zerteilt. Hierfür wurden von der Spitze sowie vom Ende (Krautansatz) 3 cm abgetrennt. Der mittlere Teil wurde in etwa 5mm dicke Räder geschnitten, sodass sich pro Karotte etwa 10-20 Teilstücke ergaben.

Die Teilstücke wurden in Großschüsseln zur eigenständigen Entnahme angeboten. Den verschiedenen Sorten wurden anonyme Zifferncodes zugeteilt. Jeder Tester sollte aus 3 verschiedenen Schüsseln die Proben verkosten. Die Prüfpersonen konnten, je nach subjektiver Entscheidung, ihre Präferenzen für die Proben durch eine Benotung von 1 (sagt mir gar nicht zu) bis 9 (sagt mir sehr zu) zu Papier bringen.

Insgesamt haben 52 Personen im Jahr 2013 an der Verkostung teilgenommen. Im Rahmen dieser Verkostung wurden auch die für die Saatgutvermehrung selektierten Rüben geschmacksselektiert. Hierzu gab es eine separate Verkostungsstation, wo alle Prüfpersonen für ihre Meinungsabgabe halt machten. Die ersten 5 – 10 cm von der Spitze der Rüben wurden gewaschen und den VerkosterInnen vor deren Augen zum Probieren angeboten. Diese konnten dann je nach Geschmackseindruck sich für „+“, „+/-“ oder „-“ entscheiden.

#### **2.15. Selektion und Saatgutvermehrung**

Aufgrund aller erhobenen Daten aus der Sortenprüfung wurde die Sorte Nantes 2 Milan zur Saatgutgewinnung auserwählt. Das Nachbasaatgut wurde 2012 im Rahmen des Versuches mit den anderen Sorten angebaut. Zusätzlich wurde ein Mantel von der Sorte Milan S1, als Auswahlmaterial für die 2 Selektion, angebaut.

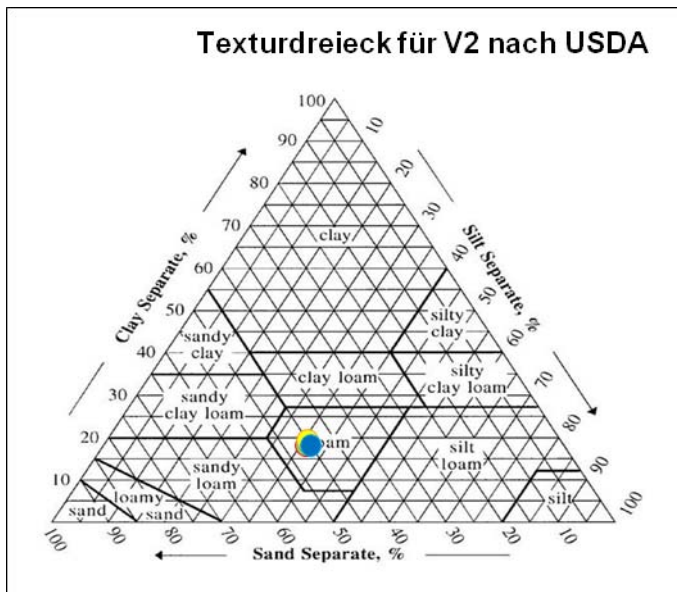
In KW 12 werden etwa 170 Rüben (die Geschmacksselektion hat im Rahmen der Verkostung stattgefunden) in einem Folientunnel – mit einem Pflanzabstand von 60 cm in der Reihe und 40 cm Reihenabstand eingesetzt. Diese Pflanzen werden je nach Bedarf gegossen und der Bestand regelmäßig von Unkraut befreit. Der Bestand blüht untereinander ab und durch die Bestäubungsarbeit der Insekten, die am Standort natürlich vorkommen, bestäubt. Das geerntete als auch aufbereitete Saatgut stellt dann die zweite Selektion der weiterentwickelten Milan dar und soll dem Betrieb in dieser Form, für den Anbau biologischer Qualitätskarotten – frei abblühender Natur - überreicht werden.

## 2.16. Statistik

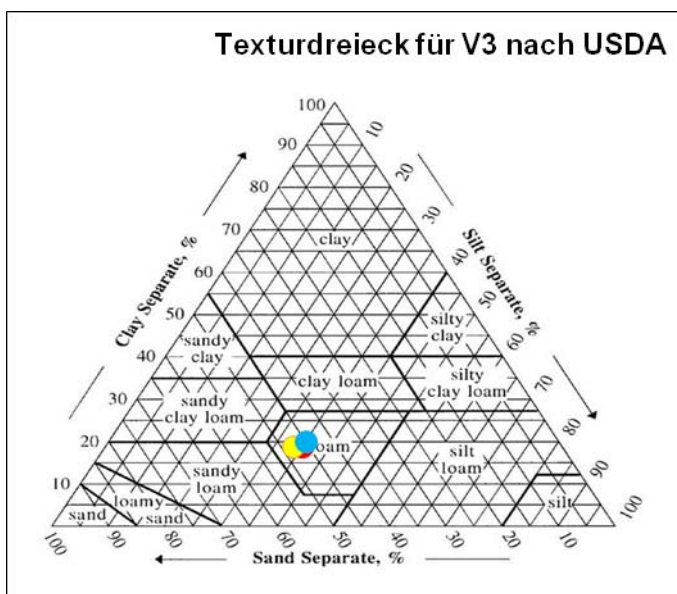
Die vorliegenden Ergebnisse wurden in verschiedenen Software-Programmen statistisch verrechnet und aufbereitet, je nachdem, wie die Fragestellung lautete. Es kamen zum Einsatz:

- ❖ Excel 2003
- ❖ SPSS 15.0 - one way ANOVA – Vergleich der homogenen Untergruppen mittels Student-Neumann-Keuls-Test, Signifikanz-Niveau 95% - Korrelationen nach Spearman
- ❖ SAS 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) - multiple Mittelwertsvergleiche - Tukey-Kramer Test mit der Software JMP 10.0.2 - statistische Methoden (Trellis Plot, PCA) wurden mit GenStat 15th Ed.
- ❖ Für die statistische Auswertung der physiologisch-analytischen Ergebnisse wurde die Software Statistica 6.0 herangezogen. Die statistische Auswertung wurde mit nicht parametrischen Verfahren analysiert. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten wurden mittels Kruskal-Wallis-Test und Conover-Tabelle berechnet, wobei  $p < 0,05$  ist. Die Ergebnisse wurden durch Mittelwerte und Standardfehler dargestellt und signifikante Unterschiede durch Kleinbuchstaben ausgedrückt. Alle Diagramme wurden mit „Statistica“ erstellt.





**Abbildung 3: Texturdreieck für V2 nach USDA (Abb. 3-2, S. 9)**



**Abbildung 4: Texturdreieck für V3 nach USDA (Abbildung 3-3, S. 10)**

Deutlich erkennbar ist, dass die Körnung des Bodens in den drei Bewässerungsvarianten fast ident und zwischen Lehm und schluffigem Lehm angesiedelt ist.

### 3.1.2. Humus

Für die Bestimmung des Humusgehaltes, wurde zuerst das Carbonat gemessen und daraus wurde der anorganische Kohlenstoff berechnet. Gleichzeitig wurde der gesamte Kohlenstoff gemessen. Aus der Differenz gesamt – anorganisch ergibt sich der organische Kohlenstoff und daraus der Humusgehalt ( $C_{org} * 1,724$ ).

**Tabelle 2: Ergebnisse von Carbonat, anorganischem und organischem Kohlenstoff, sowie Humusgehalt (Tabelle 3-5, Seite 11)**

	CaCO <sub>3</sub> (%)	Canorg(%)	Cgesamt(%)	Corg(%)	Humus(%)
V1(00-20)	13.8369	1.6604	3.1526	1.4922	2.5725
V1(20-40)	13.1315	1.5758	2.9954	1.4196	2.4473
V1(40-50)	19.6280	2.3554	3.4897	1.1343	1.9555
V2(00-20)	13.9654	1.6759	3.0841	1.4082	2.4278
V2(20-40)	18.0423	2.1651	3.4344	1.2694	2.1884
V2(40-60)	25.3999	3.0480	4.4717	1.4237	2.4545
V3(00-20)	14.7441	1.7693	3.3895	1.6202	2.7933
V3(20-40)	15.8221	1.8986	3.2849	1.3863	2.3899
V3(40-60)	23.1288	2.7755	4.2304	1.4549	2.5083

### 3.1.3. Wasserhaltekapazität aus Kornverteilung und Humusgehalt

Aus der Korngrößenverteilung und dem Humusgehalt kann die Wasserspeicherkapazität der untersuchten Böden bestimmt werden. Diese wird später für die Bestimmung des Wasserbedarfs der Karotten verwendet.

**Tabelle 3: Bodenphysikalische Eigenschaften der Bodenprobe V1 (Tab. 3-6, Seite 11)**

V1	Schicht	Entnahmetiefe	FK	PW	nK	FK	PW	nK	kf
	cm	cm	vol-%	vol-%	vol-%	mm	mm	mm	m/d
	20	20	30,70	12,56	18,13	61,39	25,13	36,27	0,11
	20	40	31,09	12,90	18,19	62,18	25,80	36,39	0,10
	10	60	34,38	15,75	18,62	34,38	15,75	18,62	0,06
<b>Summe:</b>	50					157,95	66,68	91,28	
<b>Nutzbare Kapazität: (mm/m)</b>								<b>183</b>	

**Tabelle 4: Bodenphysikalische Eigenschaften der Bodenprobe V2 (Tab. 3-7, S. 11)**

V2	Schicht	Entnahmetiefe	FK	PW	nK	FK	PW	nK	kf
	cm	cm	vol-%	vol-%	vol-%	mm	mm	mm	m/d
	20	20	29,79	12,07	17,72	59,57	24,13	35,44	0,14
	20	40	30,44	12,63	17,82	60,89	25,26	35,63	0,11
	20	60	30,06	12,12	17,94	60,13	24,24	35,88	0,12
<b>Summe:</b>	60					180,59	73,63	106,96	
<b>Nutzbare Kapazität: (mm/m)</b>								<b>178</b>	

**Tabelle 5: Physikalische Eigenschaften der Bodenprobe V3 ((Tab. 3-8, S. 11)**

V3	Schicht	Entnahmetiefe	FK	PW	nK	FK	PW	nK	kf
	cm	cm	vol-%	vol-%	vol-%	mm	mm	mm	m/d
	20	20	30,27	12,46	17,80	60,54	24,93	35,61	0,14
	20	40	29,68	12,43	17,25	59,36	24,86	34,50	0,16
	20	60	31,05	13,14	17,91	62,10	26,28	35,82	0,12
<b>Summe:</b>	60					181,99	76,06	105,93	
<b>Nutzbare Kapazität: (mm/m)</b>								<b>177</b>	

### 3.1.4. Vergleich der Bodenkennwerte mit der Bodenkarte

Allgemein wird festgestellt, dass die ermittelten Bodenkennwerte mit den Klassen der österreichischen Bodenkarte übereinstimmen.

### 3.1.5. Anteil der Bewässerung an der gesamten aufgebrauchten Wassermenge

Um zunächst grundsätzlich die Aussagekraft der abgestuften Bewässerung in den einzelnen Jahren bewerten zu können, wurde überprüft, wie groß der Anteil der abgestuften Bewässerung (die Anlaufbewässerung wurde hier nicht berücksichtigt, da sie ja für alle drei Versuchsfelder gleich groß war) an der gesamten aufgebrauchten Wassermenge (Niederschlag+Bewässerung) war.

**Tabelle 6: Niederschlag und Bewässerungs-Wasser in mm (S. 15)**

Jahr	Niederschlag [mm]	Bew. 1 [mm]	Bew. 2 [mm]	Bew. 3 [mm]	% 1	% 2	% 3
<b>2010</b>	255,20	60,59	43,28	20,77	19%	14%	8%
<b>2011</b>	131,80	80,78	57,70	67,70	38%	30%	34%
<b>2012</b>	138,40	343,32	245,23	117,71	71%	64%	46%

Wie man erkennen kann, variiert der Anteil der Bewässerung an der gesamten Wassergabe (Niederschlag+Bewässerung) in den einzelnen Jahren relativ stark, ist jedoch grundsätzlich groß genug, um eine Aussage über die Auswirkungen der unterschiedlichen Bewässerungsvarianten treffen zu können.

### 3.1.6. Zusammenhang Wassergehalt – Niederschlag bzw. Bewässerung

Zunächst wurden die Daten der Wassergehaltssensoren anhand der Regenereignisse und Bewässerung überprüft:



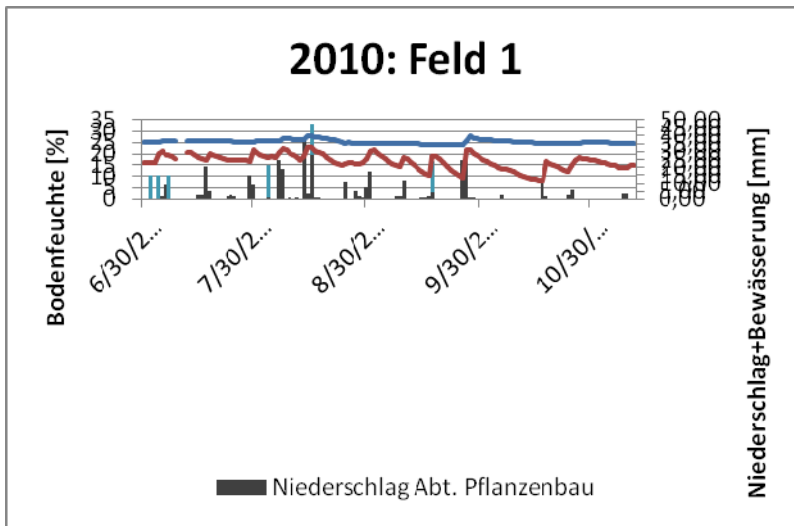


Abbildung 5: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2010 Feld 1 (Abb. 3-09, S.16)

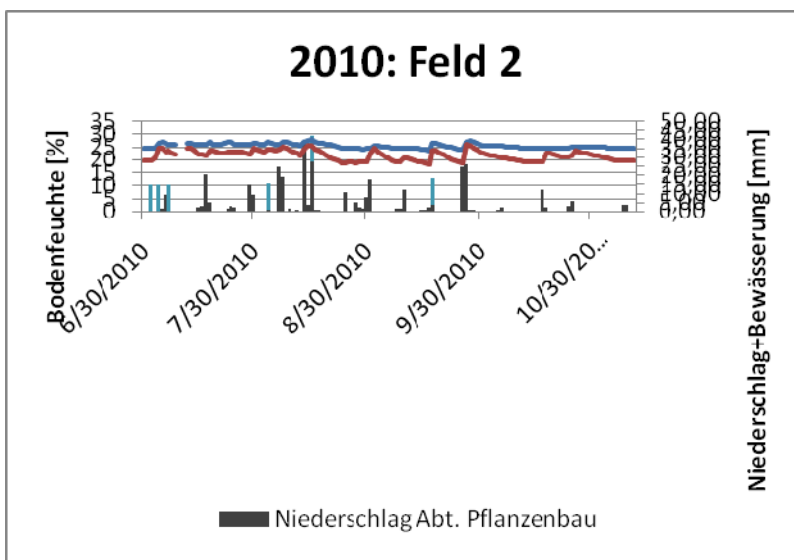


Abbildung 6: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2010 Feld 2 (Abb. 3-10, S. 16)

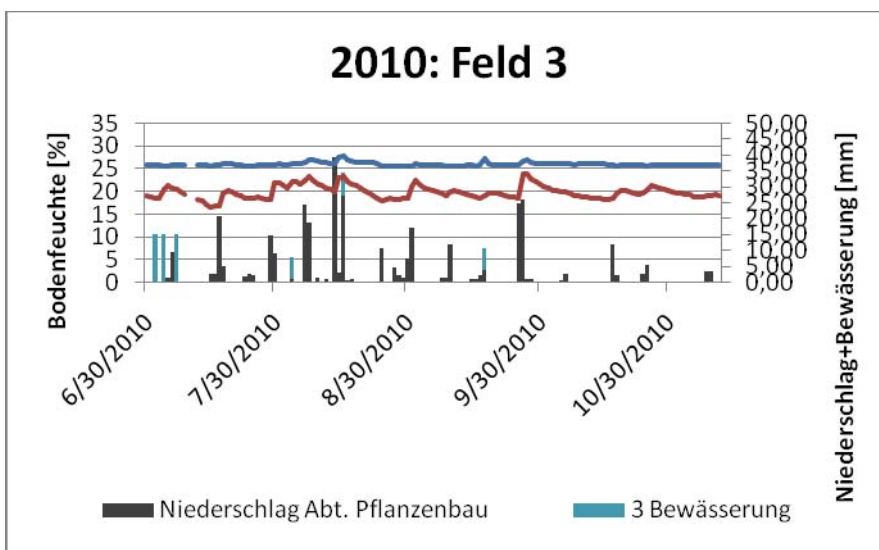
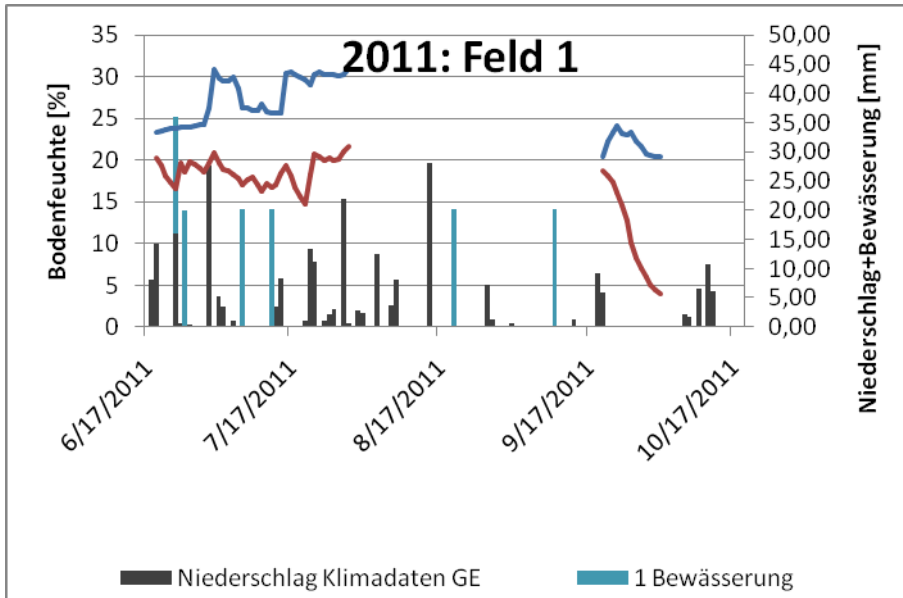
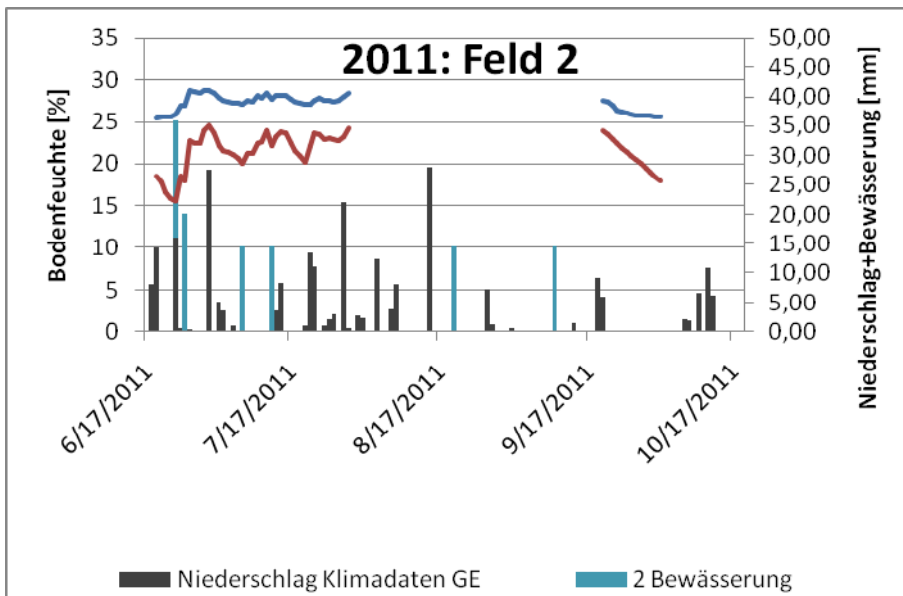


Abbildung 7: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2010 Feld 3 (Abb. 3-11, S. 17)

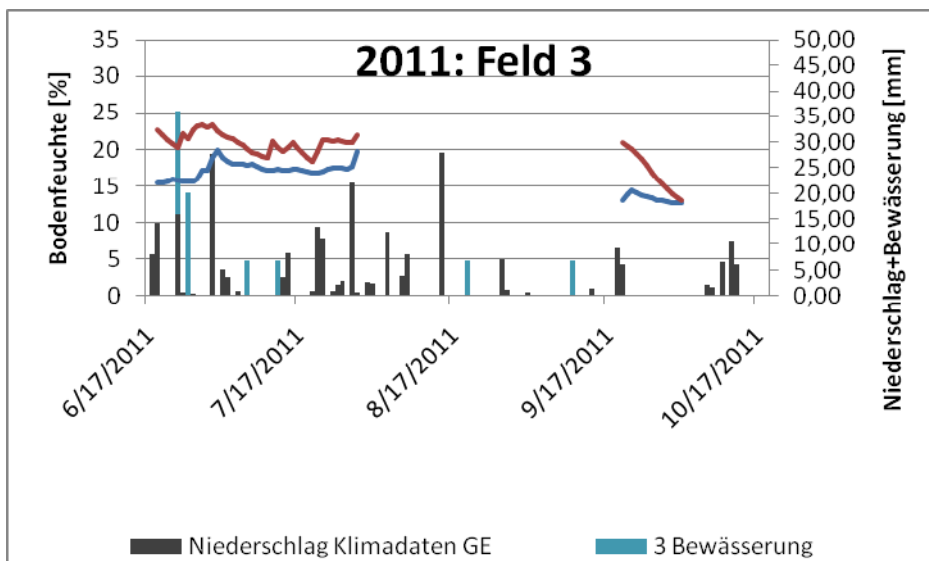
Im Jahr 2010 ist auf allen drei Feldern (Varianten) deutlich der Zusammenhang zwischen Niederschlag/Bewässerung und der Bodenfeuchte erkennbar. Nach jedem Niederschlags- bzw. Bewässerungsereignis steigt die Bodenfeuchte deutlich an, um später als Resultat der Verdunstung wieder abzusinken. Zusätzlich sieht man die deutlich stärkeren Ausschläge der „oberen“ Sensoren in 15 cm Tiefe als der in 40 cm. Der Boden auf allen drei Feldern generell in 40 cm Tiefe deutlich feuchter ist als in 15 cm.



**Abbildung 8: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2011 Feld 1 (Abb. 3-12, S. 18)**

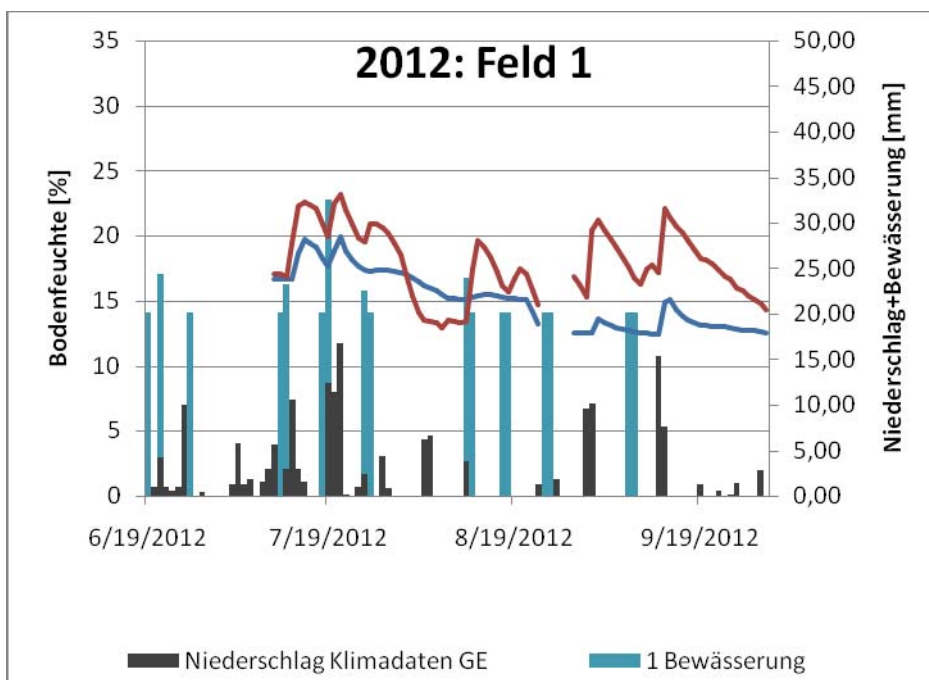


**Abbildung 9: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2011 Feld 2 (Abb. 3-13, S. 18)**

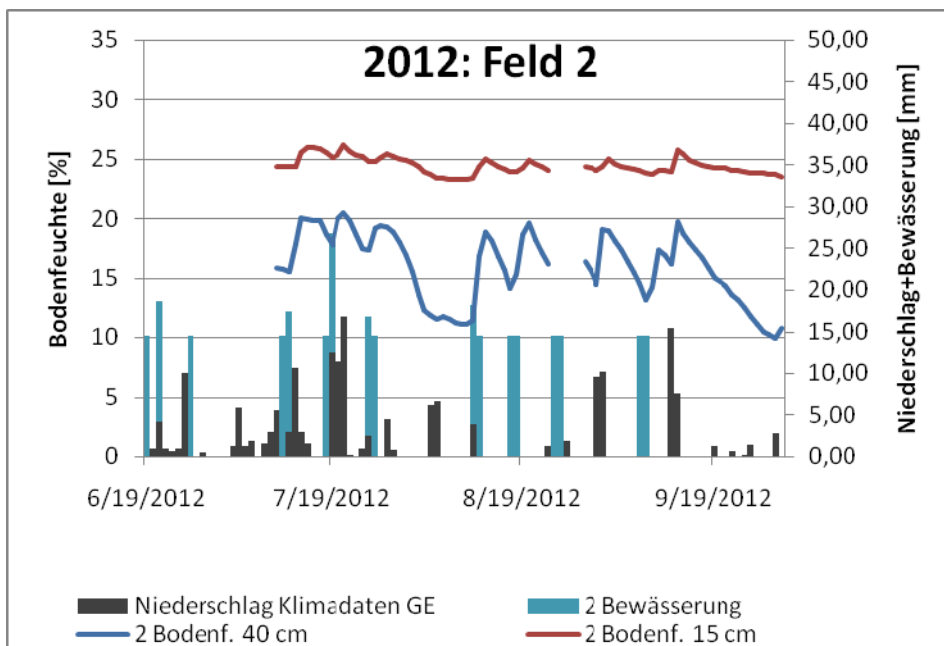


**Abbildung 10: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2011 Feld 3 (Abb. 3-14, S. 19)**

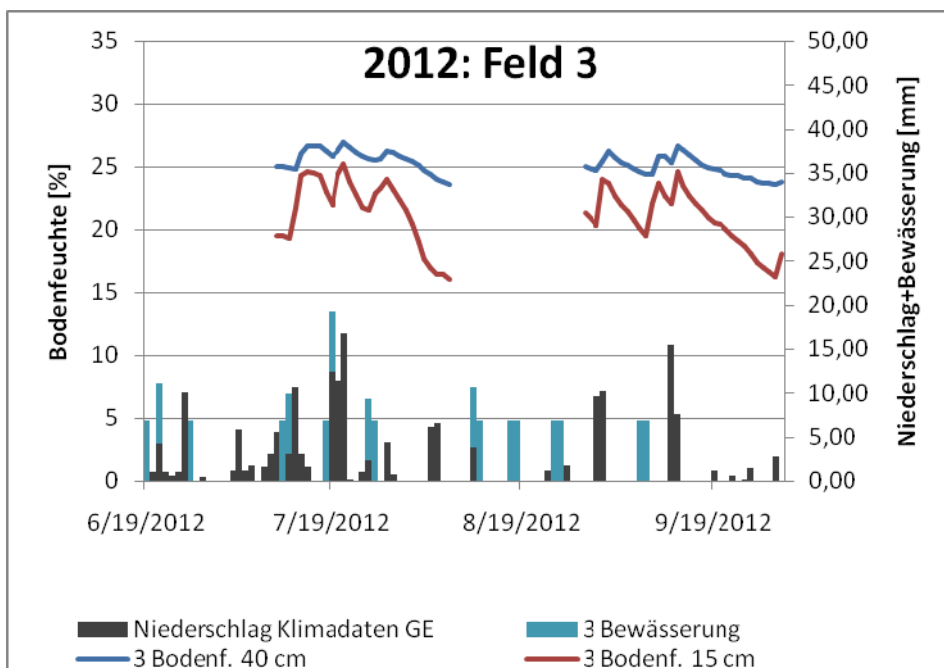
Im Jahr 2011 sind die Bodenfeuchtedaten leider nur sehr lückenhaft verfügbar. Man erkennt zwar wieder Anstiege der Bodenfeuchte nach Regenereignissen, allerdings nicht im gleichen Ausmaß wie im Jahr 2010. Zusätzlich sieht man, dass auf Feld 3 die Bodenfeuchte in einer Tiefe von 15 cm konstant über der in 40 cm liegt, was eher unrealistisch erscheint. Mögliche Gründe für die deutlich schlechtere Datenlage im Jahr 2011 als im Jahr davor sind – neben dem zeitweisen Ausfall der Sensoren – möglicherweise Fehler beim Einbau.



**Abbildung 11: Bodenfeuchte & und Niederschlag+Bewässerung 2012 Feld 1 (Abb. 3-15, S.20)**



**Abbildung 12: Bodenfeuchte & und Niederschlag+Bewässerung 2012 Feld 2 (Abb. 3-16, S. 20)**



**Abbildung 13: Bodenfeuchte & und Niederschlag+Bewässerung 2012 Feld 3 (Abb. 3-17, S. 21)**

Die Sensoren reagieren zwar auf Niederschlags- bzw. Bewässerungsereignisse, allerdings lassen die großen Messlücken kaum sinnvolle Schlüsse zu. Für Variante 2 liegt der Verdacht nahe, dass die beiden Sensoren bzw. ihre Namen versehentlich vertauscht wurden, da der Sensor mit dem Namen „2 Bodenf. 15 cm“ eher die Merkmale des Sensors für 40 cm aufweist und umgekehrt. Für die weitere Analyse wurden die Sensoren jedoch so belassen, da für die Berechnung der gespeicherten Bodenwassermenge die Tiefe nicht maßgebend ist.

Im Jahr 2012 sind ähnliche Begebenheiten wie im Jahr davor zu beobachten: Die Sensoren reagieren zwar auf Niederschlags- bzw. Bewässerungsereignisse, allerdings lassen die großen Messlücken kaum sinnvolle Schlüsse zu. Für Feld 2 liegt der Verdacht nahe, dass die beiden Sensoren bzw. ihre Namen versehentlich vertauscht wurden, da der Sensor mit

dem Namen „2 Bodenf. 15 cm“ eher die Merkmale des Sensors für 40 cm aufweist und umgekehrt. Für die weitere Analyse wurden die Sensoren jedoch so belassen, da für die Berechnung der gespeicherten Bodenwassermenge die Tiefe nicht maßgebend ist.

### 3.1.7. Grundsätzlicher Schwankungsbereich der Bodenwassermenge

Die gemessene Bodenwassermenge (Abb. 3-18 bis 3-20 im Bericht, S.23) lag so gut wie immer und auf allen Feldern zwischen den errechneten Wassermengen bei Feldkapazität und Welkepunkt, also im für die Pflanzen nutzbaren Bereich. Dennoch waren die Werte relativ niedrig.

Der Wassergehalt nimmt von der obersten Bodenschicht beginnend zunächst in 20-40cm Tiefe leicht ab danach wieder deutlich zu und ist von Feld 1 zu Feld 3 geringer, was der abgestuften Bewässerung entsprechen würde. Allerdings ist die Schwankungsbreite relativ gering und diese Messung nur eine Momentaufnahme für den Zeitpunkt der Probenentnahme.

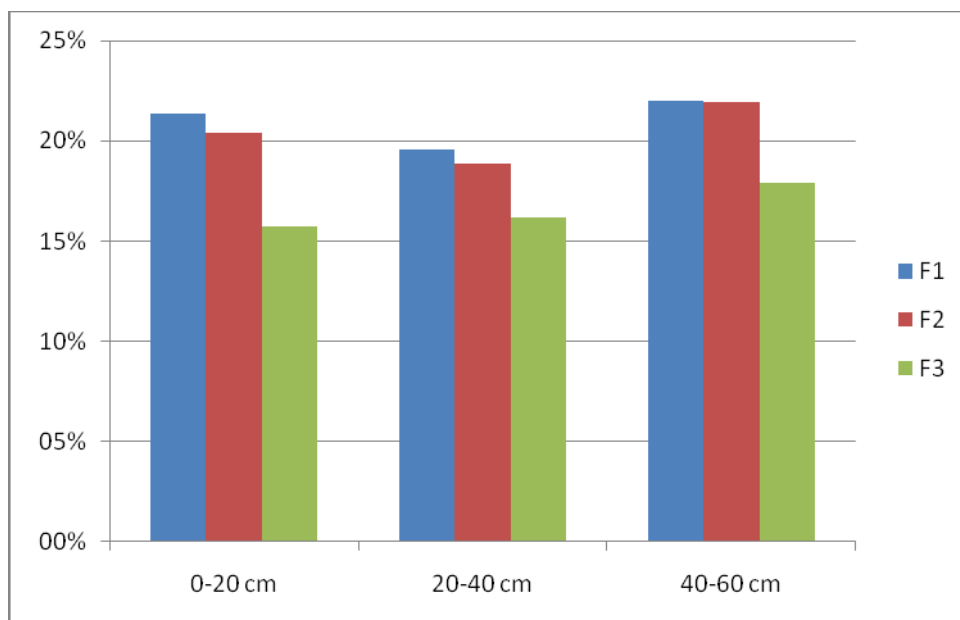


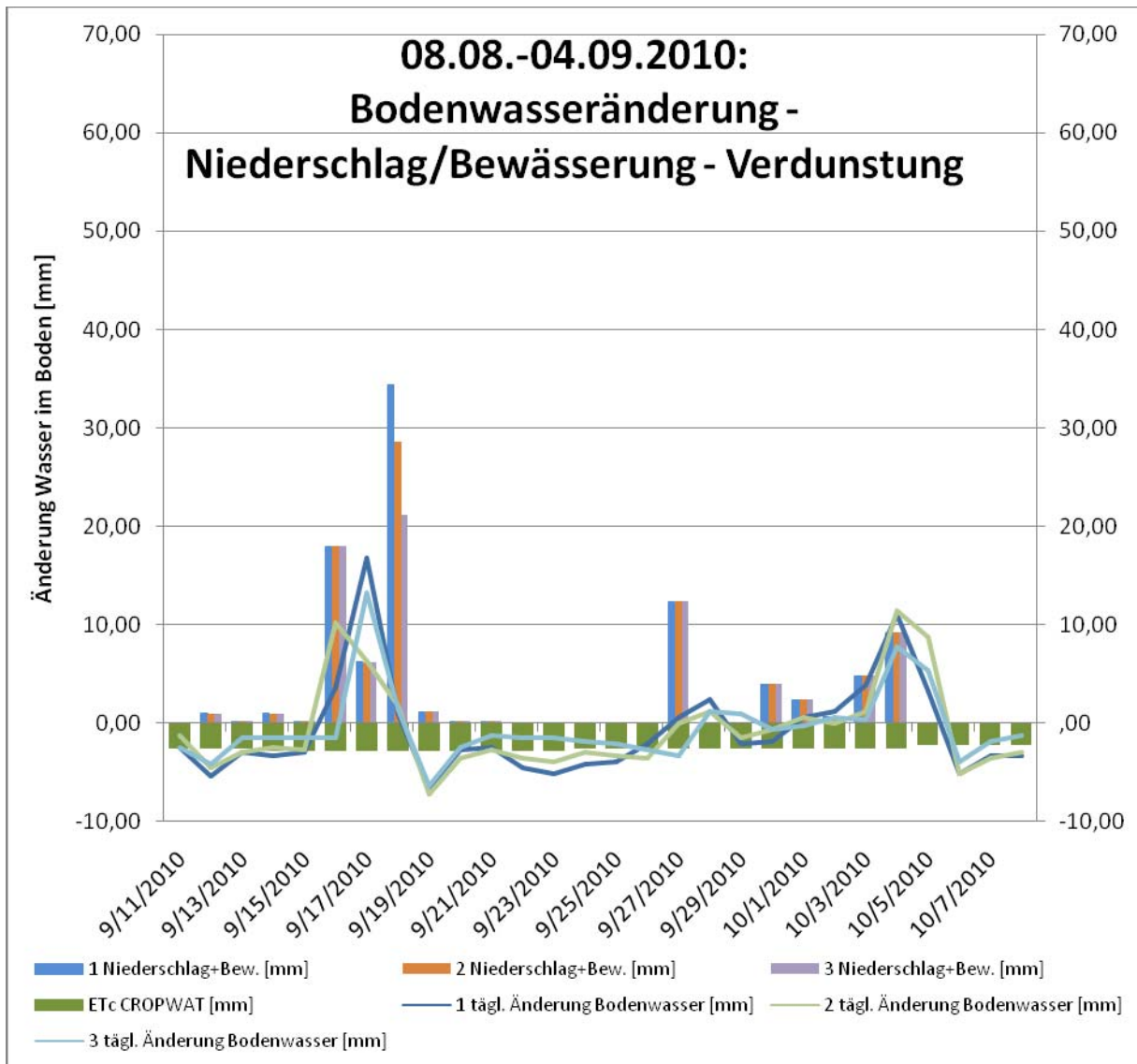
Abbildung 14: Massenwassergehalt nach ÖNORM L1062 (Tab. 3-24, S. 26)

### 3.1.8. Pflanzenwasserbedarf / Verdunstung

Für die Ermittlung des Wasserbedarfs der Pflanzen werden zwei Software Pakete von FAO benutzt, der EToCalculator und das CROPWAT. Unsere Referenz-Ortschaft ist Groß-Enzersdorf. Als Input werden topographische und klimatische Daten, sowie die Ergebnisse der vorigen Bodenuntersuchung verwendet.

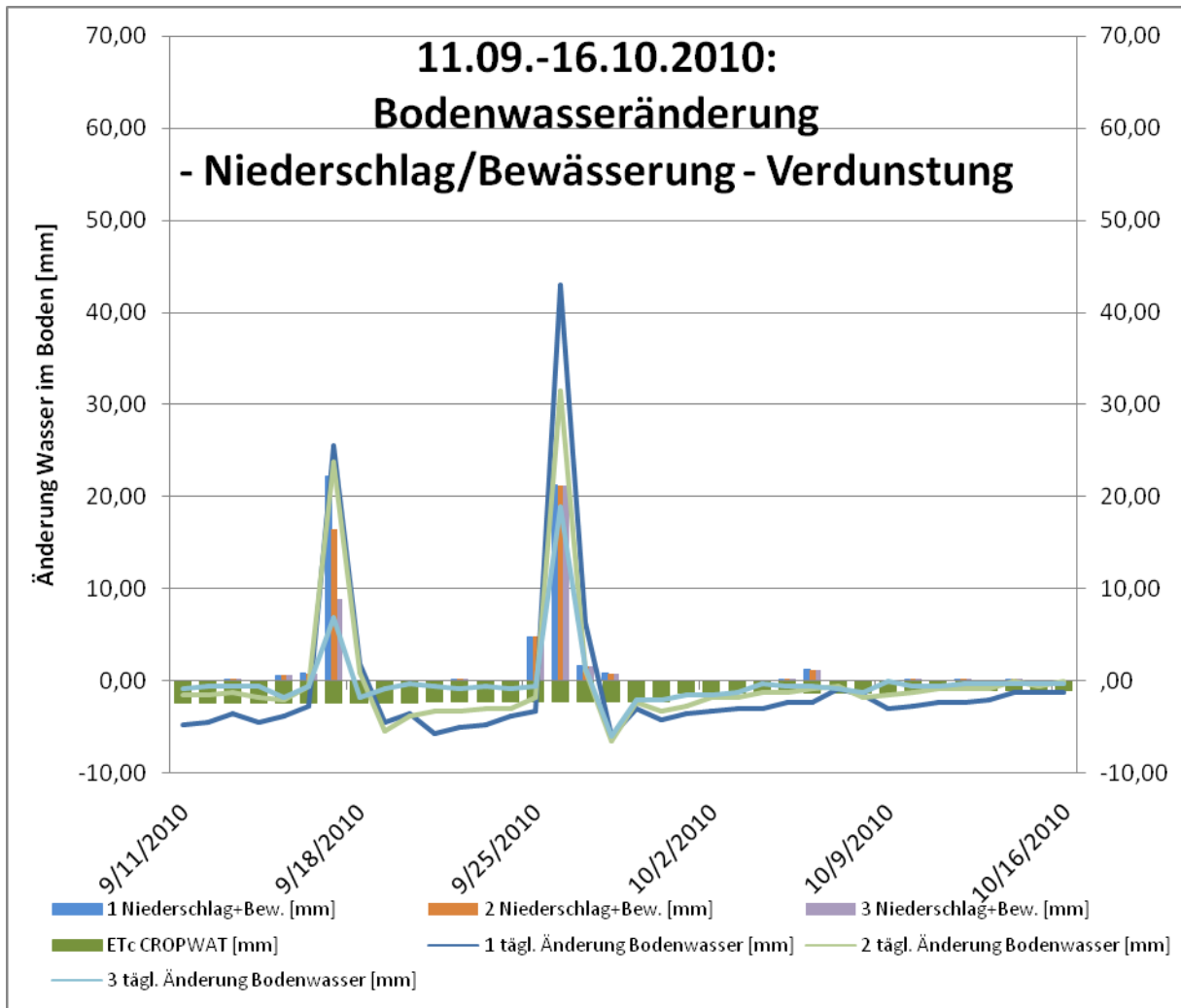
Im CROPWAT werden klimatische Daten, Boden-Daten und Daten über die Kultur eingegeben. Die klimatische Daten ergeben sich aus den Datenbanken über Groß-Enzersdorf, die Boden-Daten durch die oben erwähnte Bodenuntersuchung im Labor und die Pflanzen-Kennzahl sind Annahmen nach FAO Tabellen oder erfahrungsbasierende Werte über Karottenkulturen im Marchfeld.

Zur detaillierten Untersuchung wurden drei repräsentative Zeiträume ausgewählt. Es wurden jeweils die täglichen Änderungen des gespeicherten Bodenwassers, die Summe aus Niederschlag und Bewässerung der einzelnen Versuchsfelder und der Pflanzenwasserbedarf ETc verglichen.



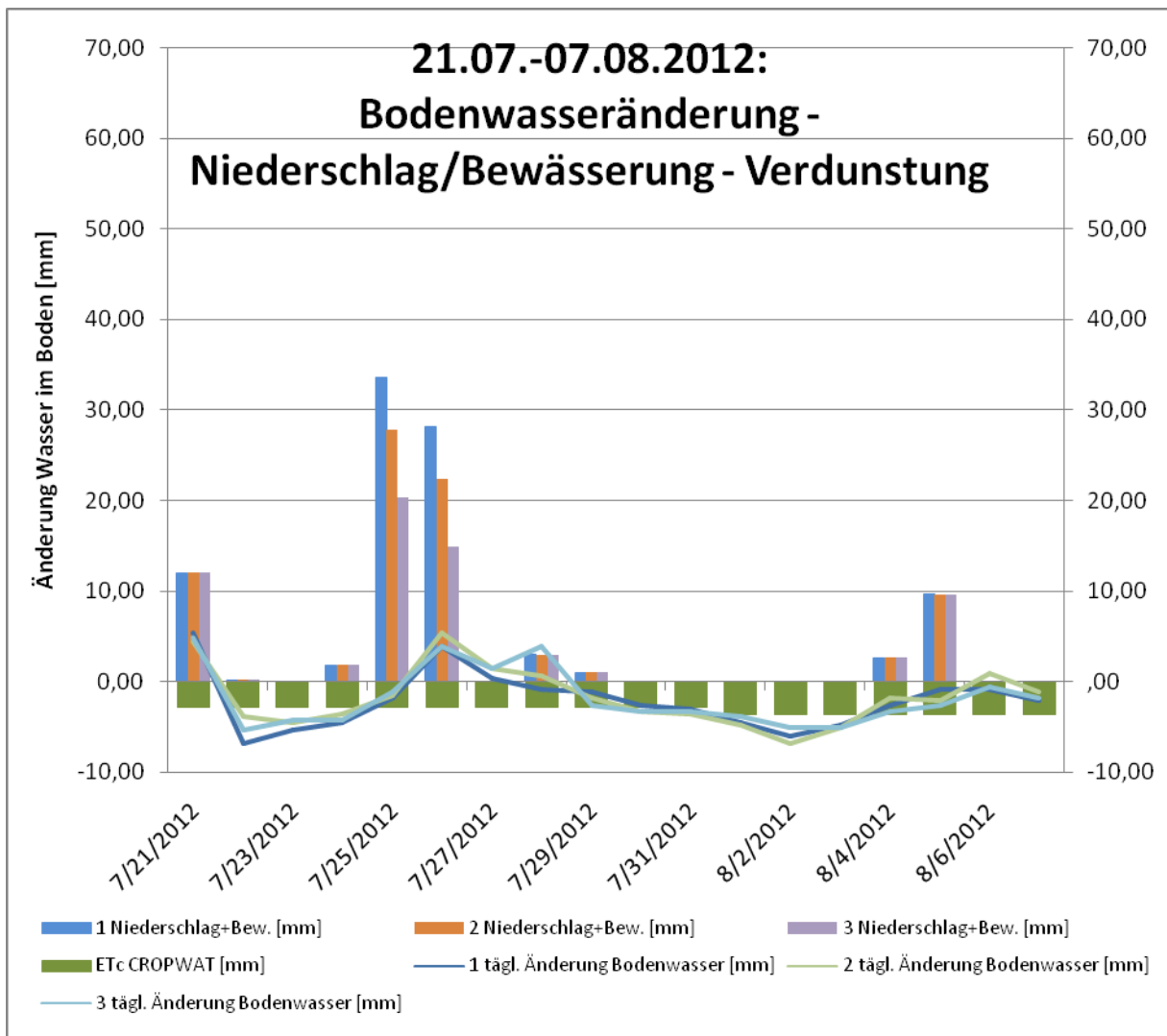
**Abbildung 15: Pflanzenwasserbedarf und tatsächliche Änderung - Zeitraum 1 (Abb. 3-32, S. 32)**

8.8.-4.9.2010: Zu den Zeitpunkten ohne Niederschlag/Bewässerung, an denen der Wasserbedarf (ETc) größer ist als die Änderung des Bodenwassers (zum Beispiel 20.09. bis 26.09. im Feld 3) wäre der Pflanzenwasserbedarf höher gewesen als die tatsächliche Pflanzenwasseraufnahme. Man kann also hier eindeutig sagen, dass Variante 1 und 2 den Pflanzen genügend Wasser zur Verfügung stellt, bei Variante 3 jedoch ein Defizit gegeben ist.



**Abbildung 16: Pflanzenwasserbedarf und tatsächliche Änderung - Zeitraum 2 (Abb. 3-33, S. 33)**

11.9.-16.10.2010: Hier ergibt sich ein ähnliches Bild: Variante 1 und 2 liefern meist mehr Wasser, als der errechnete Pflanzenwasserbedarf angeben würde, im Feld 3 herrscht oft ein Defizit (deutlich zu sehen nach der abgestuften Bewässerung am 17.09.2010).



**Abbildung 17: Pflanzenwasserbedarf und tatsächliche Änderung - Zeitraum 3 (Abb. 3-34, S. 34)**

21.7.-7.8.2012: In diesem Zeitraum liegen alle Bewässerungsvarianten relativ eng beieinander, ein systematisches Defizit ist in keiner Variante auszumachen.

### 3.1.9. Theoretischer Vergleich der Bewässerungsvarianten

Sollte Wasserstress vorkommen, dann sollte geachtet werden, ob dieser Wasserstress die Pflanzen wesentlich beeinflusst. Aus den vorhandenen Daten über die Bewässerung und den Niederschlag und der Berechnung mit dem Cropwat ergeben sich folgende Ergebnisse:

Im Jahr 2010, weil es sehr viel Niederschlag gegeben hat, ergibt sich mit dem gefolgtten Bewässerungsprogramm für alle drei Varianten eine Minderung des Ertrags (Yield Reduction) um -0.7%. Das kann erklärt werden, aus der Änderung der ETc am Beginn der Wachstumsperiode für alle drei Varianten.

Natürlich ist diese nur die theoretische Berechnung im Cropwat und deswegen sind Abweichungen von der Realität zu erwarten. Angenommen werden die Standard-Werte der Bewässerungseffizienz 70%.

Im Jahr 2011 kann es eine theoretische Minderung der Karottenproduktion für die Variante 1 um -8.3% geben.

Die theoretische Minderung der Karottenproduktion im Jahr 2011 für die Variante 2 kann



-11.3% sein.

Für die Variante 3, Jahr 2011, könnte es eine potentielle Minderung der Produktion um - 18.3% geben.

Im Jahr 2012 wird für die Variante 1 eine theoretische Ertragsminderung von -0.4% berechnet.

Für die Variante 2 im Jahr 2012 wird eine theoretische Ertragsminderung von -0.2% berechnet.

Für die Variante 3 im Jahr 2012 wird eine theoretische Ertragsminderung von -5.3% berechnet.

### 3.1.10. Zusammenhang zwischen Ertrag und Bewässerungsvariante

Als letzter Schritt wurde der Zusammenhang zwischen Ertrag und abgestufter Bewässerung untersucht. Als „Ertrag“ wurde hierfür das Wurzelgesamtwicht im repr. Meter herangezogen. Da hier nicht die unterschiedlichen Karottensorten, sondern die Auswirkung der Bewässerung auf den Gesamtertrag untersucht werden soll, wurde das mittlere Wurzelgewicht je Parzelle ermittelt.

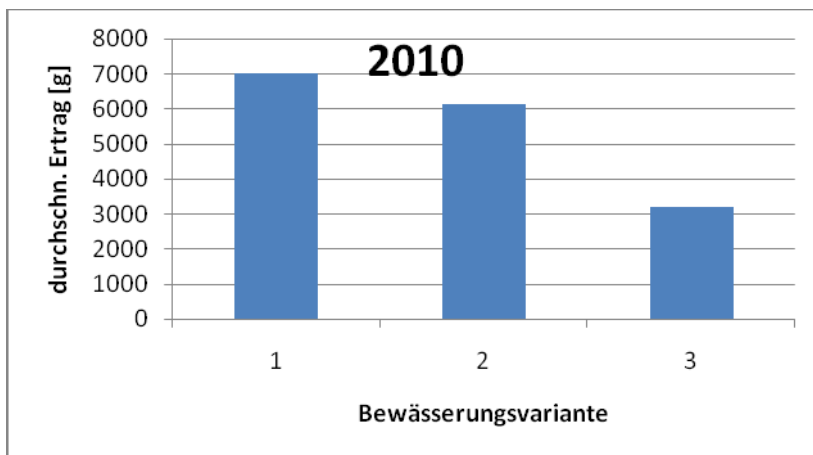


Abbildung 18: mittlerer Ertrag je Parzelle 2010 (Abb. 3-62, S. 45)

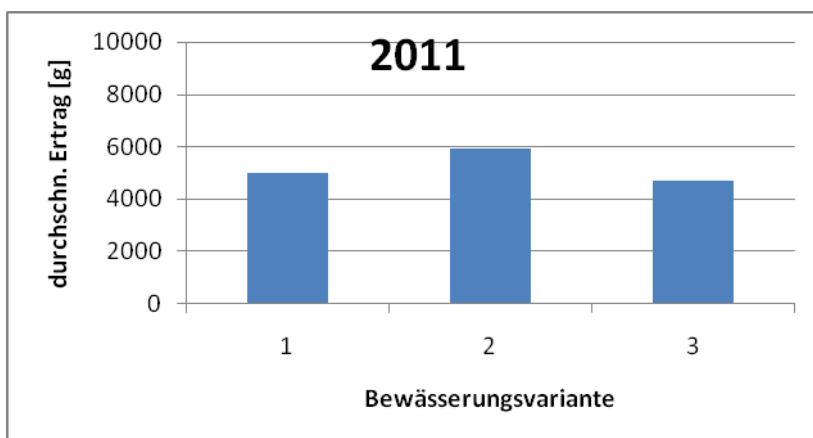


Abbildung 19: mittlerer Ertrag je Parzelle 2011 (Abb. 3-63, S. 46)

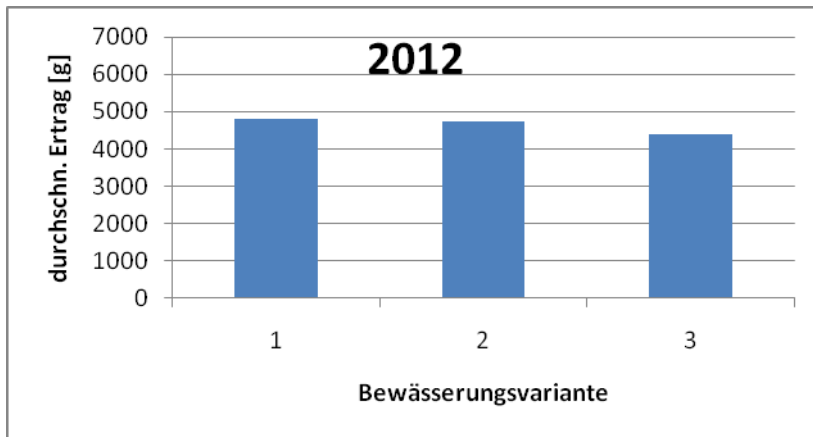


Abbildung 20: mittlerer Ertrag je Parzelle 2012 (Abb. 3-64, S. 46)

Das Ergebnis lässt sehr wohl eine Abhängigkeit des Ertrags von der gewählten Bewässerungsvariante vermuten.

Variante 3 resultiert konstant im geringsten Ertrag, die Varianten 1 und 2 liefern in etwa vergleichbare Werte. Dies stimmt recht gut mit den oben erwähnten Ergebnissen des Wasserbedarfs überein.

Zuletzt soll noch der durchschnittliche Anteil an marktfähiger Ware am mittleren Gesamtertrag (=Wurzelgewicht) je Parzelle untersucht werden:

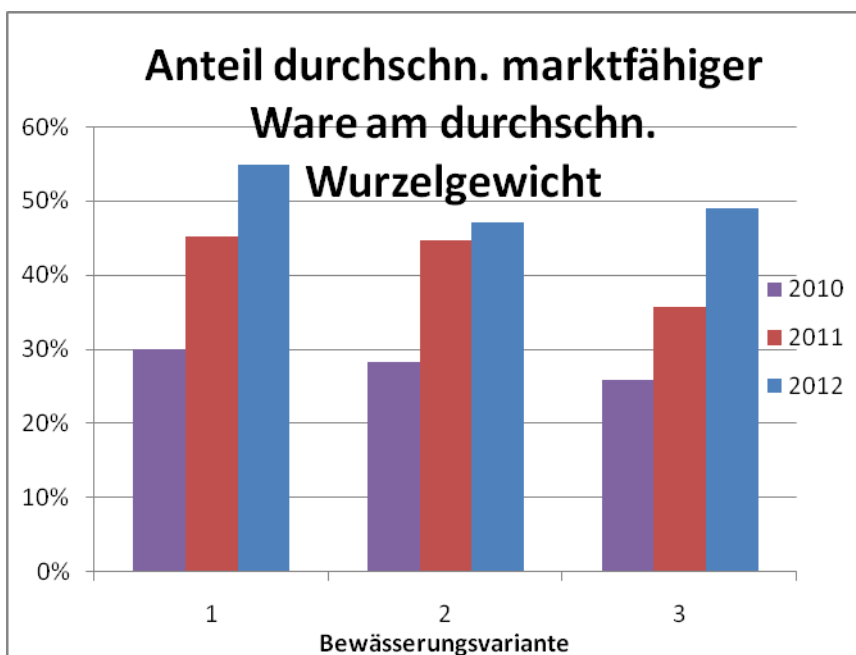


Abbildung 21: Anteil marktfähiger Ware am Gesamtertrag (Abb. 3-65, S. 47)

Es ergibt sich ein deutlichen Unterschied zwischen den Jahren, eine klare Abhängigkeit des Anteils verkaufsfähiger Ware von der Bewässerungsvariante kann jedoch nicht ausgemacht werden, allenfalls eine leichte Abnahme von 1 zu 3.

Aus den oben diskutierten Ergebnissen lassen sich nun folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Laboranalyse der Bodenproben zeigt eine nur geringe Variabilität der Bodenparameter auf den drei Untersuchungsfeldern, was auch mit der Österreichischen Bodenkarte übereinstimmt. Man kann also davon ausgehen, auf allen drei Feldern dieselben hydraulischen Bodenparameter vorzufinden.
- Vor allem die Messergebnisse der Jahre 2011 und 2012 sollten grundsätzlich mit Vorsicht behandelt werden, da
  - große Messlücken die Auswertung erschweren,
  - nicht immer davon ausgegangen werden kann, dass die erwünschten Bewässerungsmengen auch wirklich auf die Felder aufgebracht wurden und
  - die Feuchtesensoren teilweise unrealistische Daten lieferten. Dies führen wir möglicherweise auf unsachgemäßen Einbau in diesen Jahren und/oder verstopfte Regnerdüsen, Windeinfluss und ungleichmäßige räumliche Verteilung der Bewässerung, die sich besonders stark auf die punktuelle Messung der Bodenfeuchte auswirkt, zurück
- Trotzdem erkennt man sowohl in der Auswertung des Massenwassergehalts im Labor als auch im Verlauf der gespeicherten Bodenwassermenge und ihren täglichen Änderungen eine deutliche Auswirkung der unterschiedlichen Bewässerungsvarianten auf das Wasserangebot im Boden.
- Bei der Detailauswertung ausgewählter Zeiträume zeigt sich, dass Variante 1 und 2 grundsätzlich für den im Labor ermittelten hydraulischen Bodenparameter genügend Wasser für die Pflanzen bereitstellen kann; bei Variante 3 gibt es deutliche Defizite.
- Auch die Auswertung des Ertrags deutet darauf hin, dass Variante 2 noch genügend, Variante 3 bereits zu wenig Wasser für eine vollständige Entwicklung der Pflanze bietet.
- Die theoretische Berechnung (mit Vorsicht zu betrachten) einer potentiellen Minderung des Ertrags deutet auch darauf hin, dass die Variante 2 (besonders im Jahr 2012) wahrscheinlich die beste Bewässerungsvariante war.
- Besondere Achtung wird empfohlen beim Beginn der Wachstumsperiode der Pflanzen, weil ein Wasserstress am Beginn großen Einfluss auf den Ertrag hat.

Der komplette Bericht der Arbeitsgruppe ist beigefügt.

### 3.2. Keimversuch

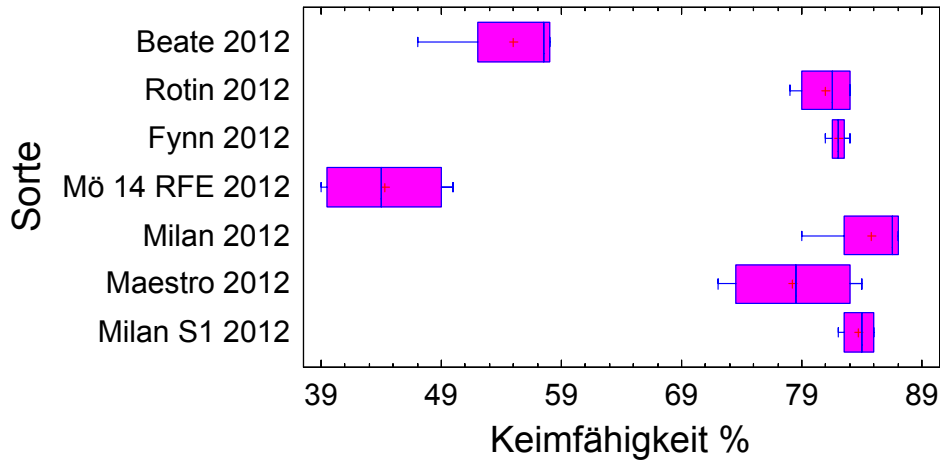


Abbildung 22: Normalgekeimte Karotten in % Keimversuch 2012

Im Jahr 2012 liegt die Sorte Mö 14 RFE mit einer Keimfähigkeit von etwa 45 % an der untersten Grenze, knapp gefolgt von der Sorte Beate mit etwa 55 % und die Sorte Milan an der Obersten mit einer durchschnittlichen Keimfähigkeit von 85 %. Die Hybridsorte liegt mit etwa 78 % Keimfähigkeit bei Rotin, Fynn und Milan S1. Die Keimfähigkeitsprüfung musste nicht wiederholt werden, da die Ergebnisse der einzelnen Wiederholungen in einem akzeptablen Rahmen schwanken. Bei einer erwarteten Keimfähigkeit von 50-55 % dürfen 20 Zählungen, bei 56-66 % 19, bei 67-80 17 und bei einer erwarteten Keimfähigkeit von 81-83 dürfen 15 Zählungen Unterschied sein zwischen den Wiederholungen. Die Keimfähigkeit der einzelnen Sorten schwankt in einem weiten Rahmen (vgl. Anhang).

### 3.3. Sensorik

Anhand des LSD-Intervalls, wird die Sensorik ausgedrückt. Getestet wurden die Sorten Beate, Milan und Maestro F1. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten (Abb.23). Bei der Sorte Milan kann größere Beliebtheit vermutet werden, da sie im rohen Zustand deutlich, aber nicht signifikant gewonnen hat und in gedämpfter Form nur sehr knapp hinter Beate lag, die die höchste Punkteanzahl erreichte. Die Hybridsorte lag eher im Mittelfeld.

Relativ konsistent über alle Versuchsjahre hinweg stellt sich die frei abblühende Sorte Milan als die Beliebteste dar, was durch die Ergebnisse der Verkostungen bestätigt wird (Bericht 2011-Abb. 10, Bericht 2012-Abb. 4, 2013-Abb. 23).

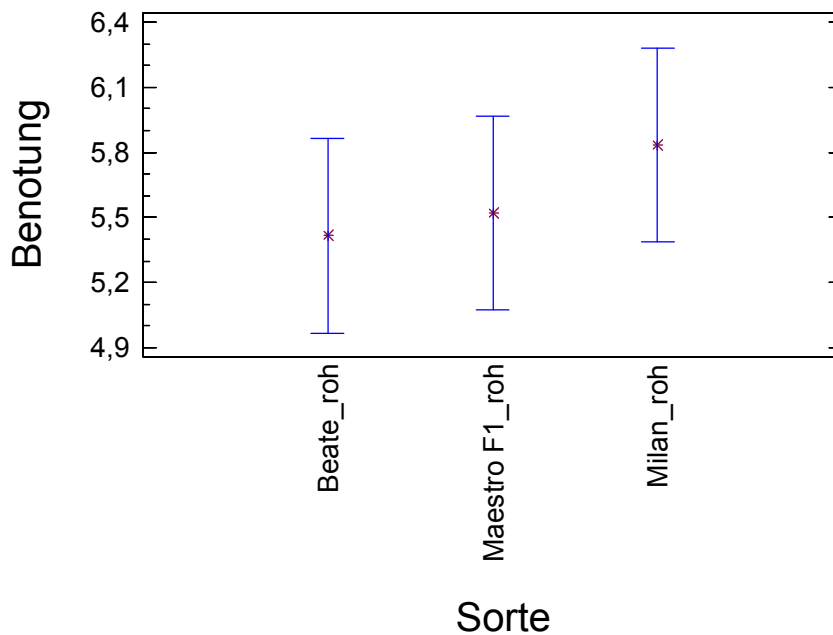


Abbildung 23: Ergebnis Sensorik 2012 – roh

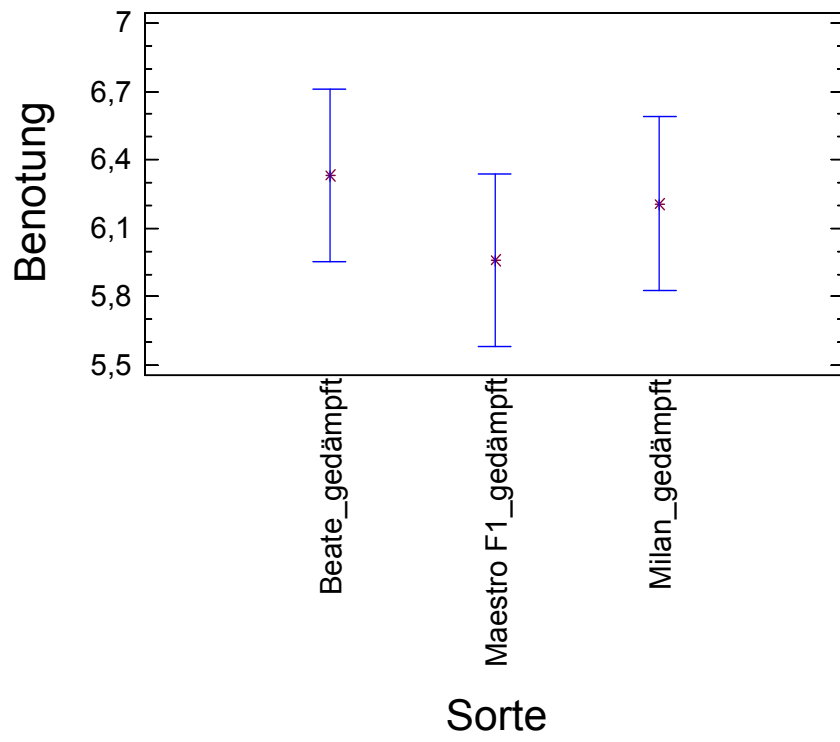


Abbildung 24: Ergebnis Sensorik 2012 – gedämpft

### 3.4. Ergebnisse der pflanzenbaulichen Begutachtung

#### 3.4.1. Datenauswertung

##### Allgemeine Anmerkungen:

Nachfolgender Bericht inkl. Verrechnungen wurde von Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr Heinrich Grausgruber erstellt (Abteilung Pflanzenzüchtung Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur, A-3430 Tulln a.d. Donau, Konrad Lorenz Str. 20) unter Einbindung des Master-Studenten Michele Mares.

Aufgrund eines von 2010-2012 nicht-orthogonalen Sortiments an Karottensorten erfolgte die Verrechnung für die einzelnen Jahre separat. Die Auswertung erfolgte somit innerhalb der drei Jahre als 2-faktorielle Varianzanalyse entsprechend dem Versuchsdesign als Blockanlage. Zur Verrechnung kam die Prozedur MIXED der Statistiksoftware SAS 9.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) zum Einsatz. Das gemischte lineare Modell berücksichtigte die beiden Haupteffekte waren „Sorte“ und „Bewässerung“ als fixe Faktoren, der Effekt „Block“ wurde als zufälliger Effekt modelliert. Es wurden pro Merkmal zwei Modelle erstellt: ein vollständiges Modell und ein reduziertes (Weglassen des zufälligen Effektes). Die Güte der Modelle wurde durch das korrigierte Akaike Informationskriterium (AICC) bewertet. Nach dem Prinzip „*smaller is better*“ wurde das Modell mit dem niedrigeren AICC Wert ausgewählt und für die Mittelwertsvergleiche herangezogen. Die multiplen Mittelwertsvergleiche erfolgten mittels Tukey-Kramer Test mit der Software JMP 10.0.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC). Weitere statistische Methoden (Trellis Plot, PCA) wurden mit GenStat 15th Ed. (VSNI, Hemel Hempstead, UK) durchgeführt.

##### Datenaufbereitung:

Die Bewertung der Anfälligkeit gegenüber Mehltau und Alternaria erfolgte durch Boniturnoten für die Befallsstärke und die Befallsintensität. Zur statistischen Verrechnung wurden diese Boniturnoten in einen Relativwert umgewandelt: dazu wurden die beiden Boniturwerte zuerst in einen Index umgewandelt (9=100, 1=0) und anschließend die Summe der beiden Indizes relativiert (200=100%).

Schädigungen biotischer und abiotischer Natur wurden durch Abwiegen der geschädigten Ernte bestimmt. Die Originaldaten wurden ebenfalls in Relativwerte umgewandelt indem der relative Anteil der entsprechenden Schäden an der Gesamternte berechnet wurde.

Zur statistischen Auswertung kamen folgende agronomischen Parameter:

- (1) Schäden durch (a) Mehltau, (b) Alternaria, (c) Insekten, und (d) Nagetiere (Mäuse)
- (2) Schäden durch (a) Deformation, (b) Aufplatzen, (c) Weiße Wurzel, (d) Übergröße, (e) Untergröße, und (f) Grünköpfigkeit. Die unter Punkt (2) angeführten Schäden fanden Eingang in die Berechnung des Marktfähigen Ertrags (MFE):  $MFE = \text{Gesamtertrag} - \text{Schäden}$
- (3) Agronomische Parameter: (a) Gesamtertrag, (b) MFE, und (c) Blattmasse.

Weitere erfasste Parameter, die keinen Eingang in die Verrechnung gefunden haben: Anzahl der Pflanzen, Durchmesser Wurzel, Form der Wurzel, Oberflächenbeschaffenheit der Wurzel und Homogenität.

### 3.4.2. Agronomische Merkmale

#### 3.4.2.1. Mehltau

2010 wurde keine Mehltau-Bonitur durchgeführt. 2011 zeigten sich hoch signifikante Sorten- ( $P < 0.0001$ ) und Bewässerungsunterschiede, jedoch keine Wechselwirkung. Bei den Sorten zeigte die Hybridsorte Maestro F1 kaum einen Mehltaubefall und war somit deutlich den anderen Sorten überlegen (Tabelle 7). Der Mehltaubefall zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Bewässerung: je höher die Bewässerung, umso stärker war der Befall mit Mehltau (Kontrolle: 35,1; Reduziert: 19,1; Niedrig: 8,3). Im Jahr 2012 zeigte sich ein signifikanter ( $P < 0.001$ ) Einfluss von Sorte, Bewässerung und der Wechselwirkung der beiden Faktoren. Unerklärlicherweise war der Mehltaubefall am geringsten in der Kontrollvariante. Hinsichtlich der Sorten zeigte auch 2012 die Hybridsorte den geringsten Befall. Die Selektion S1 aus der Populationssorte Milan zeigte tendenziell eine höhere Anfälligkeit gegenüber Mehltau als die Ausgangssorte. Der Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant.

**Tabelle 7: Mittelwerte des Mehltaubefalls (2012 in Abhängigkeit der Bewässerungsvariante; Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P > 0.05$ ) voneinander; bester Wert fett gedruckt, schlechtester rot)**

Sorte	2011	2012		
		Kontrolle	Reduziert	Niedrig
Beate	30,6 A	37,5 AB	50,0 A	54,2 A
Mö 14 RFE	25,0 A	00,0 B	37,5 AB	47,9 A
Fynn	18,1 A	08,3 AB	47,9 AB	37,5 A
Maestro F1	<b>00,7 B</b>	<b>00,0 B</b>	<b>18,8 B</b>	<b>00,0 B</b>
Milan	26,4 A	00,0 B	37,5 AB	45,8 A
Milan S1	-	12,5 AB	56,3 A	54,2 A
Rotin	24,3 A	43,8 A	35,4 AB	37,5 A

#### 3.4.2.2. Alternaria

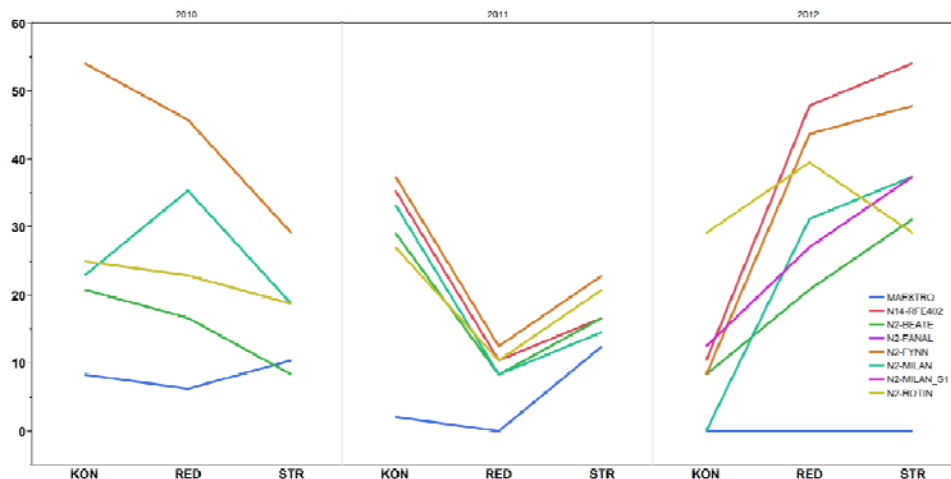
Beim Alternaria-Befall war in allen drei Versuchsjahren ein signifikanter Einfluss der beiden Faktoren Sorte und Bewässerung feststellbar. 2011 und 2012 war auch die Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren signifikant (Abbildung 25). Wie beim Mehltau war auch hinsichtlich Alternaria die Hybridsorte Maestro F1 den Populationssorten deutlich überlegen (Tabelle 8). Während 2011 der Alternaria-Befall mit zunehmender Reduktion der Bewässerung abnahm kam es 2012 zu einem Anstieg. Die empfindlichsten Sorten waren Fynn und Fanal. Beide Sorten unterschieden sich jedoch statistisch nicht signifikant von den übrigen Populationssorte, mit Ausnahme der Sorte Milan in der Kombination 2012×Kontrolle; der Nullwert für diese Kombination muss jedoch in Anbetracht der anderen Bonituren für diese Sorte angezweifelt werden.

Die Reselektion S1 aus Milan unterschied sich 2012 nicht statistisch von der Ausgangssorte.



**Tabelle 8: Mittelwerte des Alternaria-Befalls (2011 und 2012 in Abhängigkeit der Bewässerungsvariante; Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander)**

Sorte	2010	2011			2012		
		Kontrolle	Reduziert	Niedrig	Kontrolle	Reduziert	Niedrig
Beate	15,3 BC	29,2 A	16,7 A	08,3 A	08,3 AB	20,8 AB	31,3 A
Fanal	22,2 B	-	-	-	-	-	-
Mö 14 RFE	-	35,4 A	16,7 A	10,4 A	10,4 AB	47,9 A	54,2 A
Fynn	43,1 A	37,5 A	22,9 A	12,5 A	08,3 AB	43,8 AB	47,9 A
Maestro F1	08,3 C	02,1 B	12,5 A	0,00 A	00,0 B	00,0 B	0,00 B
Milan	25,7 B	33,3 A	14,6 A	08,3 A	00,0 B	31,3 AB	37,5 A
Milan S1	-	-	-	-	12,5 AB	27,1 AB	37,5 A
Rotin	22,2 B	27,1 A	20,8 A	10,4 A	29,2 A	39,6 AB	29,2 A



**Abbildung 25: Alternaria-Befall (Mittelwerte) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr. Sorte×Bewässerung Wechselwirkungen innerhalb der Jahre sind durch *cross over* Reaktionen ersichtlich.**

### 3.4.2.3. Schäden durch Insekten

Das Merkmal Insektenschäden wurde nur 2010 und 2012 erhoben. In beiden Jahren war lediglich der Einfluss Bewässerung signifikant. Die Schäden durch Insektenfraß waren generell sehr gering und schwankten 2010 zwischen 1,8% (Beate) und 7,6% (Maestro F1), sowie 2012 zwischen 4,3% (Rotin) und 11,8% (Maestro F1). Im Jahr 2010 sank der Schaden mit reduzierter Bewässerung (Kontrolle: 6,1% A; Reduziert: 3,7% AB; Niedrig: 1,9% B). Genau verkehrt verhielt sich die Auswirkung der Bewässerung auf Insektenschäden im Jahre 2012 (Kontrolle: 4,4% B; Reduziert: 7,1% AB; Niedrig: 10,7% A).

#### 3.4.2.4. Schäden durch Nagetiere

Die Verrechnung des Merkmals Mäuseverbiss brachte kein eindeutiges Ergebnis hervor. 2010 konnte lediglich ein signifikanter Einfluss der Bewässerung festgestellt werden (Kontrolle: 12,1% A; Reduziert: 7,8% AB; Niedrig: 2,3% B). 2011 zeigten beide Hauptfaktoren einen signifikanten Einfluss, wobei die Sorte Mö 14 RFE (14,1%) sich signifikant von den restlichen Sorten (2,4-5,0%) unterschied; hinsichtlich der Bewässerung konnte zwar ein signifikanter Einfluss festgestellt werden, die Mittelwerte waren allerdings ähnlich (Kontrolle: 5,1% AB; Reduziert: 6,7% B; Niedrig: 4,4% A). 2012 wurde kein signifikanter Einfluss eines Faktors festgestellt. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass über die drei Jahre kein eindeutiger Trend hinsichtlich Sorte und Bewässerung festgestellt wurde: die Bewässerungsvarianten verhielten sich z.T. unterschiedlich und bei den Sorten gab es lediglich im Jahr 2011 bei Mö 14 RFE einen markant höheren Mäuseverbiss.

#### 3.4.2.5. Deformierte Karotten

Das Merkmal Anteil deformierter Karotten verhielt sich über die Jahre gesehen nicht eindeutig. 2010 wurde ein signifikanter Einfluss der Beregnung festgestellt (Kontrolle: 12,3% B; Reduziert: 17,3% AB; Niedrig: 19,7% A): der Anteil deformierter Karotten nahm mit reduzierter Beregnung zu. Sortenunterschiede wurden keine festgestellt (12,2-19,2%). Im Jahr 2011 konnte weder ein Sorten- (7,1-13,7%) noch ein Bewässerungseinfluss (8,2-11,5%) festgestellt werden, während 2012 beide Faktoren signifikant waren (Tabelle 9). Zusammenfassend kann somit auf Grund der Ergebnisse 2010 und 2012 festgehalten werden, dass der Anteil deformierter Karotten mit zunehmender Beregnung abnimmt. Ein eindeutiger Sorteneffekt kann aus den dreijährigen Ergebnissen nicht abgeleitet werden, da lediglich im Jahr 2012 ein solcher festgestellt wurde. In diesem Jahr war die Variabilität in diesem Merkmal allerdings durchaus erheblich (4,2-17,9%). Die Reselektion S1 aus Milan unterschied sich von der Ausgangssorte statistisch nicht.

**Tabelle 9: Mittelwerte des Anteils deformierter Karotten (DEF, %) im Versuchsjahr 2012 (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P > 0.05$ ) voneinander)**

Sorte	DEF (%)	Bewässerung	DEF (%)
Beate	14,1 ABC	Kontrolle	<b>07,2 B</b>
Mö 14 RFE	<b>17,9 A</b>	Reduziert	12,0 A
Fynn	10,7 BCD	Niedrig	<b>14,4 A</b>
Maestro F1	16,9 AB		
Milan	06,4 D		
Milan S1	08,1 CD		
Rotin	<b>04,2 D</b>		

#### 3.4.2.6. Geplatze Karotten

Für das Merkmal Anteil geplatzter Karotten konnte in keinem der drei Versuchsjahre ein Einfluss der Beregnung festgestellt werden, lediglich die Sorte×Beregnung Wechselwirkung war 2010 signifikant ( $P=0.0148$ ). Ein signifikanter Sorteneinfluss konnte zwar 2011 ( $P=0.0488$ ) und 2012 ( $P=0.0155$ ) nachgewiesen werden, generell war die Variationsbreite in diesem Merkmal aber über die Versuchsjahre sehr gering (0-3%). Die Sorte mit dem höchsten Anteil an geplatzten Karotten war 2012 Beate (3,3%) die sich signifikant von Fynn (0,4%) und Maestro F1 (0,2%) unterschied. Die restlichen Sorten (Milan: 2,0%; Rotin: 1,5%; Milan S1: 1,4%; Mö 14 RFE: 0,8%) unterschieden sich weder von Beate noch von Fynn und Maestro F1.

### 3.4.2.7. Weiße Karotten

Der Anteil weißer Karotten war sehr gering und zeigte kaum Variabilität (0-1%). Ein signifikanter Sorteneffekt wurde zwar in den Jahren 2010 und 2011 beobachtet, die Aussagekraft ist in Anbetracht der Werte allerdings eingeschränkt. Im ersten Versuchsjahr zeigten Fanal und Beate mit 1% bzw. 0,1% die höchsten Werte, 2011 war Beate mit 0,5% die Sorte mit dem höchsten Anteil an weißen Karotten. Diese Sorte scheint somit tendenziell eine etwas stärkere Neigung zur Ausbildung weißer Karotten zu besitzen, die Werte sind allerdings sehr niedrig.

### 3.4.2.8. Untergröße

Das Merkmal Untergröße zeigte im ersten Versuchsjahr keine signifikante Variabilität zwischen Sorten und Bewässerungsvarianten. In den Folgejahren waren signifikante Haupteffekte vorhanden. Generell konnte 2011 ein sehr hoher Anteil an kleinen Karotten beobachtet werden, gefolgt von 2012 und 2010. Die Bewässerung wirkte sich 2011 und 2012 gegenläufig aus: 2011 wurde ein signifikant höherer Anteil an Untergrößen bei minimierter Beregnung erzielt, während 2012 diese Variante den niedrigsten Anteil an Untergrößen lieferte (Tabelle 10). Hinsichtlich der Sorten tendierte v.a. Rotin zu einem erhöhten Anteil an Untergrößen. Die Hybridsorte Maestro F1 zeigte stark schwankende Werte: zeigte sie 2010 noch den höchsten Anteil (wenn auch nur 13,2%), so lag sie 2011 im Mittelfeld (30,5%) und 2012 im Spitzenfeld mit nur 10,3%.

Die 2012 mitgeprüfte Reselektion S1 aus der Sorte Milan zeigte mit 1,7% den deutlich niedrigsten Wert, auch wenn sich dieser statistisch von der Ausgangssorte (13,6%) nicht signifikant unterschied.

**Tabelle 10: Mittelwerte des Anteils zu kleiner Karotten (Untergrößen, %) in den drei Versuchsjahren (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P > 0.05$ ) voneinander)**

Sorte	2010	2011	2012
Beate	<b>08,5 A</b>	32,1 B	11,3 C
Fanal	09,0 A	-	-
Mö 14 RFE	-	<b>10,6 C</b>	34,0 A
Fynn	12,6 A	43,5 B	26,9 AB
Maestro F1	<b>13,2 A</b>	30,5 B	10,3 C
Milan	12,3 A	38,6 B	13,6 BC
Milan S1	-	-	<b>01,7 C</b>
Rotin	11,0 A	<b>59,0 A</b>	<b>38,3 A</b>
<b>Bewässerung</b>			
Kontrolle	<b>13,8 A</b>	<b>30,7 B</b>	<b>22,6 A</b>
Reduziert	10,3 A	33,4 B	20,5 AB
Niedrig	<b>09,2 A</b>	<b>43,1 A</b>	<b>15,2 B</b>

### 3.4.2.9. Übergröße

Der Anteil an Übergrößen war sehr niedrig. Signifikante Effekte für Sorten und Bewässerung konnten lediglich im Jahr 2011 festgestellt werden: keine Übergrößen wurden in diesem Jahr bei der minimierten Beregnung, 1% bei der reduzierten Beregnung und 1,5% bei der Kontrollvariante festgestellt. Von den Sorten zeigte lediglich Mö 14 RFE einen signifikant höheren Anteil (3,4%), während der Rest der Sorten nur einen Anteil zwischen 0 und 0,8% übergroße Karotten hatte. Etwas höher lag der Anteil an Übergrößen im Jahr 2012 in dem ein signifikanter Sorteneffekt berechnet werden konnte. Im Gegensatz zu 2011 konnte für Mö 14 RFE keine übergroßen Karotten beobachtet werden, ebenso wie für Fynn. Einen erhöhten Anteil zeigten Beate (5,4%), Rotin (3,8%) und vor allem die Selektion S1 aus Milan (9,9%), die damit signifikant über der Ausgangssorte Milan (1,2%) lag. Die Hybridsorte Maestro F1 hatte 2012 lediglich 1,8% Übergrößen.

### 3.4.2.10. Grünköpfigkeit

Für das Merkmal Grünköpfigkeit (*green shoulder*) konnte kein Einfluss der Beregnungsvarianten nachgewiesen werden. Ein signifikanter Sorteneffekt wurde 2011 und 2012 festgestellt. Die Werte 2010 waren signifikant größer als in den anderen beiden Versuchsjahren. Der Einfluss des Jahres scheint bei betrachten der Zahlen größer zu sein als der genotypische Einfluss, auch wenn signifikante Sortenunterschiede in den Jahren 2011 und 2012 nachgewiesen wurden (Tabelle 11). Eine tendenziell stärkere Ausprägung des Merkmals scheint Beate zu besitzen, während die Hybridsorte Maestro F1 in allen drei Jahren eine geringe Ausprägung zeigte. Die Selektion aus Milan zeigte 2012 einen etwas geringeren Anteil an Grünköpfigkeit als die Ausgangssorte, war von dieser aber statistisch nicht signifikant unterscheidbar.

**Tabelle 11 : Mittelwerte des Anteils grünschultriger Karotten (%) in den Versuchsjahren (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander)**

Sorte	2010	2011	2012
Beate	31,1 A	11,2 A	13,6 A
Fanal	37,6 A	-	-
Mö 14 RFE	-	09,7 A	04,4 AB
Fynn	37,0 A	08,7 A	09,1 AB
Maestro F1	26,9 A	01,9 B	00,3 B
Milan	30,6 A	07,7 AB	07,4 AB
Milan S1	-	-	03,1 AB
Rotin	28,7 A	01,1 B	01,3 B

### 3.4.2.11. Durchmesser

Kaum Effekte zeigte die varianzanalytische Verrechnung hinsichtlich des Merkmals Karottendurchmesser. Lediglich im Jahr 2011 wurde ein signifikanter Sorteneinfluss festgestellt, wobei allerdings die gebildeten Gruppen von Mittelwerten sich überlagerten. Hinsichtlich dieses Merkmals können nur minimale Trends festgestellt werden, z.B. erzielte in allen drei Versuchsjahren die Sorte Fynn die geringsten Durchmesser (1,7-2,7 cm), während Mö 14 RFE die höchsten Durchmesser zeigte (2,3-4,6 cm). Leicht ausgeprägt war auch ein Jahreseffekt (2010: 2,7-3,2 cm; 2011: 1,7-2,3 cm; 2012: 2,1-4,6 cm).

### 3.4.2.12. Krautmasse

Das Merkmal Krautmasse wurde nur in den Jahren 2010 und 2011 erhoben. In beiden Jahren zeigte sich ein signifikanter Sorten- und Beregnungseinfluss. Aus den Mittelwerten

der beiden Jahre ergibt sich hinsichtlich Beregnung nur die Schlussfolgerung, dass bei der Variante „Niedrig“ die geringste Krautmasse erzielt wurde. Die Varianten „Kontrolle“ und „Reduziert“ unterschieden sich in einem Jahr nicht, im 2. Jahr kam es zu einem eher unerwarteten Unterschied (Tabelle 12). Hinsichtlich der Sorten kann festgehalten werden, dass die Hybridsorte Maestro F1 in beiden Jahren die höchsten Erträge an Kraut lieferte, während Fynn in beiden Jahren sehr niedrige Werte realisierte.

**Tabelle 12: Mittelwerte der Krautmasse (g) in den beiden Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorten und Beregnung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander)**

Sorte	2010	2011	Bewässerung	2010	2011
Beate	0927,2 AB	1003,3 B	Kontrolle	<b>1317,5</b> A	0862,9 B
Fanal	0992,2 AB	-	Reduziert	1139,7 A	<b>1078,1</b> A
Mö 14 RFE	-	<b>0597,8</b> C	Niedrig	<b>0585,0</b> B	<b>0780,0</b> B
Fynn	<b>0787,8</b> B	0601,7 C			
Maestro F1	<b>1502,2</b> A	<b>1283,3</b> A			
Milan	1026,1 AB	0953,1 B			
Rotin	0848,9 AB	1002,8 B			

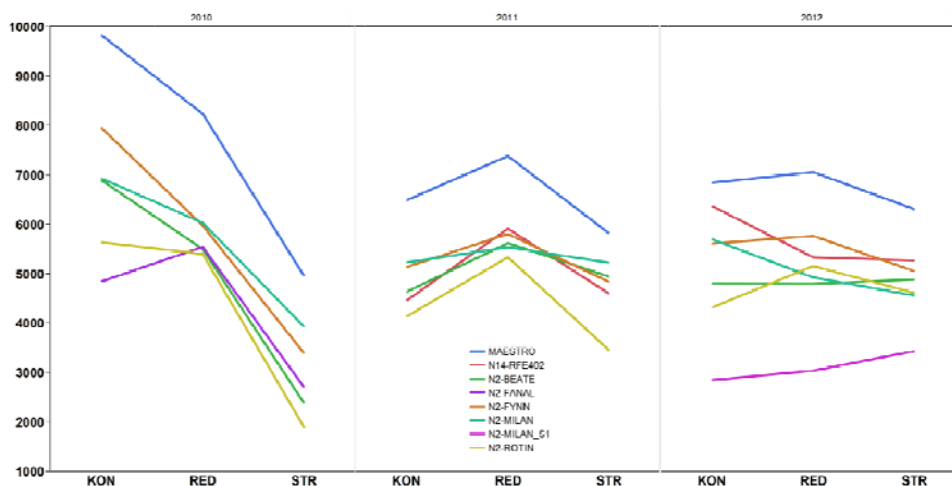
#### **3.4.2.13. Ertrag**

Im Merkmal Karottenertrag konnte eine deutliche Variabilität festgestellt werden und es zeigten sich in allen drei Versuchsjahren statistisch signifikante Sortenunterschiede. In den beiden ersten Versuchsjahren (2010, 2011) waren zudem signifikante Bewässerungseffekte feststellbar. In allen drei Versuchsjahren war die Hybridsorte Maestro F1 am ertragsstärksten und signifikant von den übrigen Sorten verschieden (Tabelle 13, Abbildung 26). Lediglich im Jahr 2010 zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zu Milan, Fynn und Beate, auch wenn die absoluten Unterschiede zu diesen Sorten etwa 2000-2700 g·m<sup>-1</sup> betragen. Hinsichtlich Bewässerung lieferte die extrem reduzierte Variante in allen drei Jahren die niedrigsten Erträge, 2012 unterschieden sich die Beregnungsvarianten allerdings statistisch nicht voneinander, während 2011 durch reduzierte Beregnung signifikant höhere Erträge wie in der Kontrollvariante erzielt wurden.

Die Selektion aus Milan zeigte 2012 die signifikant niedrigsten Erträge und lag beinahe 2000 g·m<sup>-1</sup> unter der Ausgangssorte.

**Tabelle 13: Mittelwerte des Karottenertrages ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ ) in den drei Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander)**

Sorte	2010	2011	2012
Beate	4926,7 AB	5065,9 BC	4824,9 B
Fanal	4362,8 B	-	-
Mö 14 RFE	-	4988,9 BC	5660,0 B
Fynn	5776,1 AB	5258,9 BC	5477,2 B
Maestro F1	<b>7677,8 A</b>	<b>6562,8 A</b>	<b>6736,1 A</b>
Milan	5631,1 AB	5330,3 B	5063,3 B
Milan S1	-	-	<b>3107,3 C</b>
Rotin	<b>4311,1 B</b>	<b>4306,1 C</b>	4695,1 B
Bewässerung			
Kontrolle	<b>7019,2 A</b>	5012,9 B	<b>5212,2 A</b>
Reduziert	6116,4 A	<b>5934,6 A</b>	5154,3 A
Niedrig	<b>3207,2 B</b>	<b>4808,9 B</b>	<b>4875,2 A</b>



**Abbildung 26: Ertrag (Mittelwerte) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.**

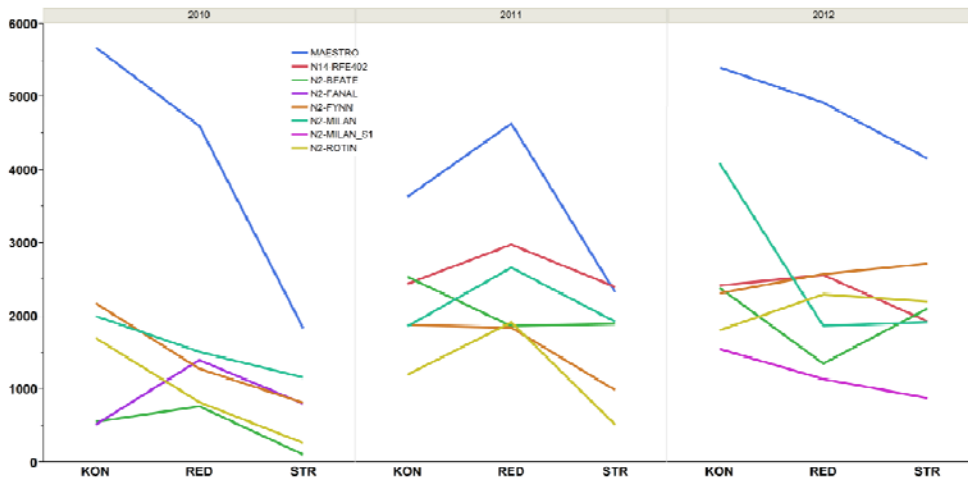
#### 3.4.2.14. Marktfähiger Karottenertrag

Der Marktfähige Karottenertrag ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ ) war in allen drei Versuchsjahren stark von Sorten und Beregnungseffekten geprägt, im Jahr 2012 war auch die Wechselwirkung zwischen den beiden Hauptfaktoren signifikant. Relativ stabile Erträge über die drei Jahre lieferte die Hybridsorte Maestro F1, während die Populationsorten deutlich niedrigere Erträge im Jahr 2010 zeigten. Wie beim Gesamtertrag war hinsichtlich der Beregnung die Stufe „niedrig“ jene mit dem geringsten Anteil an marktfähiger Ware.

Zu bedenken gibt auch, dass die Selektion S1 aus Milan signifikant schlechter war als die Ausgangssorte (Tabelle 14, Abbildung 27).

**Tabelle 14: Mittelwerte des Marktfähigen Karottenertrages (g·m<sup>-1</sup>) in den drei Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P > 0.05$ ) voneinander)**

Sorte	2010	2011	2012
Beate	0475,6 B	2099,4 BC	1948,1 BC
Fanal	0906,7 B	-	-
Mö 14 RFE	-	2608,9 AB	2306,2 B
Fynn	1425,0 B	1570,6 C	2536,9 B
Maestro F1	4039,4 A	3533,3 A	4827,2 A
Milan	1558,9 B	2151,7 BC	2626,7 B
Milan S1	-	-	1191,3 C
Rotin	0930,6 B	1211,7 C	2102,9 BC
<b>Bewässerung</b>			
Kontrolle	2104,7 A	2260,3 AB	2855,0 A
Reduziert	1731,3 A	2651,1 A	2388,6 AB
Niedrig	0831,9 B	1676,4 B	2273,3 B



**Abbildung 27: Marktfähiger Ertrag (Mittelwerte) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.**

### 3.4.3. Qualitätsmerkmale

Die folgenden Untersuchungen wurden an der Universität für Bodenkultur, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Gartenbau durchgeführt.

#### 3.4.3.1. Lösliche Trockensubstanz/Brix

Die varianzanalytische Verrechnung des löslichen Trockensubstanzgehaltes brachte mit Ausnahme des Effektes Beregnung im Jahr 2010 nur signifikante Haupteffekte und Wechselwirkungen. Die Reaktion der verschiedenen Sorten auf die verschiedenen Bewässerungsvarianten war somit verschieden (Abbildung 28). In den einzelnen Jahr×Beregnungs-Kombinationen ergaben sich mit Ausnahme von 2010×Niedrig signifikante Unterschiede zwischen den Sorten, allerdings überlagerten z.T. die Mittelwertsgruppen. Es kann aber festgehalten werden, dass die Hybridsorte Maestro F1 sehr stabile Gehalte zeigte, Fynn über beinahe alle Umwelten niedrige Gehalte zeigte, während die Reselektion S1 von Milan die höchsten Werte zeigte und sich in der Kombination 2012×Kontrolle auch signifikant von der Ausgangssorte unterschied.

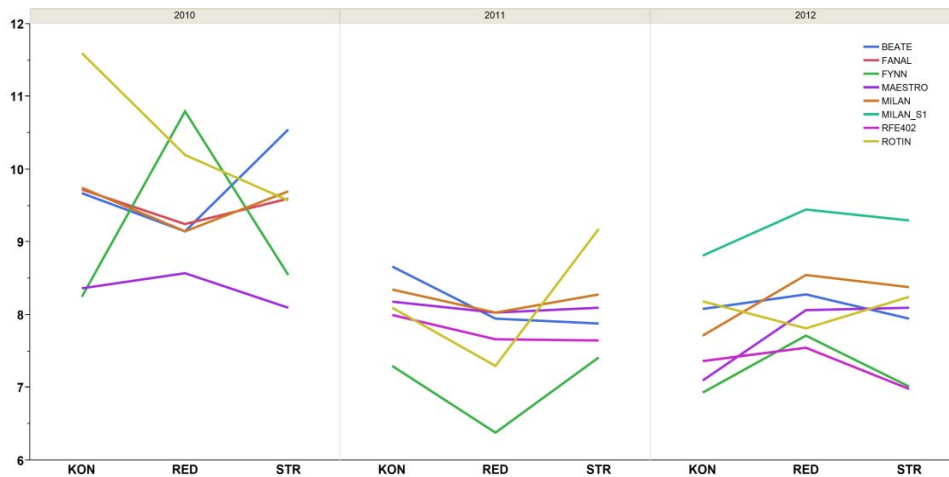
**Tabelle 15: Mittelwerte des Gehaltes löslicher Trockensubstanz (° Brix) in den drei Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander; Bewässerung KON: Kontrolle; RED, reduziert; STR, stark reduziert)**

Sorte	2010			2011		
	KON	RED	STR	KON	RED	STR
Beate	09,7 B	09,2 AB	<b>10,6 A</b>	<b>8,7 A</b>	8,0 A	7,9 B
Fanal	09,7 B	09,3 AB	09,6 A	-	-	-
Mö RFE 14	-	-	-	8,0 AB	7,7 A	7,7 B
Fynn	<b>08,3 C</b>	<b>10,8 A</b>	08,6 A	<b>7,3 B</b>	<b>6,4 B</b>	<b>7,4 B</b>
Maestro F1	08,4 C	<b>08,6 B</b>	<b>08,1 A</b>	8,2 AB	<b>8,0 A</b>	8,1 B
Milan	09,8 B	09,2 AB	09,7 A	8,4 AB	<b>8,0 A</b>	8,3 AB
Milan S1	-	-	-	-	-	-
Rotin	<b>11,6 A</b>	10,2 AB	09,6 A	8,1 AB	7,3 AB	<b>9,2 A</b>

Sorte	2012		
	KON	RED	STR
Beate	8,1 ABC	8,3 BC	8,0 BC
Fanal	-	-	
Mö RFE 14	7,3 CDE	<b>7,6 C</b>	<b>7,0 D</b>
Fynn	<b>6,9 E</b>	7,7 BC	7,0 CD
Maestro F1	7,1 DE	8,1 BC	8,1 B
Milan	7,7 BCD	8,6 AB	8,4 AB
Milan S1	<b>8,8 A</b>	<b>9,5 A</b>	<b>9,3 A</b>
Rotin	8,1 AB	7,8 BC	8,3 B

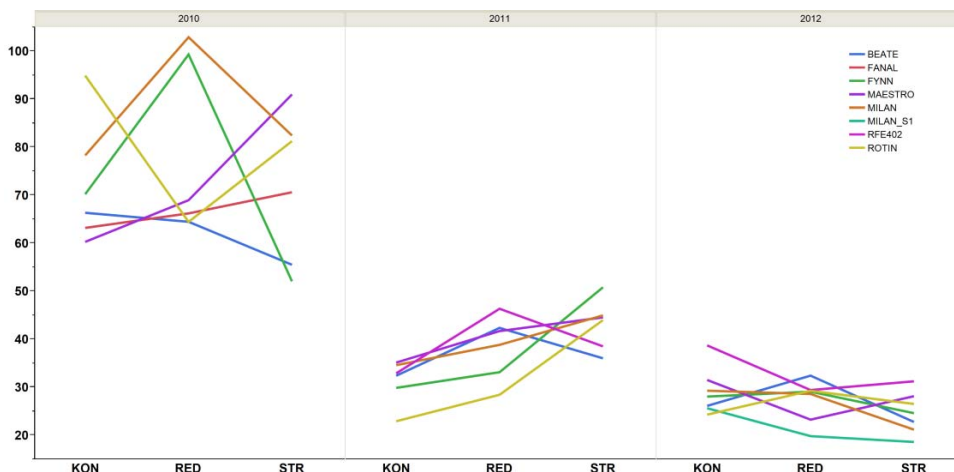




**Abbildung 28: Löslicher Trockensubstanzgehalt (Mittelwerte; °Brix) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.**

### 3.4.3.2. Redoxpotential

Für das Redoxpotential wurden signifikante Jahreseffekte sichtbar: Proben aus dem Jahr 2010 hatten deutlich höhere Werte geliefert als in den beiden anderen Versuchsjahren (Abbildung 29). Ansonsten brachte die Varianzanalyse keine eindeutigen Ergebnisse: Sorteneffekte waren hochsignifikant in den Jahren 2010 und 2012, jedoch nicht in 2011; Berechnungseffekte waren nur 2011 und 2012 signifikant, während die Wechselwirkung in den Jahren 2010 und 2012 signifikant war; besonders ausgeprägt war die Wechselwirkung im Jahr 2010. Auf Grund des starken Einflusses des Jahres und der starken Wechselwirkungen ist eine eindeutige Aussage hinsichtlich Sorten und Berechnung nicht möglich. So lieferte z.B. im Jahr 2011 die Berechnungsstufe Kontrolle signifikant niedrigere Werte als „Reduziert“ und „Niedrig“, während 2012 diese Variante die höchsten Werte hervorbrachte.



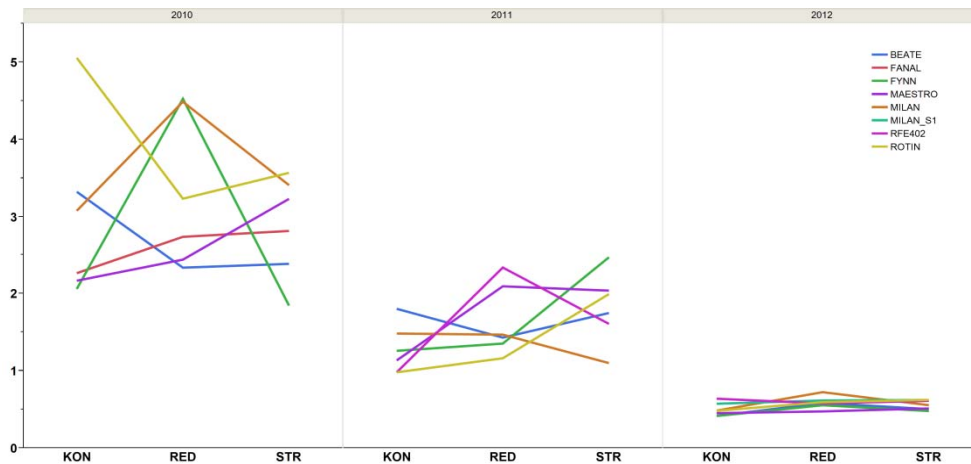
**Abbildung 29: Redoxpotential (Mittelwerte; mV) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.**

**Tabelle 16: Mittelwerte des Redoxpotentials (mV) in den Versuchsjahren 2010 und 2012 in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander; Bewässerung KON: Kontrolle; RED, reduziert; STR, stark reduziert)**

Sorte	2010			2012		
	KON	RED	STR	KON	RED	STR
Beate	66,4 AB	064,5 B	55,6 A	26,2 B	<b>32,5 A</b>	22,8 ABC
Fanal	63,2 B	066,3 B	70,7 A	-	-	-
Mö 14 RFE	-	-	-	<b>38,8 A</b>	29,5 A	<b>31,3 A</b>
Fynn	70,3 AB	099,4 A	52,1 A	28,1 AB	29,1 A	24,6 ABC
Maestro F1	<b>60,3 B</b>	069,0 B	<b>91,0 A</b>	31,2 AB	23,2 A	28,2 AB
Milan	78,3 AB	<b>103,0 A</b>	82,5 A	29,3 AB	28,6 A	21,2 BC
Milan S1	-	-	-	25,7 B	<b>19,9 A</b>	<b>18,6 C</b>
Rotin	<b>95,0 A</b>	<b>64,5 B</b>	81,3 A	24,3 B	29,3 A	26,6 ABC

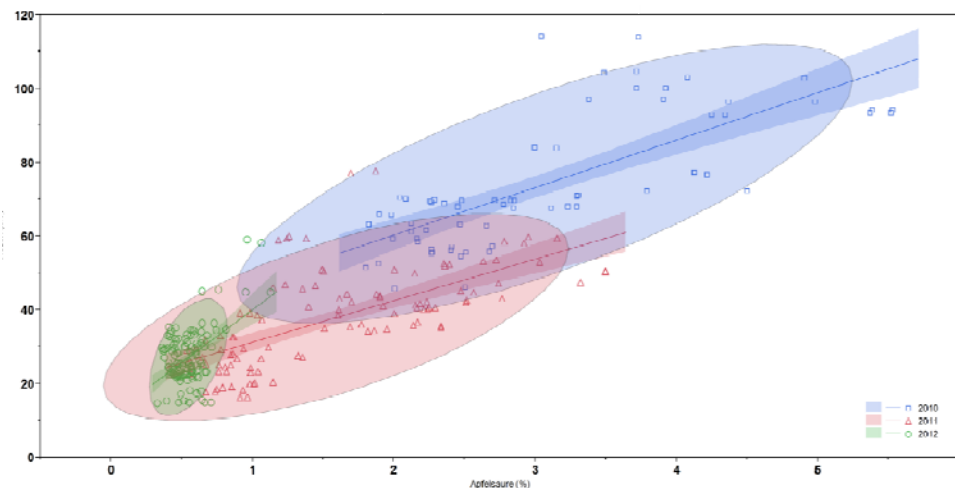
### 3.4.3.3. Äpfelsäure

Auch die Verrechnung des Merkmals Apfelsäuregehalt brachte über die Jahre betrachtet widersprüchliche Ergebnisse: 2010 gab es signifikante Sorteneffekte und Wechselwirkung, 2011 waren Beregnung und Wechselwirkung signifikant und 2012 waren nur die beiden Hauptfaktoren signifikant. Über die Jahre betrachtet prägen die Wechselwirkungen das Bild (Abbildung 30) und es sind ähnliche Unterschiede zwischen den Jahren zu beobachten wie beim Redoxpotential.



**Abbildung 30: Gehalt an Apfelsäure (Mittelwerte; %) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.**

Zwischen Apfelsäuregehalt und Redoxpotential besteht ein Zusammenhang, der sich über alle drei Jahre betrachtet in einer hochsignifikanten Korrelation äußert ( $r=0,88$ ). Aufgrund der geringen Variationsbreite im Jahr 2012 ist diese Korrelation in diesem Jahr etwas schwächer ausgeprägt (Abbildung 31).



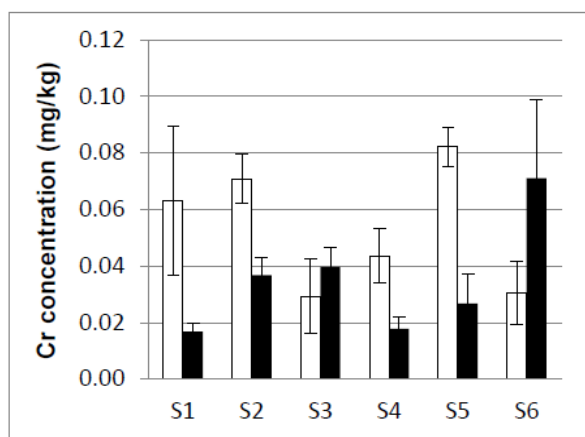
**Abbildung 31: Beziehung zwischen dem Gehalt an Apfelsäure und dem Redoxpotential in Abhängigkeit vom Versuchsjahr.**

### 3.2. Aufnahme von Schwermetallen – Ergebnisse aus 2010, 2011

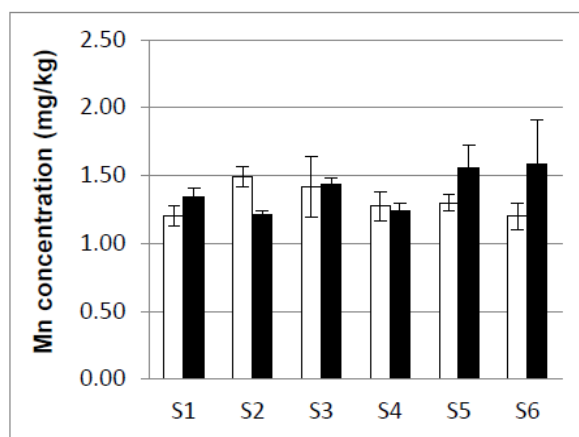
Im Frühjahr 2011 übernahm die Studentin Amal Aryan neben der Erhebung der Schwermetall-Aufnahme durch Zwiebel, Erdäpfel, Karotte auch die Untersuchung von Karottenproben im Rahmen des gegenständlichen Projektes. Mit Februar 2013 konnte sie ihre Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur abschließen.

Die Originalarbeit ist beigefügt.

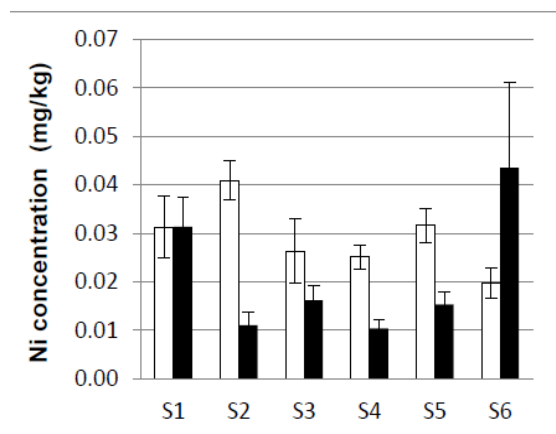
Titel der Arbeit: **Influence of soil properties on the accumulation of heavy metals in crops used for baby food production**, Diplomarbeit von Amal Aryan am Institut für Bodenforschung und an der Abteilung für Gartenbau der Universität für Bodenkultur-Wien. Betreut wurde sie durch Herrn Priv.Doz. Markus Puschenreiter, sowie Herrn Ass.Prof. Dr. Johannes Balas und Frau Dr. Rita Kappert.



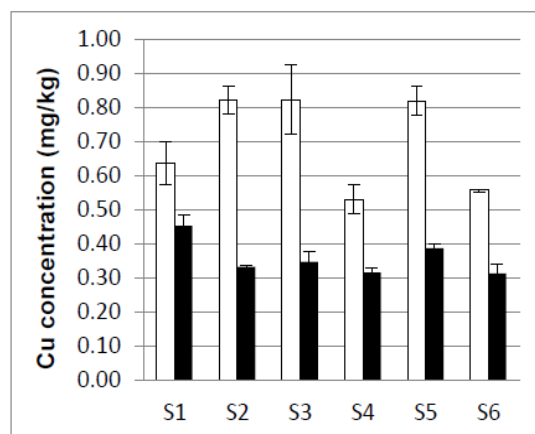
A



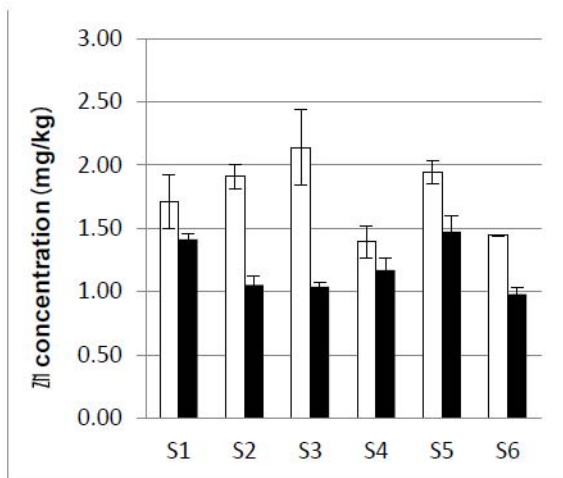
B



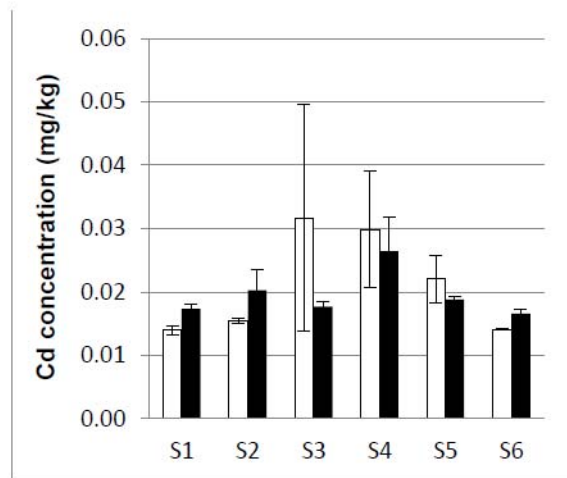
C



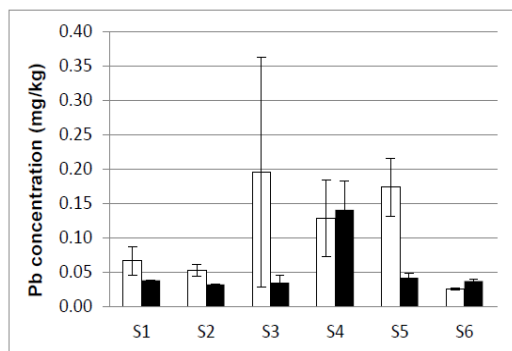
D



E



F



G

**Abbildung 32: A-G Mittelwert und Standardfehler der Schwermetallkonzentration (mg/kg) in verschiedenen Karotten-Sorten (S1-S6) über 2 Jahre (2010 in schwarz, 2011 in weißen Balken) am Standort Marchfeld (Orig.Abb. 5.2.1., S. 37-39)**

Die wichtigsten Ergebnisse werden hier kurz zusammengefasst.

Die Untersuchung der beiden Anbaustandorte auf dem Schlag „An der Bahn“ ergab, dass er bei einem pH-Wert von 7,7 nicht nur alkalisch ist, sondern auch ein hohes Pufferungsvermögen für Schwermetalle aufweist. Die Boden-Gehalte liegen alle unterhalb der Grenzwerte der ÖNORM L 1075.

### 1) Chrom Aufnahme (mg/kg):

- In 2010: S6 zeigt das Maximum und S1 und S4 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S5 zeigt das Maximum und S3 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler

## **2) Mangan-Aufnahme (mg/kg):**

- In 2010: S5 und S6 zeigen das Maximum und S2 und S4 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S2 und S3 zeigen das Maximum und S1, S4, S5 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler

## **3) Nickel-Aufnahme (mg/kg):**

- In 2010: S6 zeigt das Maximum und S2 und S4 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S2 zeigt das Maximum und S6 zeigt das Minimum im Mittelwert und Standardfehler

## **4) Kupfer-Aufnahme (mg/kg):**

- In 2010: S1 zeigt das Maximum und S4 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S2, S3 und S5 zeigen das Maximum und S4 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler

## **5) Zink-Aufnahme (mg/kg):**

- In 2010: S5 zeigt das Maximum und S2, S3 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S3 zeigt das Maximum und S4 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler

## **6) Cadmium-Aufnahme (mg/kg):**

- In 2010: S4 zeigt das Maximum und S1, S3 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S3 zeigt das Maximum und S1 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler

## **7) Blei-Aufnahme (mg/kg):**

- In 2010: S4 zeigt das Maximum und S1, S2, S3, S5 und S6 zeigen das Minimum im Mittelwert und Standardfehler
- In 2011: S3 zeigt das Maximum und S6 zeigt das Minimum im Mittelwert und Standardfehler.

Die zusammenfassende Begutachtung der Ergebnisse führte zu folgenden Empfehlungen hinsichtlich der Schwermetallaufnahme der Sorten und unter dem Gesichtspunkt der Erzielung möglichst geringer Gehalte:

### **Empfehlenswerte Sorten** (vgl. Aryan 2012, S. 41f.)

#### **S6 (Beate): Empfehlenswert**

- In 2010: Obwohl sie maximale Aufnahme von Chrom, Mangan und Nickel zeigt, nimmt sie bei den anderen untersuchten Schwermetallen nur minimal auf.
- In 2011: Die Sorte zeigt minimale Aufnahme bei allen untersuchten Schwermetallen.

#### **S4 (Fynn): Empfehlenswert**

- In 2010: Sie zeigt maximale Aufnahme von Cadmium und Blei, ein Minimum an Chrom, Mangan, Nickel und Kupfer.
- In 2011: Sie zeigt ein Minimum an Mangan, Kupfer und Zink-Aufnahme.

#### **S1 (Maestro): Empfehlenswert**

- In 2010: Sie zeigt minimale Aufnahme von Kupfer und minimale Aufnahme von Chrom, Cadmium und Blei.
- In 2011: Sie zeigt minimale Aufnahme von Mangan und Cadmium.

### **Weniger empfehlenswerte Sorten**

#### **S5 (Rotin): weniger empfehlenswert**

- In 2010: Sie zeigt eine maximale Aufnahme von Mangan und Zink (nutritive Schwermetalle), aber ein Minimum an Blei.
- In 2011: Sie nimmt maximal Chrom auf und ein Minimum an Mangan.

**S3 (Fanal / Nantaise 2 H. Mö 14 RFE 402):** weniger empfehlenswert

- In 2010: Sie zeigt eine minimale Aufnahme von Zink, Cadmium und Blei.

- In 2011: Sie zeigt eine maximale Aufnahme von Mangan, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei und ein Minimum an Chrom.

**S2 (Milan):** weniger empfehlenswert

- In 2010: Sie zeigt minimale Aufnahme von Mangan, Nickel, Zink und Blei.

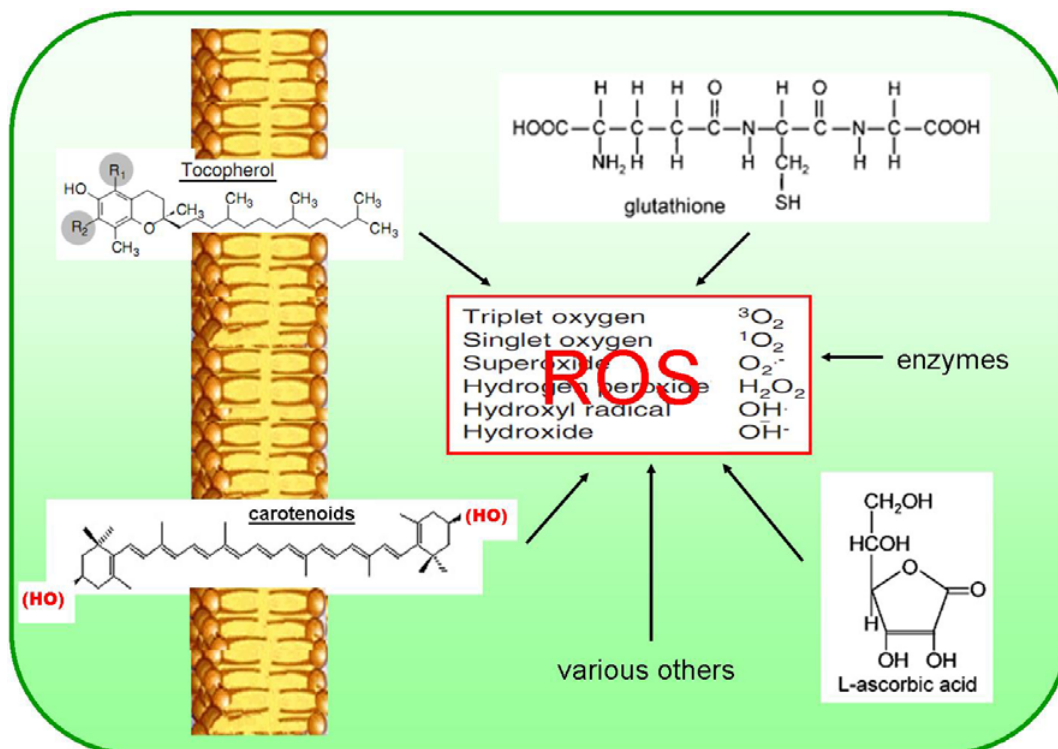
- In 2011: Sie zeigt maximale Aufnahme von Mangan, Nickel, Zink und Kupfer.

Als Konsequenz dieser Ergebnisse (ausführlicher in der Arbeit dargestellt) empfiehlt die Autorin den Anbau der Karottensorten S 6, S 4 und S 1 (vgl. S. 42).

### 3.5. Ergebnisse und Diskussion der physiologisch-analytischen Parameter

Die analytischen Untersuchungen wurden am Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Graz in der Arbeitsgruppe Stress- und Zellbiologie durchgeführt. Mitarbeiterinnen an diesem Projekt: M. Müller, B. Bammer, V. Wolkinger, K. Remele, H. W. Pfeifhofer.

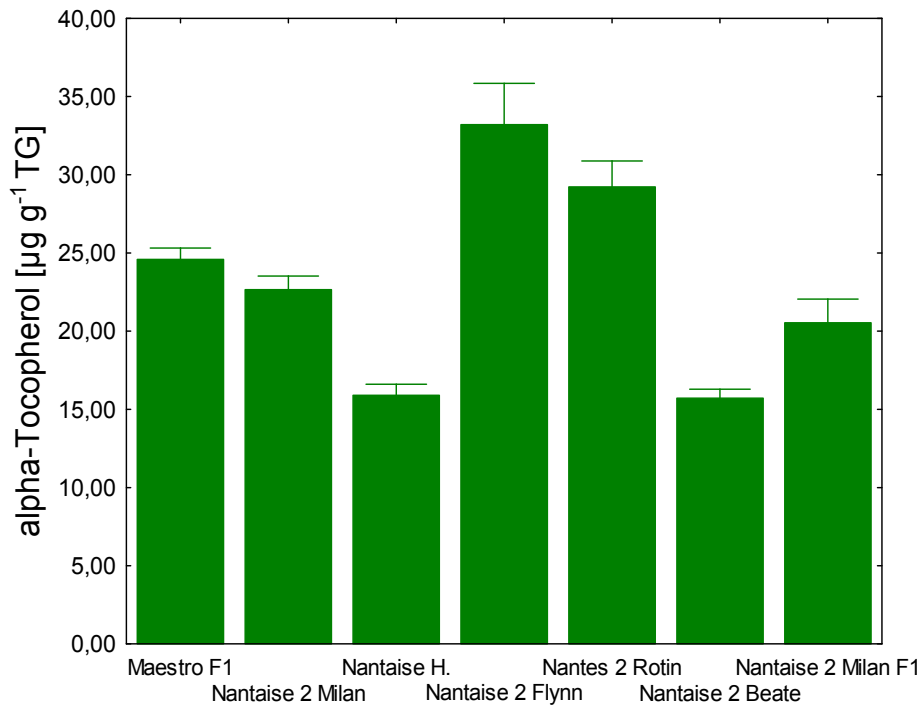
Für die physiologischen Untersuchungen wurden die Parameter gewählt, die als Stressindikatoren gelten, wie auch als Anzeiger des physiologischen Gesamtzustandes. Im Allgemeinen kann festgestellt werden, dass die Hauptkomponenten (unabhängig vom Stress) der nicht-enzymatisch wirkenden Antioxidantien in fast allen Pflanzen Carotinoide, Tocopherol, Ascorbinsäure und Glutathion sind (cf. Noctor & Foyer 1998). Das Zusammenwirken dieser Parameter wird in Abb. 33 zusammenfassend dargestellt.



**Abbildung 33: Schema einer Pflanzenzelle, die die wesentlichen Komponenten aufzeigt, die im pflanzlichen Abwehrsystem in der Detoxifizierung von reaktiven Sauerstoffspezies eine Rolle spielen, wobei Tocopherole und Carotinoide (lipidlöslich) membrangebunden sind.**

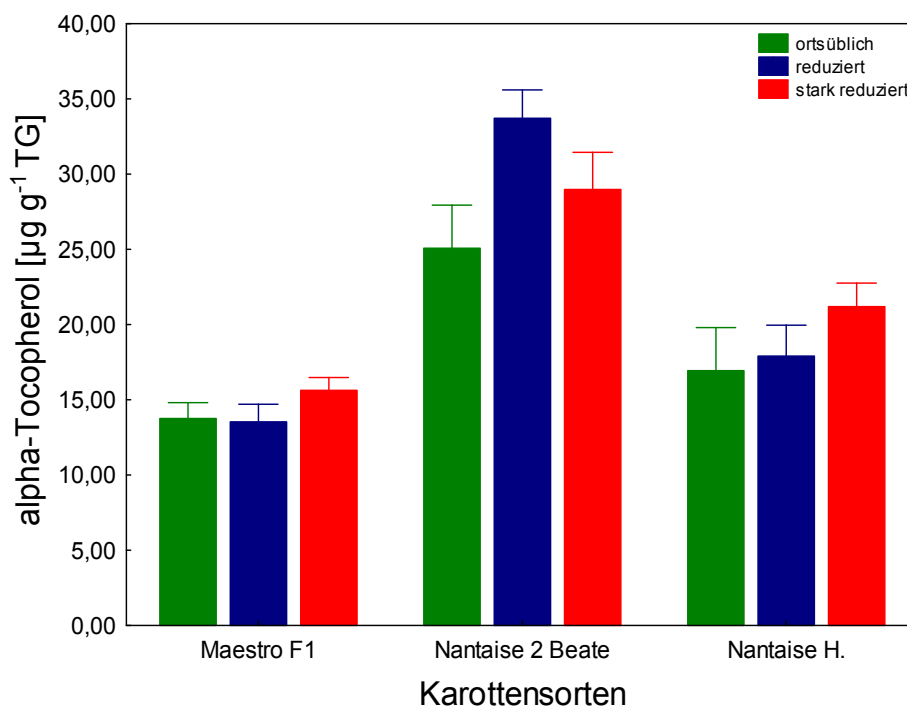
Für die hier durchgeführten Untersuchungen ist vorauszuschicken, dass zwischen den drei Versuchsvarianten (ortsüblich, reduzierte Bewässerung, stark reduzierte Bewässerung) bei den meisten Parametern keine signifikanten Unterschiede in der Untersuchung der einzelnen Parameter gefunden werden konnten, wohl jedoch zwischen den einzelnen Sorten (als Beispiel die Daten von Untersuchungen von α-Tocopherol 2012 – Abb. 34).



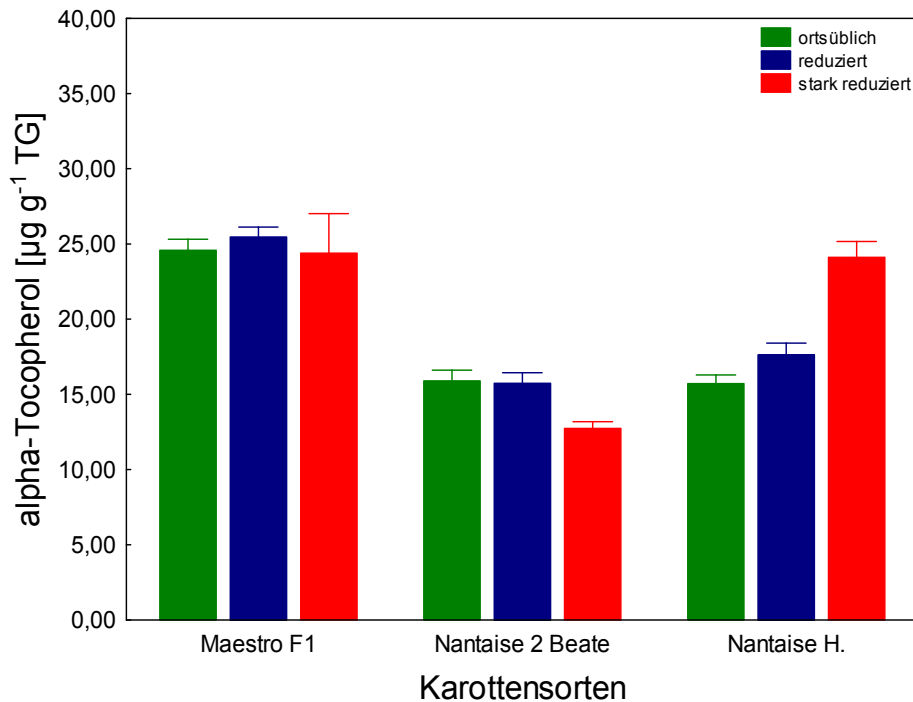


**Abbildung 34: α-Tocopherol-Werte 2012 aller geernteten Karottensorten der ortsüblich gegessenen Varianten; n≥15. (Nantaise H = Mö 14 RFE)**

Zwischen den drei Wiederholungen einer Variante waren die Unterschiede teilweise größer als zwischen den Varianten. Die Unterschiede zwischen den Jahren waren von der jeweiligen Karottensorte abhängig. So zeigte Maestro F1 im Jahr 2011 (Abb. 35) die niedrigsten α-Tocopherol-Werte mit ca. 15 µg g<sup>-1</sup> Trockengewicht (TG) und im Jahr 2012 mit 25 µg g<sup>-1</sup> TG die höchsten Werte in allen Bewässerungsvarianten (Abb. 36).



**Abbildung 35: α-Tocopherol-Werte 2011 von drei ausgewählten Karottensorten der unterschiedlich gegessenen Varianten; n≥10. (Nantaise H = Mö 14 RFE)**



**Abbildung 36:  $\alpha$ -Tocopherol-Werte 2012 von drei ausgewählten Karottensorten der unterschiedlich gegossenen Varianten;  $n \geq 15$  (Nantaise H = Mö 14 RFE).**

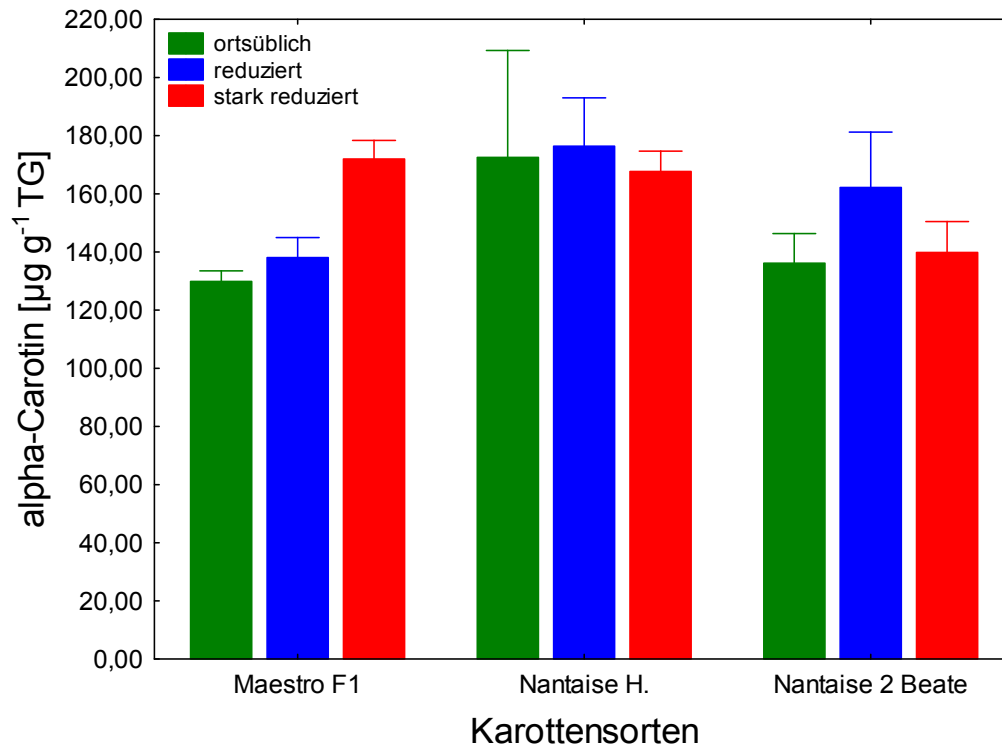
Die Sorte Mö 14 RFE zeigte in beiden Jahren ähnliche Werte (und gleichen Kurvenverlauf) und bei Beate waren die Werte im Jahr 2011 am höchsten von allen untersuchten Proben, wobei die reduziert gegossene Variante sich signifikant von der ortsüblich gewässerten Variante unterschied (Abb.34, Abb. 35).

Insgesamt müssen die Tocopherol-Werte als äußerst niedrig betrachtet werden und sie können deshalb als Zeiger für Einflüsse - bedingt durch die Bewässerungsvarianten und oder Umwelteinflüsse bzw. durch das unterschiedliche Pflanzenmaterial angewendet werden.

Tocopherole sind Antioxidantien, es existieren unterschiedliche Tocopherolformen  $\alpha$ ,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ - Tocopherol, wobei das  $\alpha$ -Tocopherol die größte Vitamin E-Aktivität aufweist. Nur Pflanzen und andere photosynthetische Organismen sind fähig, Tocopherol zu synthetisieren (Falk & Munné-Bosch 2010). Vitamin E ist ein Reduktionsmittel, das die Zellmembranen vor oxidativer Zerstörung schützt (Vollhardt & Shore 2005).  $\alpha$ -Tocopherol kann Singulett-Sauerstoff ( $^1O_2$ ) sowohl physikalisch quenchen und somit inaktivieren, als auch chemisch „entgiften“, indem es  $^1O_2$  in den Triplettzustand ( $^3O_2$ ) überführt und dabei selbst zu einem  $\alpha$ -Tocopherolchinon oxidiert wird.

In den hier untersuchten Karottensorten konnten folgende Carotinoide getrennt werden:  $\alpha$ -Carotin (Abb. 37),  $\beta$ -Carotin (Abb. 39) und Lutein (Abb. 38). Die Carotinoide aus der Karotte sind auch Antioxidantien, die das Risiko im Zusammenhang mit chronischen Krankheiten (z. B. cardiovaskuläre Erkrankungen, Krebs usw.) senken (Krinsky & Yeum 2003, Paolini & al. 2003, Stahl & Sies 2003).

Bei den  $\alpha$ -Carotin-Untersuchungen konnten zwischen den Karottensorten Unterschiede beobachtet werden, bei den Bewässerungsvarianten waren nur bei der stark reduzierten Variante von Maestro F1 signifikante Unterschiede zu den beiden anderen Varianten zu beobachten (Abb. 37).



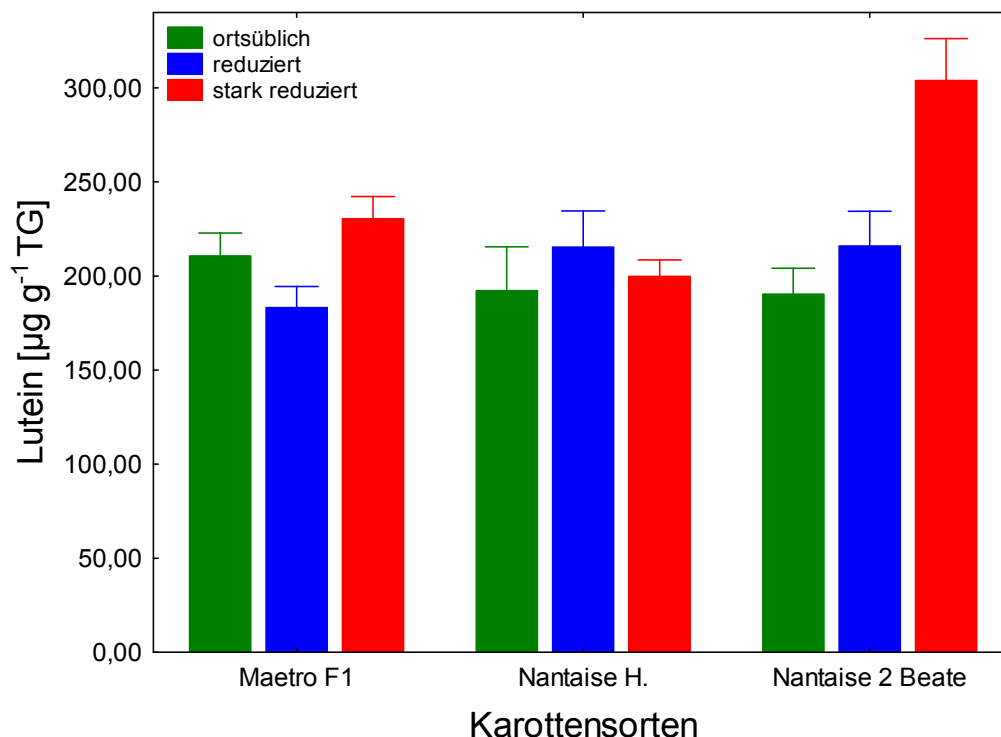
**Abbildung 37:  $\alpha$ -Carotin-Untersuchungen dreier ausgewählter Karottensorten aus 2012 aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen;  $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE)**

Auch bei den  $\beta$ -Carotin-Werten konnten Unterschiede in den Daten nur zwischen den Sorten herausgelesen werden und nur bei Maestro F1 waren die Werte auch wieder bei der stark reduzierten Bewässerungsvariante signifikant höher als bei den beiden anderen Varianten.

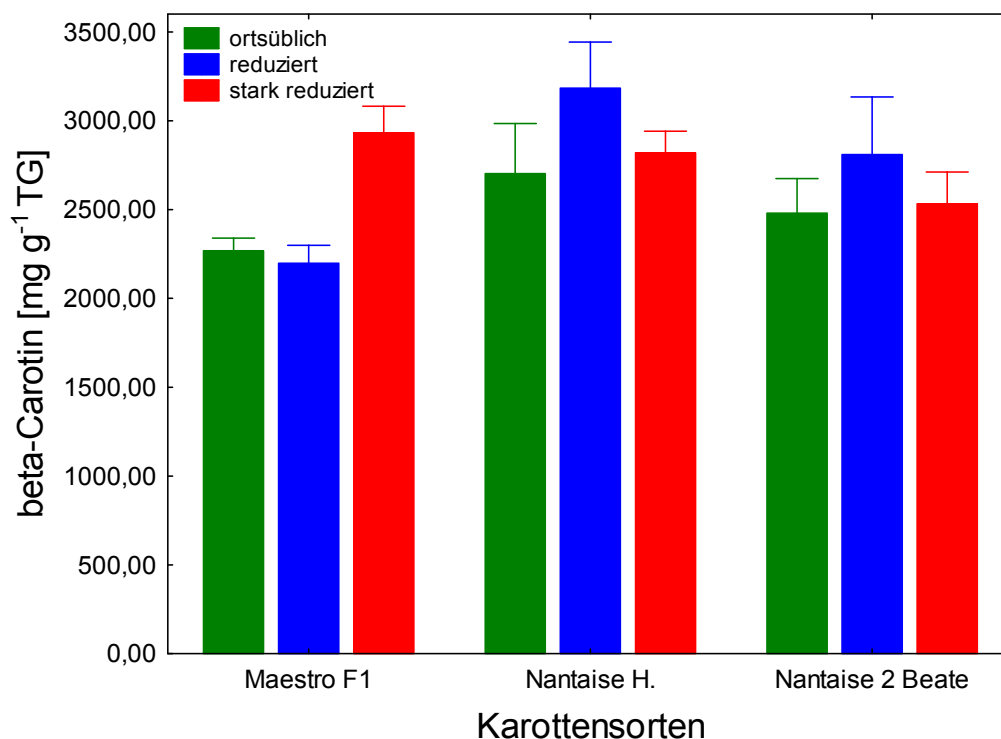
Alle anderen Karottensorten zeigten zwischen den Varianten keine signifikant höheren Werte. Trendmäßig liegen bei Mö 14 RFE und Beate die Messwerte der reduzierten Variante am höchsten.

Insgesamt liegen die  $\beta$ -Carotin-Daten zwischen 2300 und 3000  $\mu\text{g g}^{-1}$  Trockengewicht (Abb.39).  $\beta$ -Carotin wird in der täglichen Ernährung dringend benötigt, da es als Provitamin A fungiert (Rao & Rao 2007, Grune & al. 2010), aber auch die anderen Carotinoide schützen in Stresssituationen, wie z. B. das Lutein, welches gegen alterungsbedingte Makulardegeneration schützt (Mozaffarieh & al. 2003, El-Agamey al. 2004).

Die Lutein-Untersuchungen zeigen Werte zwischen 200 und 300  $\mu\text{g g}^{-1}$  Trockengewicht und einen etwas anderen Trend; die höchsten Werte finden sich in der Karottensorte Beate bei der stark reduzierten Variante (Abb. 38).

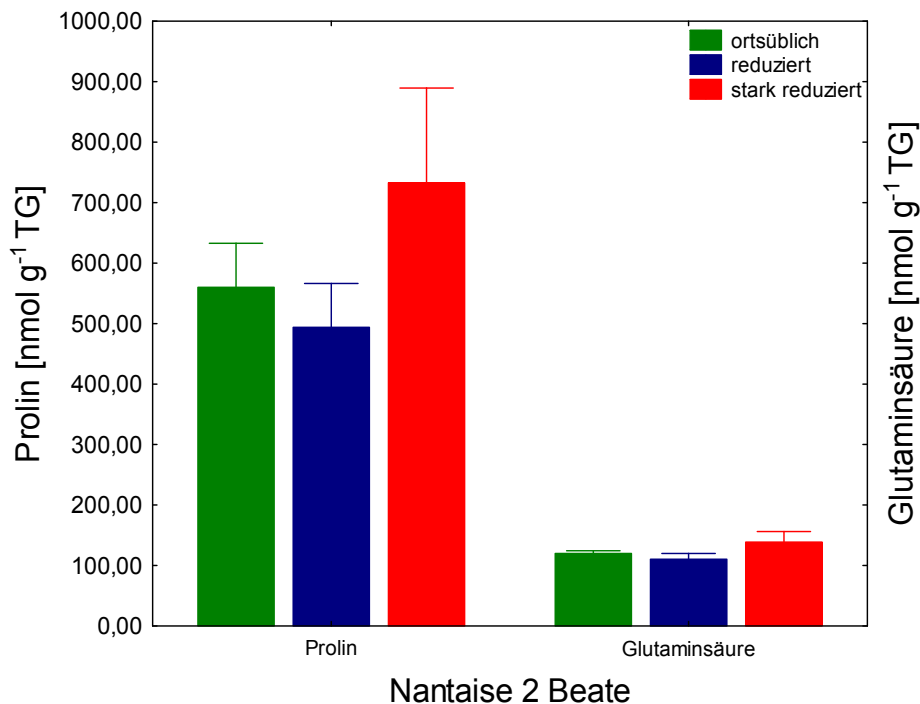


**Abbildung 38: Lutein-Untersuchungen dreier ausgewählter Karottensorten aus 2012 aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen;  $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE)**



**Abbildung 39:  $\beta$ -Carotin-Untersuchungen dreier ausgewählter Karottensorten aus 2012 aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen;  $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE)**

Bei den Untersuchungen von Prolin und Glutaminsäure konnten zwischen den Varianten nur trendmäßig Unterschiede beobachtet werden, die aber statistisch nicht signifikant waren (als Beispiel die Daten von Beate aus 2011, Abb. 40).



**Abbildung 40: Prolin- und Glutaminsäurewerte aus 2011 der Sorte Beate aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen;  $n \geq 10$ .**

Eine vermehrte Prolin-Biosynthese ist hauptsächlich auf Salz- und/oder Wasser-stress zurückzuführen (c.f. Sarker & al. 2005; Li & al. 2010; Wang & al. 2007). Osmotischer Stress lässt das Wasserpotential und folglich den Turgordruck in den Blattzellen sinken. Ein verringerter Turgor führt zu welkenden Blättern, die eine Abnahme der Photosyntheserate bewirken, da welkende Blätter Licht schlechter absorbieren können (c.f. Sarker & al. 2005). Die proteinogene Aminosäure Prolin wirkt bei verringerter Wasserverfügbarkeit als Osmolyt Stabilisator von Makromolekülen und als wichtige Zellwandkomponente. Bei osmotischem Stress wirkt freies Prolin als Osmolyt und eingebaut in Strukturproteine von Zellwänden erhöht es die Osmotoleranz. Der genaue molekulare Mechanismus der Prolin induzierten Stressantwort kann aber immer noch nicht eindeutig geklärt werden (Nanjo & al. 1999; Matysik & al. 2002).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die kleinräumigen Bodenverhältnisse und/oder die klimatischen Einflüsse einen großen Einfluss auf die physiologischen Parameter der einzelnen Versuchsvarianten haben. Der Haupteinfluss ist auf die Sorte zurückzuführen zu sein. Die Sorten unterscheiden sich z.T. signifikant, während die Bewässerung nur in Einzelfällen einen mehr oder weniger großen Einfluss zu haben scheint. Um genauere Aussagen bezüglich der Inhaltsstoffe treffen zu können, müssen intensive weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden.

## 4. Zusammenfassung und Diskussion

Insgesamt 6 Karottensorten (*Carota daucus*) wurden über 3 Jahre angebaut. Der Anbau erfolgte wie ortsüblich zweireihig auf Dämmen, von denen die ersten 3 m Länge geerntet wurden. Der Anbau erfolgte in drei Wiederholungen pro Sorte sowie in drei Bewässerungsvarianten; einer ortsüblichen (Kontrolle o. Nullvariante KON), einer um reduzierten Varianten (RED) und einer weiteren stark reduzierten Variante (STR). Der Feldversuch wurde bewusst als praxisnaher Freilandversuch angelegt.

Ziel des Projektes war die Evaluierung von 5 offen abblühenden Karottensorten unter Einbeziehung einer 6. Sorte (Maestro F1), der führenden Karotten-Hybridsorte im Marchfeld. Diese ist die Kontrollvariante aufgrund ihrer starken Ertragsleistung. Es wurden folgende Eigenschaften der Sorten untersucht und bewertet:

- Trockenstresstoleranz
- Pflanzenbauliche Parameter: Ertrag marktfähiger Ware, Pflanzen- und Wurzelgesundheit, Homogenität
- innere Qualität: Inhaltsstoffe und Sensorik

In den Berechnungen für die Zwischenberichte ergaben sich im einfaktoriellen Vergleich der Sorten signifikante bis hochsignifikante Unterschiede in den pflanzenbaulichen Parametern zwischen den Sorten, wobei die besondere Stellung der Hybridsorte auffällt, welche jedoch nicht in allen erhobenen Parametern konsistent ist.

### 4.1. Wasser /Bewässerung

Die Bewertung der klimatischen Bedingungen sowie der Bewässerungsführung ergaben – trotz teilweise fehlender Daten -, dass alle drei Varianten theoretische Ertragseinbußen erlitten haben (nach CROPWAT und FAO-Tabellen). Die Ertragseinbußen sind in unterschiedlicher Höhe und von Jahr zu Jahr divergierend. In allem konnten dem Plan der Bewässerungsreduktion nachvollziehbare Ertrags-Ergebnisse erzielt werden.

Über die drei Versuchsjahre korrelieren einige pflanzenbauliche Parameter in hohem Maße mit der Reduktion der Wassermenge in den Bewässerungsregimen.

Festzuhalten ist, dass es zu keinem Zeitpunkt zu einem echten Trockenstress gekommen ist. Variante 3 (STR) lieferte erwartungsgemäß in den verschiedenen pflanzenbaulichen und physiologischen Parametern die überwiegend schwächsten Ergebnisse, sodass eine Reduktion gegenüber der Kontrollvariante zu deutlichen Ertragseinbußen und minderer Qualität führt. Die Variante 2 (RED) wurde mit 30% unterhalb der Kontrollvariante angelegt; die Ergebnisse zeigen, dass dies insbesondere in Jahren mit höheren Niederschlägen eine Ressourcen schonende Variante darstellt. In ihr wurden in fast allen Parametern ähnliche Ergebnisse gefunden, wie in der Kontrollgruppe. Darüber hinaus waren sortenspezifische Unterschiede (teils kombiniert mit Wassereinfluss) im Vordergrund.

Die ermittelte theoretische Ertragsminderung nach CROPWAT und FAO-Tabellen deutet auf neue Herausforderungen für die Forschung hin. Die prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels beinhalten gerade im Hinblick auf die Wasserverhältnisse eine Unsicherheit. Auf der einen Seite erscheint die Verlagerung des Niederschlags aus der Vegetationsperiode in den Winter (regional differenziert) sowie die Abnahme der Niederschlagshäufigkeit während der Sommermonate relativ sicher. Allerdings wird es eine zunehmende Niederschlagsvariabilität von Jahr zu Jahr - insbes. im Sommer - geben. Dies inkludiert, dass z.Zt. noch keine belastbaren Aussagen möglich sind zu Extremereignissen wie Sturm- und Hagelhäufigkeit sowie Starkniederschläge. Letztere können – wie in den

letzten Jahren oft erlebt – zu Schäden in Böden und an (Jung-) Pflanzen führen, insbesondere, wenn ein besonders rascher Wechsel zu Trocken- bzw. Hitzeperioden erfolgt.

Auch in diesem Bereich - Veränderung physiologischer Leistungs- und Qualitätsparameter von Nutz- und Kulturpflanzen als Folge veränderter Niederschlagsverteilung und Temperaturverhältnissen – ist weitere Forschung zu leisten (UBA 2011\_1).

#### 4.2. Pflanzenbauliche Parameter

Die Hybridsorte Maestro F1 war in der Resistenz gegen Mehltau den anderen Sorten deutlich überlegen, im Jahr 2011 signifikant von allen anderen Sorten verschieden. Im Jahr 2012 zeigte sie sich in der KON-Variante nur von Rotin signifikant verschieden, in der RED-Variante nur von Beate und Milan S 1 signifikant verschieden und in der stark reduzierten Variante wiederum von allen anderen Sorten signifikant verschieden, wobei Beate und Milan S1 die höchsten Befallswerte aufwiesen.

Die Hybridsorte Maestro F1 war in der Resistenz gegen *Alternaria* ebenfalls gegenüber den anderen Sorten dominant. Sie ist im Jahr 2010 gegenüber allen anderen Sorten mit Ausnahme von Beate signifikant verschieden; im Jahr 2011 ist sie nur in der KON-Variante signifikant verschieden; im Jahr 2012 ergibt sich ein signifikanter Unterschied in der KON-Variante zu Rotin. In der RED-Variante gegenüber Mö 14 RFE sowie in der stark reduzierten Variante neuerlich gegenüber allen anderen Sorten.

In der Karottenproduktion treten eine Vielzahl von Krankheiten auf, die auf den Ertrag limitierend wirken. In der Züchtung wird daher auf die Selektion von Resistenzgenen gesetzt, um die Anfälligkeit der Pflanzen gegenüber Krankheitserregern oder Schädlingen zu reduzieren oder zu verhindern. Z.B. werden künstlich infizierte Pflanzenindividuen benutzt, mittels derer der Infektionsdruck erhöht wird. Pflanzen mit den gewünschten Resistenzen können dann besser sichtbar gemacht werden (Simon et al. 2008 in Renner 2009). Auf diese Weise wurden z.B. *Alternaria dauci* resistente Sorten entwickelt. Durch Selektion sind ebenfalls resistente Varietäten entstanden. Durch züchterische Praxis und Forschungsarbeit sind mittlerweile genetische Ressourcen für Resistenzen gegen Krankheitserreger bekannt. Dies gilt insbesondere für *Alternaria dauci*, ..., *Erysiphe heraclei*, ... (vgl. Renner 2009). Während also für die F1-Hybride klar die Resistenz gegen die genannten Krankheitserreger im Vordergrund steht, sind in der züchterischen Bearbeitung der Populationssorten diese Schwerpunkte nicht in dem Maße verfolgt worden. Im Merkmal Schäden durch Insekten war lediglich der Einfluss der Bewässerung signifikant, aber nicht eindeutig über 3 Jahre den drei verschiedenen Varianten zuzuordnen. Schäden durch Nagetiere waren über drei Jahre nicht eindeutig zuordenbar (Wechselwirkungen Sorte/Bewässerung).

Der Anteil deformierter Karotten nahm mit zunehmender Beregnung ab. Dies war zu erwarten, da dies bereits von Vogel (1993) erwähnt wird.

In den Merkmalen Anteil geplatzter Karotten, weiße Karotten, Untergrößen, Übergrößen, Grünköpfigkeit, Durchmesser wurden stark variierende Ergebnisse erzielt hinsichtlich Sorten-/Bewässerungseffekten.

Im Hinblick auf die Krautmasse ergab sich, dass in der Variante 3 die geringste Masse ausgebildet wurde. Die Sorte Maestro F1 brachte die höchsten Krautmassen in allen Umwelten, die Sorte Fynn die niedrigsten.

Im Parameter Ertrag war in allen drei Versuchsjahren die Hybridsorte F1 am ertragsstärksten und den übrigen Sorten signifikant überlegen. Im ersten Versuchsjahr waren die Sorten Milan und Beate ebenfalls sehr stark und nicht signifikant von Maestro F 1 unterschieden. Dies Ergebnis setzte sich in den folgenden 2 Versuchsjahren jedoch nicht fort. Die stark reduzierte Variante lieferte über alle drei Jahre die niedrigsten Erträge, die Varianten 2

(RED) und die Kontrollgruppe unterschieden sich 2012 nicht voneinander. In 2011 war die reduzierte Variante (RED) der Kontrollgruppe überlegen. Der Anteil marktfähiger Ware ergibt ein sehr ähnliches Bild.

Im Jahr 2010 ist die Sorte Maestro F1 allen anderen Sorten gegenüber signifikant verschieden. Im Jahr 2011 gemeinsam mit Mö 14 RFE allen anderen Sorten signifikant verschieden, wobei Rotin und Fynn signifikant schlechteste Werte marktfähigen Ertrages liefern. Im Jahr 2012 erzielt die Selektion aus Milan (Milan S1) den niedrigsten marktfähigen Ertrag; sie ist damit sogar von der Ausgangssorte Milan signifikant verschieden, aber gleich mit Beate und Rotin.

In Rahmen der Morphologie, erzeugt die Möhre im ersten Vegetationsjahr eine fleischig verdickte Speicherwurzel sowie eine Blattrosette und primär findet die Bildung der Pfahlwurzel statt. In Folge des sekundären Dickenwachstums bildet sich an den Leitbündeln ein Kambiummantel der zur Verbreiterung des Zentralzylinders nach innen Holz bildet und zur Verdickung der Rinde nach außen Bast. Eine starke Laubentwicklung ist gewünscht, da die Blätter Ort der Photosynthese zur Substanzgewinnung und die anschließenden Ein- und Umlagerungsprozesse sind. Daher waren ausgehend vom Merkmal „Krautmasse“ die Ergebnisse der Ertragsmerkmale Ertrag und marktfähiger Ertrag bereits zu erwarten.

### **4.3. Qualitätsmerkmale**

Ein wichtiger Faktor bei der Vermarktung von Gemüse ist der gute Geschmack. Da der Zuckergehalt ganz allgemein als ein sehr wichtiges Kriterium der Konsumentenakzeptanz gewertet wird, muss auch die Sorte Milan und ihre Selektion S 1 begutachtet sein. Während die Selektion 2012 in allen Varianten höchste Brixwerte aufweist, fällt die Ausgangssorte in den Gehalten ab.

Im Qualitätsmerkmal lösliche Trockensubstanz (Brix) erwies sich Maestro F1 als über Jahre und Umwelten stabil, während Fynn niedrige Werte aufwies.

Milan lag im Jahr 2010 in den Gruppen B (KON), AB (RED), A (STR) und war damit in der KON-Variante deutlich signifikant verschieden von Maestro F1. 2011 zeigte sie in der reduzierten Variante RED denselben Brixwert wie Maestro F1, im Jahr 2012 war sie in der KON-Variante signifikant von Maestro F1 unterschieden. D.h. Milan zeigte im Hinblick auf den Brix ebenso gute Eigenschaften wie Maestro F1. Beate und Milan waren in allen Jahren und Varianten nicht signifikant von Maestro F 1 unterschieden.

Milan S 1 erzielte 2012 in allen Umwelten die höchsten Werte.

Im Hinblick auf das Redoxpotential lässt sich keine Aussage treffen. Allerdings zeigte sich zwischen dem Gehalt der Äpfelsäure und dem Redoxpotential über drei Jahre eine hochsignifikante Korrelation ( $r=0,88$ ). Es zeigten sich wie beim Brix unterschiedlichste Effekte und Wechselwirkungen. Die Sorten Milan und Beate waren 2010 in der KON-Variante nicht signifikant von Maestro F1 unterschieden, in der RED-Variante zeigte Milan allerdings den Höchstwert (signifikant gegenüber Maestro F1), während in der stark reduzierten Variante beide Sorten wieder nicht verschieden sind. 2012 zeigte Mö14 RFE Höchstwerte; sie ist allerdings statistisch nicht signifikant von den Sorten Beate, Milan und Maestro F1 unterschieden; lediglich in der stark reduzierten Variante ergibt sich Signifikanz zwischen Maestro F1 und Milan S1.

Hinsichtlich der Schwermetallgehalte erarbeitete Aryan (2013) drei empfehlenswerte Sorten: Beate, Fynn, Maestro. Demgegenüber untersuchten Szabo& Czeller (2009) die Schwermetallaufnahme von Karottensorten und kamen zu dem Ergebnis, dass der genetische Typ und die Schwermetallgehalte des Bodens nicht erhebliche Auswirkungen auf die Aufnahme durch Karotten haben. Sie bewerten eher die Kornzusammensetzung des Bodens als wesentlich für die Aufnahmegeschwindigkeit (Ni, Mn, Zn).

Die hier vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die verschiedenen Sorten unter abweichenden Witterungsverläufen in der Vegetationsperiode unterschiedliches Aufnahmeverhalten gegenüber Schwermetallen zeigen. Dies kann an unterschiedlichem



Abbau von organischer Substanz im Boden liegen. Der Einbau in die Molekülstruktur von Huminstoffen und als Brückenatome in Ton-Humus-Komplexen führt zu relativ stabilen Verbindungen. Dennoch wird immer ein Teil der „stabilen“ Fraktion rückgebaut und in eine lösliche organische Fraktion überführt. Diese unterliegt in stärkerem Ausmaß der Mineralisation und wird über die Form von löslichen organischen Komplexen verfügbar gemacht werden. Berichte über die positive Beziehung zwischen Phasen der intensiven Mineralisierung von organischer Substanz, der Vermehrung der mikrobiellen Biomasse und der Mobilisierung von Metall-Ionen liegen vor. Trocken-Nass-Zyklen wie sie durch sommerliche Trockenheit, gefolgt von plötzlichen heftigen Niederschlägen (oder Bewässerung) gegeben sind, können zu einer vorübergehenden Zunahme der Metallkonzentration in der Bodenlösung führen (Schinner & Sonnleitner 1997).

Grundsätzlich bleiben Bodenuntersuchungen nicht erspart, wenn der Landwirt auf das Kriterium niedriger toxischer Schwermetallgehalte besonderen Wert legt (vgl. Kappert et.al. 2013).

Wenngleich die Bewertung durch Aryan (2013) auf die Charakterisierung der Schwermetalle als nutritiv oder toxisch verzichtet, so können die Ergebnisse eine Orientierung darstellen; sie ersetzen nicht entsprechende systematische und fortlaufende Sortenprüfungen, welche eine Herausforderung sind, um Landwirten national und international größere Vermarktungschancen einzuräumen.

#### **4.4. Physiologische Merkmale**

Bei den meisten physiologischen Parametern konnten keine signifikanten Unterschiede in der Untersuchung der einzelnen Parameter gefunden werden, wohl jedoch zwischen den einzelnen Sorten. Die Unterschiede zwischen den Jahren waren von der jeweiligen Karottensorte abhängig. So zeigte Maestro F1 im Jahr 2011 die niedrigsten  $\alpha$ -Tocopherol-Werte mit ca.  $15 \mu\text{g g}^{-1}$  Trockengewicht (TG) und im Jahr 2012 mit  $25 \mu\text{g g}^{-1}$  TG die höchsten Werte in allen Bewässerungsvarianten.

Bei den  $\alpha$ -Carotin-Untersuchungen konnten zwischen den Karottensorten Unterschiede beobachtet werden, bei den Bewässerungsvarianten waren nur bei der stark reduzierten Variante von Maestro F1 signifikante Unterschiede zu den beiden anderen Varianten zu beobachten.

Auch bei den  $\beta$ -Carotin-Werten konnten Unterschiede in den Daten nur zwischen den Sorten herausgelesen werden und nur bei Maestro F1 waren die Werte auch wieder bei der stark reduzierten Bewässerungsvariante signifikant höher als bei den beiden anderen Varianten. Alle anderen Karottensorten zeigten zwischen den Varianten keine signifikant höheren Werte. Trendmäßig liegen bei Mö 14 RFE und Beate die Messwerte der reduzierten Variante am höchsten. Insgesamt liegen die  $\beta$ -Carotin-Daten zwischen  $2300$  und  $3000 \mu\text{g g}^{-1}$  Trockengewicht.

Die Lutein-Untersuchungen zeigen Werte zwischen  $200$  und  $300 \mu\text{g g}^{-1}$  Trockengewicht und einen etwas anderen Trend; die höchsten Werte finden sich in der Karottensorte Beate bei der stark reduzierten Variante.

Bei den Untersuchungen von Prolin und Glutaminsäure konnten zwischen den Varianten nur trendmäßig Unterschiede beobachtet werden, die aber statistisch nicht signifikant waren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die kleinräumigen Bodenverhältnisse und/oder die klimatischen Einflüsse einen großen Einfluss auf die physiologischen Parameter der einzelnen Versuchsvarianten haben. Der Haupteinfluss ist auf die Sorte zurückzuführen. Die Sorten unterscheiden sich z.T. signifikant, während die Bewässerung nur in Einzelfällen einen mehr oder wenigen großen Einfluss zu haben scheint. Um genauere Aussagen bezüglich der Inhaltsstoffe treffen zu können, müssen intensive weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden. Anders als mit üblichen quantitativ-analytischen Methoden konnten Velimirov & Momsen (2009) eine hochsignifikante Präferenz von Laborratten für die Sorte Rodelika (biologisch-dynamisch) gegenüber der F 1 Hybride

Starka herausfinden. Beide Sorten stammten vom selben biologisch-dynamisch arbeitenden Betrieb und waren unter denselben Bedingungen angebaut worden. Da Tiere in natürlicher Umgebung ihr Futter frei wählen können, entwickelt sich ein komplexes Ernährungsverhalten und führt zu einer instinktiven „Ernährungsweisheit“, welche Qualitätsdifferenzen sichtbar macht, die mit anderen Methoden labortechnischer Art nicht auffindbar ist.

#### **4.5. Sorten + Selektion**

Die selektierte Sorte Milan S 1 zeigte die signifikant niedrigsten Erträge und lag damit deutlich unter der Ausgangssorte. Dies bestätigte sich auch im Merkmal Marktfähiger Karottenertrag. In der löslichen Trockensubstanz (Brix 2012) zeigte sie die höchsten Werte und unterschied sich signifikant von der Ausgangssorte. Die Selektion S1 aus der Populationssorte Milan zeigte tendenziell eine höhere Anfälligkeit gegenüber Mehltau als die Ausgangssorte. Der Unterschied ist jedoch statistisch nicht signifikant. In der Resistenz gegenüber *Alternaria* war sie jedoch nur in der stark reduzierten Variante gegenüber Maestro F1 signifikant verschieden.

Da die Entscheidung für die Selektion einer Sorte bereits zu Beginn des 1. Versuchsjahres gefällt werden musste, war es eine irreversible Entscheidung im Projektverlauf. Sie wurde aufgrund der durchgängigen Konsumentenbeliebtheit dieser Sorte in allen Jahren gefällt. Die weitere Bearbeitung sollte an den Züchter zurückgegeben werden; zahlreiche der Züchter, welche mit traditionellen Züchtungsmethoden arbeiten, haben an einzelnen Kulturen einen für Erwerbsanbau ausreichend hohes Maß an Einheitlichkeit und Ertragsniveau erzielen können (Fleck et.al. 2010).

#### **4.6. Fazit**

- ❖ Über alle 3 Jahre wurde kein Trockenstress in den drei verschiedenen Bewässerungsvarianten erzielt, dennoch ist eine Abstufung der Wassermengen nachvollziehbar. Eine Reduktion der Bewässerung gegenüber ortsüblich um 20-30% ist ohne größere Ertrags- und Qualitätseinbußen möglich; Bedeutung wird dies gewinnen in dem Maße, wie Landwirte pekuniäre Leistungen für den Bezug von Wasser zu leisten haben.
- ❖ Die Hybridsorte Maestro F1 behauptete ihren Platz als Nummer 1 im Hinblick auf Ertragssicherheit und Resistenz gegen Mehltau und *Alternaria*.
- ❖ In den verschiedenen Qualitätsmerkmalen konnten verschiedene Signifikanzen zwischen den Sorten, aber auch Bewässerungsvarianten gefunden werden. Meist ergab sich keine Systematik entlang der zu prüfenden Faktoren. Die reduzierten Bewässerungsvarianten verursachten einen Anstieg unterschiedlichen Ausmaßes (sowohl unterscheidbar nach Sorte/Jahr/Bewässerungsintensität) bei den analytisch-chemischen Inhaltsstoffe, wie  $\alpha$ -Tocopherol,  $\alpha$ -Carotin,  $\beta$ -Carotin, Lutein. Im Hinblick auf die menschliche Ernährung kann dies als wertvoll angesehen werden; aus pflanzenphysiologischer Sicht ist es als Reparaturmechanismus auf Wasserreduktion zu werten, ebenso wie der Anstieg der Prolin-Gehalte.
- ❖ Die Sorten Milan und Beate erwiesen sich (mit einzelnen Schwächen) als Alternative im Rahmen der geprüften offen abblühenden Sorten.

## 5. Literatur

**AEA Energy & Environment and Universidad de Politécnica de Madrid (2007):** Adaptation to Climate Change in the Agricultural Sector; AGRI-2006-G4-05 Report to European Commission Directorate - General for Agriculture and Rural Development ED05334 Issue Number 1 December 2007

**Allen, Pereira, Raes & Smith (1998):** Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5.

**Amt der Niederösterreichischen Landesregierung/Bundesanstalt für Bodenkultur (1994):** Niederösterreichische Bodenzustandsinventur

**Aryan (2012):** Influence of soil properties on the accumulation of heavy metals in crops used for baby food. Diplomarbeit am Institut für Bodenforschung und an der Abteilung für Gemüsebau der Universität für Bodenkultur, Wien.

**Bergmann (1993):** „Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen“ 3. Erweiterte Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart; pp209-215, p328

**Chobot (2010):** Simultaneous Detection of Pro- and Antioxidative Effects in the Variants of the Deoxyribose Degradation Assay; in: J. Agric. Food Chem. 2010, 58, 2088–2094

**El\_Agamey, Lowe, McGarvey, Mortensen, Phillip, Truscott, Young (2004):** Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-antioxidant properties. Arch. Biochem. Biophys. 430: 37–48.

**Falk, Munné-Bosch (2010):** Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. Darwin Review. – J. Exp. Bot. 6: 1549-156.

**Fleck, Nagel, Henatsch, Bauer (2010):** Nachhaltige Verbesserung der Verfügbarkeit ökologisch vermehrten Gemüsesaatguts für den Erwerbsanbau durch on-farm Erhaltung, Züchtung und Vermehrung. [Sustainable improvement on the availability of organic vegetable seeds increased by screening and on-farm conservation.] Kultursaat e.V., D-Echzell.

**Grune, Lietz, Palou, Ross., Stahl, Tang, Thurnjam, Yin Shian & Biesalski (2010):**  $\beta$ -carotene is an important vitamin A source for humans. – J. Nutr. 140, 12S. Suppl.

**Jaleel, Manivannan, Wahid, Farooq, Somasundaram, Panneerselvam (2009):** Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition; *Int. J. Agric. Biol.*, 11: 100–105

**Kappert, Kranzler, Renner, Six (2011):** Projekt 100546: Vergleich und Anpassung offen abblühender Karottensorten an Trockenstress und an den Standort Marchfeld im biologischen Landbau. Erster Zwischenbericht 2011

**Kappert, Kranzler, Renner, Pollan (2012):** Projekt 100546: Vergleich und Anpassung offen abblühender Karottensorten an Trockenstress und an den Standort Marchfeld im biologischen Landbau. Zweiter Zwischenbericht 2012

**Kappert (2013):** Anpassung von samenfesten Karottensorten für das Marchfeld, Biogemüsefibel 2013, Hrsg. LFI Österreich, S.9ff, [orgprints.org/22210](http://orgprints.org/22210)

**Kappert, Sternecker, Balas (2013):** Schadstoffreduktion im Bio-Gemüse – Qualitätsmanagement; 68. ALVA-Jahrestagung, 23. - 24. Mai 2013 Klosterneuburg, Lehr- und Forschungszentrum für Wein- und Obstbau, elektronisch publiziert

**Krinsky & Yeum (2003):** Carotenoid–radical interactions. – Biochem. Biophys. Res. Commun. 305: 754–760.

**Kyriazis, Wess (2013):** Verdunstung und Wasserbedarf von Kulturpflanzen (zu Projekt 100546) optional fächerübergreifendes Abschlussprojekt, Universität für Bodenkultur, Wien; Department Wasser Atmosphäre, Umwelt, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft

**Li, Wan, Zhou, Yang & Qin (2010):** Leaf chlorophyll fluorescence, hyper-spectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. – Industrial Crops and Products 31: 13-19.

**Matysik, Alia Bhalu & Mohanty (2002):** Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. – Curr. Science 82: 525-532.

**Mozaffarieh, Sacu & Wedrich (2003):** The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: A review based on controversial evidence. Nutrit. J. 2: 20.

**Nanjo, Kobahashi, Yoshiba, Sanada, Wada, Tsukaya, Kakubari & Yamaguchi-Shinozaki & Sinozaki (1999):** Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. – Plant J. 18: 185-193.

**Noctor & Foyer (1998):** Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. – Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 249–279.

**Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (2011):** Bodenschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft, Institut für Bodengesundheit & Pflanzenernährung.

**ÖNORM L 1050. 1988:** Boden als Pflanzenstandort – Begriffsbestimmungen, Untersuchungsverfahren. Wien: Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM L 1061-1. 2002:** Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens; Teil 1: Grobboden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM L 1061-2. 2002:** Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens; Teil 2: Feinboden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM L 1062. 1988:** Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des Wassergehaltes und des Wasseranteiles. Wien: Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM L 1081. 1989:** Humusbestimmung durch Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>-Oxidation mit Kaliumdichromat-Schwefelsäure. Wien: Österreichisches Normungsinstitut

**ÖNORM L 1075. 2004:** Grundlagen für die Bewertung der Gehalte ausgewählter Elemente in Böden Wien: Österreichisches Normungsinstitut

**Paolini, Abdel-Rahman, Sapone, Peduli, Perocco, Cantelli-Forti & Legator S. 2003.**  $\beta$ -Carote: a cancer chemopreventive agent or co-carcinogen? *Mutat. Res.* 543: 195–200.

**Pfeifhofer (1989):** Evidence of chlorophyll b and lack of lutein in *Neottia nidus avis* plastids. – *Biochemie und Physiologie der Pflanzen* 184: 55-61.

**Pollan (2012):** Samenfeste Karottensorten für das Marchfeld, *Gemüsebaupraxis* 2012, Nr. 5 Jg 19, S.10f

**Purnell, Skopeletis, Roubelakis-Angelakis & Botella (2005):** Modulation of higher-plant NAD(H)-dependent glutamate dehydrogenase activity in transgenic tobacco via alteration of beta subunit levels. – *Planta* 222: 167-180.

**Rao & Rao (2007):** Carotenoids and human health. – *Pharmacol. Res.* 55: 207–216.

**Renner (2009):** Vergleichsanbau von samenfesten Karottensorten unter ökologischen Anbaubedingungen im Marchfeld (Ernte 2008). Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung unter der Betreuung von a.o. Prof. Dr. Heinrich Grausgruber

**Renner, Dürrschmid und Grausgruber (2009):** Evaluierung frei abblühender Karottensorten unter biologischen Anbaubedingungen - Evaluation of open pollinated carrot varieties under organic farming; 6. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009, 187 – 190, 2010.

**Rode, Nothnagel (2010):** Etablierung eines neuen Hybridsystems zur Züchtung von Möhren mit spezifischer Anbaueignung unter Trocken- und Salzstressbedingungen in Zentralasien; 3. Nachwuchswissenschaftlerforum 2010 in: *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* 157. 2010

**Sarker, Hara & Uemura (2005):** Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. – *Scientia Horticulturae* 103: 387-402.

**Schinner, Sonnleitner (1997):** *Bodenökologie III + IV*, Berlin Heidelberg New York

**Sörensen, Jörgensen, Birka (1997):** Drought Effects on the Marketable and Nutritional Quality of Carrots; *J Sci Food Agric* 74, 379–391 (1997)

**Stahl & Sies (2003):** Antioxidant activity of carotenoids. – *Mol. Aspects Med.* 24: 345–351.

Szabo & Czeller (2009): Examination of the heavy metal uptake of carrot (*Daucus carota*) in different soil types, *AGD Landscape and Environment* 3 (2) 2009. 56-70. 56.

**Umweltbundesamt (2011\_1):** Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel Teil 1 – Kontext

**Umweltbundesamt (2011\_2):** Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel Teil 2 – AKTIONSPLAN Handlungsempfehlungen für die Umsetzung.

**Velimirov & Momsen (2009):** Hybridsorten im Futterwahlversuch, Vergleich zweier Karottensorten aus unterschiedlicher Züchtung (biologisch-dynamisch, samenfest) und Starka (F 1 Hybride) in: *Lebendige Erde* 2/2009, S. 42-44

**Vogel, Hartmann, Krahnstöver (1996):** *Handbuch des speziellen Gemüsebaues*, Stuttgart

**Vollhardt & Shore (2005):** Organische Chemie. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

**Wang, Yuan, Ou , Lin & Zhang (2007):** Glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase contribute differentially to proline accumulation in leaves of wheat (*Triticum aestivum*) seedlings exposed to different salinity. – J. Plant Physiol. 164: 695-701.

**Wehling, Hackauf, Scholz, Ruge-Wehling, Roux (2009):** Anpassung an den Klimawandel durch Pflanzenzüchtung, in: Klimasymposium Tagungsband \_vTI 2009.pdf

#### **Webseiten:**

ZAMG (2011): Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Webseite „Weterrückblick“  
[http://www.zamg.ac.at/klima/klima\\_monat/weterrueckblick/?jahr=2011&monat=06-10](http://www.zamg.ac.at/klima/klima_monat/weterrueckblick/?jahr=2011&monat=06-10);  
abgerufen 24.05.2012

<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/monatsrueckblick/weterrueckblick?monat=10&jahr=2012>

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abbildung 1: schematischer Versuchsplan 2012 .....	9
Abbildung 2: Texturdreieck für V1 nach USDA (Abbildung3-1, S. 8) .....	21
Abbildung 3: Texturdreieck für V2 nach USDA (Abb. 3-2, S. 9).....	22
Abbildung 4: Texturdreieck für V3 nach USDA (Abbildung 3-3, S. 10) .....	22
Abbildung 5: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2010 Feld 1 (Abb. 3-09, S.16).....	25
Abbildung 6: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2010 Feld 2 (Abb. 3-10, S. 16) .....	25
Abbildung 7: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2010 Feld 3 (Abb. 3-11, S. 17) .....	25
Abbildung 8: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2011 Feld 1 (Abb. 3-12, S. 18) .....	26
Abbildung 9: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2011 Feld 2 (Abb. 3-13, S. 18) .....	26
Abbildung 10: Bodenfeuchte % und Niederschlag+Bewässerung 2011 Feld 3 (Abb. 3-14, S. 19) .....	27
Abbildung 11: Bodenfeuchte & und Niederschlag+Bewässerung 2012 Feld 1 (Abb. 3-15, S.20).....	27
Abbildung 12: Bodenfeuchte & und Niederschlag+Bewässerung 2012 Feld 2 (Abb. 3-16, S. 20) .....	28
Abbildung 13: Bodenfeuchte & und Niederschlag+Bewässerung 2012 Feld 3 (Abb. 3-17, S. 21) .....	28
Abbildung 14: Massenwassergehalt nach ÖNORM L1062 (Tab. 3-24, S. 26).....	29
Abbildung 15: Pflanzenwasserbedarf und tatsächliche Änderung - Zeitraum 1 (Abb. 3-32, S. 32) .....	30
Abbildung 16: Pflanzenwasserbedarf und tatsächliche Änderung - Zeitraum 2 (Abb. 3-33, S. 33) .....	31
Abbildung 17: Pflanzenwasserbedarf und tatsächliche Änderung - Zeitraum 3 (Abb. 3-34, S. 34) .....	32
Abbildung 18: mittlerer Ertrag je Parzelle 2010 (Abb. 3-62, S. 45) .....	33
Abbildung 19: mittlerer Ertrag je Parzelle 2011 (Abb. 3-63, S. 46) .....	33
Abbildung 20: mittlerer Ertrag je Parzelle 2012 (Abb. 3-64, S. 46) .....	34
Abbildung 21: Anteil marktfähiger Ware am Gesamtertrag (Abb. 3-65, S. 47) .....	34
Abbildung 22: Normalgekeimte Karotten in % Keimversuch 2012 .....	36
Abbildung 23: Ergebnis Sensorik 2012 – roh .....	37
Abbildung 24: Ergebnis Sensorik 2012 – gedämpft .....	38
Abbildung 25: Alternaria-Befall (Mittelwerte) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr. SortexBewässerung Wechselwirkungen innerhalb der Jahre sind durch <i>cross over</i> Reaktionen ersichtlich.....	41
Abbildung 26: Ertrag (Mittelwerte) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.....	46
Abbildung 27: Marktfähiger Ertrag (Mittelwerte) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.....	47
Abbildung 28: Löslicher Trockensubstanzgehalt (Mittelwerte; °Brix) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr. ....	49
Abbildung 29: Redoxpotential (Mittelwerte; mV) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.....	49
Abbildung 30: Gehalt an Apfelsäure (Mittelwerte; %) in Abhängigkeit von Bewässerung (KON: Kontrolle; RED: reduziert; STR: stark reduziert), Sorte und Jahr.....	51
Abbildung 31: Beziehung zwischen den Gehalt an Apfelsäure und dem Redoxpotential in Abhängigkeit vom Versuchsjahr.....	51
Abbildung 32: A-G Mittelwert und Standardfehler der Schwermetallkonzentration (mg/kg) in verschiedenen Karotten-Sorten (S1-S6) über 2 Jahre (2010 in schwarz, 2011 in weißen Balken) am Standort Marchfeld (Orig.Abb. 5.2.1., S. 37-39).....	53

Abbildung 33: Schema einer Pflanzenzelle, die die wesentlichen Komponenten aufzeigt, die im pflanzlichen Abwehrsystem in der Detoxifizierung von reaktiven Sauerstoffspezies eine Rolle spielen, wobei Tocopherole und Carotinoide (lipidlöslich) membrangebunden sind. ...	56
Abbildung 34: $\alpha$ -Tocopherol-Werte 2012 aller geernteten Karottensorten der ortsüblich gegossenen Varianten; $n \geq 15$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE) .....	57
Abbildung 35: $\alpha$ -Tocopherol-Werte 2011 von drei ausgewählten Karottensorten der unterschiedlich gegossenen Varianten; $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE) .....	57
Abbildung 36: $\alpha$ -Tocopherol-Werte 2012 von drei ausgewählten Karottensorten der unterschiedlich gegossenen Varianten; $n \geq 15$ (Nantaise H = Mö 14 RFE) .....	58
Abbildung 37: $\alpha$ -Carotin-Untersuchungen dreier ausgewählter Karottensorten aus 2012 aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen; $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE) .....	59
Abbildung 38: Lutein-Untersuchungen dreier ausgewählter Karottensorten aus 2012 aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen; $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE) .....	60
Abbildung 39: $\beta$ -Carotin-Untersuchungen dreier ausgewählter Karottensorten aus 2012 aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen; $n \geq 10$ . (Nantaise H = Mö 14 RFE) .....	60
Abbildung 40: Prolin- und Glutaminsäurewerte aus 2011 der Sorte Beate aus allen drei unterschiedlichen Bewässerungen; $n \geq 10$ .....	61



## VERZEICHNIS DER TABELLEN

Tabelle 1: Sorten und Züchter im Versuchsdesign 2012 .....	10
Tabelle 2: Ergebnisse von Carbonat, anorganischem und organischem Kohlenstoff, sowie Humusgehalt (Tabelle 3-5, Seite 11).....	23
Tabelle 3: Bodenphysikalische Eigenschaften der Bodenprobe V1 (Tab. 3-6, Seite 11).....	23
Tabelle 4: Bodenphysikalische Eigenschaften der Bodenprobe V2 (Tab. 3-7, S. 11).....	23
Tabelle 5: Physikalische Eigenschaften der Bodenprobe V3 ((Tab. 3-8, S. 11) .....	24
Tabelle 6: Niederschlag und Bewässerungs-Wasser in mm (S. 15) .....	24
Tabelle 7: Mittelwerte des Mehлтаubefalls (2012 in Abhängigkeit der Bewässerungsvariante; Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander; bester Wert fett gedruckt, schlechtestes rot) .....	40
Tabelle 8: Mittelwerte des Alternaria-Befalls (2011 und 2012 in Abhängigkeit der Bewässerungsvariante; Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).....	41
Tabelle 9: Mittelwerte des Anteils deformierter Karotten (DEF, %) im Versuchsjahr 2012 (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).....	42
Tabelle 10: Mittelwerte des Anteils zu kleiner Karotten (Untergrößen, %) in den drei Versuchsjahren (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).....	43
Tabelle 11 : Mittelwerte des Anteils grünschultriger Karotten (%) in den Versuchsjahren (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).....	44
Tabelle 12: Mittelwerte der Krautmasse (g) in den beiden Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorten und Beregnung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).....	45
Tabelle 13: Mittelwerte des Karottenertrages ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ ) in den drei Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).46	
Tabelle 14: Mittelwerte des Marktfähigen Karottenertrages ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ ) in den drei Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander).47	
Tabelle 15: Mittelwerte des Gehaltes löslicher Trockensubstanz ( $^{\circ}$ Brix) in den drei Versuchsjahren in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander; Bewässerung KON: Kontrolle; RED, reduziert; STR, stark reduziert) .....	48
Tabelle 16: Mittelwerte des Redoxpotentials (mV) in den Versuchsjahren 2010 und 2012 in Abhängigkeit von Sorte und Bewässerung (Mittelwerte mit denselben Buchstaben unterscheiden sich entsprechend Tukey HSD Test nicht signifikant ( $P>0.05$ ) voneinander; Bewässerung KON: Kontrolle; RED, reduziert; STR, stark reduziert) .....	50

## LISTE DER ABKÜRZUNGEN

AICC = Akaike Informationskriterium

DEF = Anteil deformierter Karotten

ETc = Wasserbedarf der Pflanzen

FK = Feldkapazität

HPLC = High Performance Liquid Chromatography

kf = hydraulische Leitfähigkeit

KON = Bew.1 = F1 = V1 = Kontrolle, Ortsübliche Bewässerungsvariante =  
Bewässerungsvariante 1 = Feld 1

MFE = Marktfähiger Ertrag

mV = Millivolt, Maßeinheit für das Redoxpotential

nK = nutzbare Wasserhaltekapazität

PW = Porenwasser

RED = Bew.2 = F2 = V2 = Reduzierte Bewässerungsvariante =  
Bewässerungsvariante 2 = Feld 2

STR = Bew.3 = F3 = V3 = Stark reduzierte Bewässerungsvariante =  
Bewässerungsvariante 3 = Feld 3

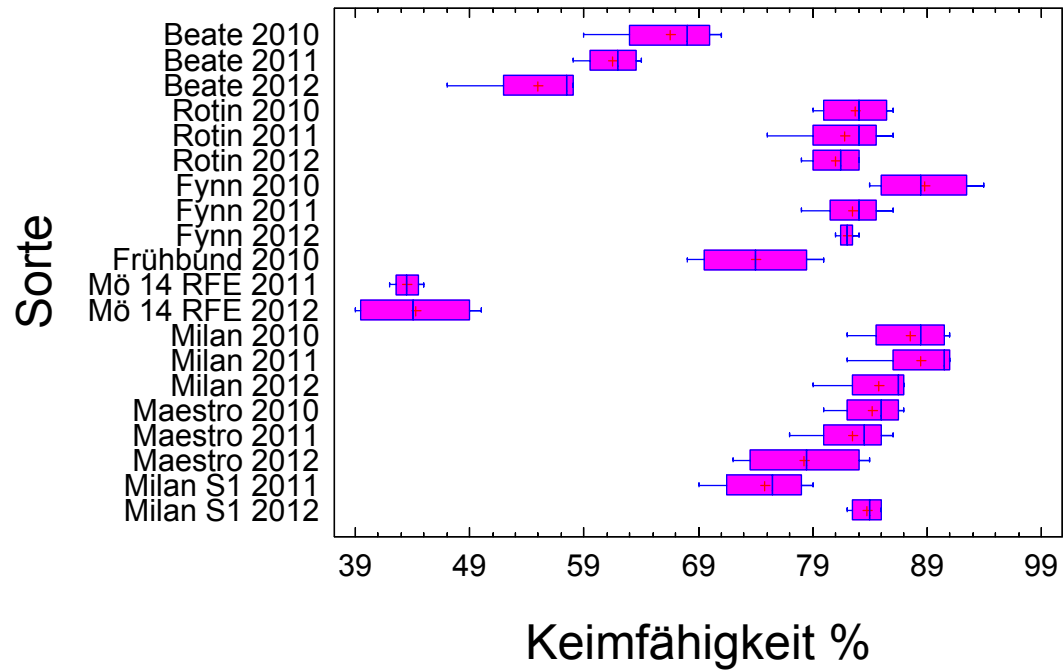
TG = Trockengewicht

## Feldtagebuch / Kulturführung - Karottenversuch 2012

Datum	Maßnahme	Bemerkung	Technische Daten
19.06.12	Anbau	Handsägerät	Eigenbau
19.06.12	Auflaufbewässerung	Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer 2h; 11 mmWs/m <sup>2</sup> (5,7 mmWs/m <sup>2</sup> h)	Fabrikat Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
21.06.12	Auflaufbewässerung	Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer 2h; 11 mmWs/m <sup>2</sup> (5,7 mmWs/m <sup>2</sup> h)	Fabrikat Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
26.06.12	Auflaufbewässerung	Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer 2h; 11 mmWs/m <sup>2</sup> (5,7 mmWs/m <sup>2</sup> h)	Fabrikat Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
09.07.12	Unkrautregulierung	Maschinell (Dammscheren + Formen)	Fabrikat Hatzenbichler, Eigenbau,
09.07.12	Unkrautregulierung	Maschinell (Dammscheren + Formen)	Fabrikat Hatzenbichler, Eigenbau,

<b>12.07.12</b>	1. Bewässerung (abgestuft)	Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (5,77 mmWs/m <sup>2</sup> h): V1: 20,20 mmWs (3,5 h), V2: 14,43 mmWs (2,5 h), V3: 6,92 mmWs (1,2 h)	Fabrikat Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
<b>19.07.12</b>	2. Bewässerung (abgestuft)	Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (5,77 mmWs/m <sup>2</sup> h): V1: 20,20 mmWs (3,5 h), V2: 14,43 mmWs (2,5 h), V3: 6,92 mmWs (1,2 h)	Fabrikat Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
<b>26.07.12</b>	3. Bewässerung (abgestuft)	Mikrosprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (5,77 mmWs/m <sup>2</sup> h): V1: 20,20 mmWs (3,5 h), V2: 14,43 mmWs (2,5 h), V3: 6,92 mmWs (1,2 h)	Fabrikat Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
<b>10.08.12</b>	Unkrautregulierung	Maschinell (Dammscheren + Formen)	Fabrikat Hatzenbichler, Eigenbau,
<b>12.08.12</b>	4. Bewässerung (abgestuft)	Microsprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (5,77 mmWs/m <sup>2</sup> h): V1: 20,20 mmWs (3,5 h), V2: 14,43 mmWs (2,5 h), V3: 6,92 mmWs (1,2 h)	Fab: Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
<b>18.08.12</b>	5. Bewässerung (abgestuft)	Microsprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (5,77 mmWs/m <sup>2</sup> h): V1: 20,20 mmWs (3,5 h), V2: 14,43 mmWs (2,5 h), V3: 6,92 mmWs (1,2 h)	Fab: Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
<b>25.08.12</b>	6. Bewässerung (abgestuft)	Microsprinkleranlage mit Bewässerungscomputer (5,77 mmWs/m <sup>2</sup> h): V1: 20,20 mmWs (3,5 h), V2: 14,43 mmWs (2,5 h), V3: 6,92 mmWs (1,2 h)	Fab: Netafim, Type: Supernet 50 L/h, Galcon Bewässerungscomputer (Batteriebetrieben)
<b>06.09.12</b>	Unkrautregulierung	Maschinell (Dammscheren + Formen)	Fabrikat Hatzenbichler, Eigenbau,

<b>10.10.12</b>	Ernte und Feldräumung (Bewässerung)	Erntebonitur, Laboranalyse, Geschmacksselektion und Verkostung,	
<b>KW 12. 2012</b>	Einpflanzung Vermehrungsrüben	Saatgutgewinnung	Milan S1



Keimfähigkeitsprüfung 2010-2012