



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



Schlussbericht zum Thema

Umfassende Beschreibung, Bewertung und Verbesserung der Lebensmittelqualität von ökologischen Möhren und daraus resultierender Produkte sowie Weiterentwicklung Bildschaffender Untersuchungsmethoden

FKZ:

2819OE032, 2819OE078, 2819OE079, 2819OE080

Projektnehmer/Projektnehmerin:

KULTURSAAT e.V., Universität Kassel, Universität Hohenheim,
Forschungsring e.V.

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische Landwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in die Praxis umgesetzt. Das Programm gliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder - das Forschungs- und das Informationsmanagement.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter:

www.bundesprogramm.de
www.oekolandbau.de/forschung

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Bundesprogramm Ökologischer Landbau
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel.: 0228-6845-3280
E-Mail: boel-forschung@ble.de

Schlussbericht

Umfassende Beschreibung, Bewertung und Verbesserung der Lebensmittelqualität von ökologischen Möhren und daraus resultierender Produkte sowie Weiterentwicklung Bildschaffender Untersuchungsmethoden (EATMORE)

Gefördert durch



Laufzeit: 26.03.2020-15.04.2024

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektbeteiligte

Zuwendungsempfänger: Kultursaat e.V.

Koordination des Verbundes und Teilprojekt 1

Projektleitung: Michael Fleck

Projektbearbeitung: Dorothee Pfirrmann

Kronstraße 24 • 61209 Echzell • kontakt@kultursaat.org

190E032



Zuwendungsempfänger: Universität Kassel,
FG Ökologische Lebensmittelqualität, Teilprojekt 2

Projektleitung: Prof. Dr. Johannes Kahl (†), Dr. Nicolaas Busscher

Projektbearbeitung: Gabriele Mergardt

Nordbahnhofstraße 1a • 37213 Witzenhausen • sekr.lmq@uni-kassel.de

190E078



Zuwendungsempfänger: Universität Hohenheim,
Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Teilprojekt 3

Projektleitung: Prof. Dr. Simone Graeff-Hönninger

Projektbearbeitung: Marlene Fuchs

Fruwirthstraße 23 • 70599 Stuttgart • graeff@uni-hohenheim.de

190E079



Zuwendungsempfänger: Forschungsring e.V.,

Teilprojekt 4

Projektleitung und -bearbeitung: Dr. Jens Uwe Geier

Brandschneise 5 • 64295 Darmstadt • info@forschungsring.de

190E080



Unterstützt durch:



Kurzfassung

Im Verbundprojekt EATMORE wurde die Qualität von Bio-Möhren als Frischware sowie verarbeitet zu Saft vielschichtig untersucht und bewertet. Dabei wurde der Einfluss von Sorte, Anbaustandort und Saftverarbeitungsverfahren auf die Qualität des Endprodukts untersucht. Sechs Möhrengenotypen wurden zweijährig in Feldversuchen sowie dreijährig im großflächigen Praxisanbau geprüft. Von einem Wirtschaftsunternehmen wurde die Verarbeitung zu Saft mit zwei etablierten industriellen Verfahren durchgeführt. Neben agronomischen Messungen und Bonituren wurden auch Analysen wertgebender Inhaltsstoffe durchgeführt sowie Untersuchungen mittels Sensorik, Empathic Foot Test und der Bildschaffenden Methode Kupferchlorid-Kristallisation. Die Qualitätserfassung mittels Kupferchlorid-Kristallisation wurde außerdem methodisch weiterentwickelt.

Hinsichtlich agronomischer Merkmale zeigten fünf der sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien eine hohe bis sehr hohe Anbauwürdigkeit. In Bezug auf wertgebende Inhaltsstoffe wie Carotenoide, Zucker, Vitamin C und Phenole waren die Genotypen gleichwertig. Unterschiede im Terpenprofil weisen auf verschiedene Geschmacksausprägungen hin. Die Untersuchung auf lebensmittelinduzierte Emotionen mittels Empathic Food Test ergab nur wenige statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Sorten und Zuchtlinien. Wiederkehrende Muster im Verhältnis der Genotypen ließen dennoch eine Sortencharakterisierung zu. In der sensorischen Bewertung konnten signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen gefunden und Geschmacksprofile erstellt werden. Auch die Kupferchlorid-Kristallisation konnte die Genotypen differenzieren und in einem qualitativen Ranking beschreiben.

Die mit zwei verschiedenen großtechnischen Verfahren hergestellten Säfte unterschieden sich hinsichtlich der Inhaltstoffgehalte nicht. Sensorisch konnten die codierten Proben jedoch ebenso differenziert werden wie mit der Methode der Kupferchlorid-Kristallisation, und zwar zugunsten der Kaltvermahlung gegenüber der Heißvermahlung.

Summary

The quality of organic carrots as fresh product and processed into juice was examined and evaluated in many different ways. The influence of variety, cropping location and juice processing method on the quality of the end product was investigated. Six carrot genotypes were grown for two years in field trials and for three years in large-scale crop production. Processing into juice was carried out by a commercial enterprise using two industrial processes. In addition to agronomic measurements and assessments, analyses of valuable ingredients were also carried out as well as investigations using sensory tests, the Empathic Foot Test and the image-creating method of copper chloride crystallization. The method of quality assessment using copper chloride crystallization was also further developed.

The results were differentiated and described in a qualitative ranking.

The juice processing methods could not be differentiated in terms of analytics. However, there were statistical differences in the sensory evaluation and copper chloride crystallization with a higher quality assessment of cold grinding compared to hot grinding. In terms of agronomic characteristics, five of the six varieties and breeding lines studied showed a high to very high cultivation value. The genotypes were equivalent in terms of valuable ingredients such as carotenoids, sugar, vitamin C and phenols. There were significant differences in the terpene profile, indicating different flavor characteristics. The investigation of food-induced emotions using the EmpathicFoodTest revealed only a few statistically significant differences concerning varieties and breeding lines. Nevertheless, recurring patterns in the relationship between the genotypes allowed a variety characterization. In the sensory evaluation, significant differences

were found between the genotypes and flavor profiles were created. Copper chloride crystallization was also able to differentiate the genotypes and describe them in a qualitative ranking.

The juices produced using two different industrial-scale processes did not differ in terms of their ingredient content. However, the coded samples could be differentiated by a trained sensory panel and with copper chloride crystallization, namely in favour of cold grinding compared to hot grinding.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Gegenstand des Vorhabens.....	1
1.2	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖL oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen 1	
1.3	Planung und Ablauf des Projektes	2
2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	3
3	Material und Methoden	8
3.1	Versuchsanbau sowie Praxisanbau von Verarbeitungsmöhren.....	8
3.1.1	Versuchsanbau auf zwei ökologisch bewirtschafteten Standorten (2020 und 2021) 8	
3.1.2	Praxisanbau für Verarbeitung (2020, 2021, 2023).....	10
3.2	Industrielle Verarbeitung von Möhren zu Saft (2020, 2021, 2023).....	11
3.3	Qualitätsuntersuchungen an Frischmöhren und Möhrensaft	12
3.3.1	Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe	13
3.3.2	Sensorik.....	17
3.3.3	Kupferchlorid-Kristallisation	24
3.3.4	Lebensmittelinduzierte Emotionen	33
4	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	34
4.1	Versuchsanbau sowie Praxisanbau von Verarbeitungsmöhren.....	34
4.1.1	Agronomische Merkmale.....	34
4.2	Qualitätsuntersuchungen	42
4.2.1	Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe	42
4.2.2	Sensorik.....	61
4.2.3	Kupferchlorid-Kristallisation	80
4.2.4	Lebensmittelinduzierte Emotionen	113
5	Diskussion der Ergebnisse	125
5.1	Versuchsanbau sowie Praxisanbau von Verarbeitungsmöhren.....	125
5.1.1	Agronomische Merkmale.....	125

5.2	Qualitätsuntersuchungen an Frischmöhren und Möhrensäften	128
5.2.1	Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe	128
5.2.2	Sensorik	131
5.2.3	Kupferchlorid-Kristallisation	133
5.2.4	Lebensmittelinduzierte Emotionen	138
5.2.5	Sortencharakterisierungen	140
6	Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse	146
7	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen	148
8	Zusammenfassung	149
9	Literatur	151
10	Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse	156
11	Anhang	157

Abkürzungen:

KHOH	Standort Kleinhohenheim
TAU	Standort Taucha
GAR	Standort Gartow
nmE	Nicht marktfähiger Ertrag
FG	Frischgewicht
TG	Trockengewicht
Tx	Trolox
AA	Ascorbinsäure Äquivalente

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kristallisation reinen Kupferchlorids (links) und mit Zusatz von Möhrensaft (rechts).....	6
Abbildung 2: Aufbau des Bewertungssheets der RDA-Methode, Sensorik.	19
Abbildung 3: Aufbau des Bewertungssheet der RATA-Methode, die eher unerwünschten Geschmacksattribute wurden zur Kenntlichmachung nur für diesem Schlussbericht gelb hinterlegt.	20
Abbildung 4: Aufbereitung des Probenmaterials für die Kupferchlorid-Kristallisation.....	27
Abbildung 5: Examenssheet für die visuelle Auswertung der Kupferkristallisation durch ein Experten-Panel. Jeweils links unter dem Bild sind die Konzentrationen des Zusatzes (Ad) im Verhältnis zur Kupferchlorid-Lösung (CuCl ₂) angegeben. Rechts unter jedem Bild ist der Zeitpunkt des Beginns der Kristallisation nach Pipettieren auf die Glasplatte in der Kristallisationskammer angezeigt (tcr).	29
Abbildung 6: Bewertungssheet für die visuelle Auswertung der 16 beschreibenden Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation durch ein Experten-Panel. Die Merkmale 1 bis 9 sind positiv konnotiert, die Merkmale 10 bis 16 sind negativ konnotierte Bildmerkmale.	30
Abbildung 7: Beschreibung der einzelnen auszuwertenden Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation.	30
Abbildung 8: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkostetet als Möhrenraspel, vom Standort TAU im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0= nicht vorhanden bis 10= stark vorhanden bewertet.	62
Abbildung 9: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als Möhrenraspel, vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0 = nicht vorhanden bis 10 = stark vorhanden bewertet.	63
Abbildung 10: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als Möhrenraspel, vom Standort GAR im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0 = nicht vorhanden bis 10 = stark vorhanden bewertet.	64
Abbildung 11: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als frisch gepresster Möhrensaft, vom Standort TAU im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0 = nicht vorhanden bis 10 = stark vorhanden bewertet.	66
Abbildung 12: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als frisch gepresster Saft, vom Standortes KHOH im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0= nicht vorhanden bis 10= stark vorhanden bewertet.....	67
Abbildung 13: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als frisch gepresster Möhrensaft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0= nicht vorhanden bis 10= stark vorhanden bewertet.	68
Abbildung 14: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RDA-Methode von Frischmöhren, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Dargestellt ist die Vergabe einer Rangordnung unter den sechs Sorten und Zuchtlinien mit Rang 1 bis 6 (Rang 1 = Kriterium am geringsten vorhanden, Rang 6 = Kriterium am stärksten vorhanden).	69

Abbildung 15: Ergebnisse der Kruskal-Wallis ANOVA der RDA-Ergebnisse für Gesamtgeschmack, süßen Geschmack, Farbintensität und grünen Geschmack der Frischmöhren vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Auf der X-Achse sind die sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien abgetragen, auf der Y-Achse der Median.....	70
Abbildung 16: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RATA-Methode der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Dargestellt ist die Ausprägung der einzelnen Attribute von 0 = nicht vorhanden bis 3 = stark vorhanden.	71
Abbildung 17: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für zwei Attribute der RATA-Prüfung der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2021.....	72
Abbildung 18: Anzahl der Nennungen relevanter Attribute zur Unterscheidung der Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung am Bsp. der Säfte von KS-MOG-CHE-HKÖ. Attribute, die „schwächer vorhanden“ benannt wurden, sind im Minusbereich abgebildet und Attribute, die „stärker vorhanden“ bewertet wurden, im Plusbereich.	73
Abbildung 19: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RDA-Methode der Frischmöhren, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Dargestellt ist die Vergabe einer Rangordnung unter den sechs Sorten und Zuchtlinien mit Rang 1 bis 6 (Rang 1 = Kriterium am geringsten vorhanden, Rang 6= Kriterium am stärksten vorhanden).	74
Abbildung 20: Ergebnisse der Kruskal-Wallis ANOVA der RDA-Ergebnisse für süßen Geschmack, Gesamtgeschmack, Farbintensität und grünen Geschmack der Frischmöhren vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Auf der X-Achse sind die sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien abgetragen, auf der Y-Achse der Median.....	75
Abbildung 21: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RATA-Methode der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Dargestellt ist die Bewertung der einzelnen Attribute von 0 = nicht vorhanden bis 3 = stark vorhanden.	76
Abbildung 22: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier Attribute der RATA-Prüfung der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023.....	77
Abbildung 23: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RDA-Methode der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte im Jahr 2023. Dargestellt ist die Vergabe einer Rangordnung unter den sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien mit Rang 1 bis 6 (Rang 1 = Kriterium am geringsten vorhanden, Rang 6 = Kriterium am stärksten vorhanden).	78
Abbildung 24: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RATA-Methode der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023. Dargestellt ist die Bewertung der einzelnen Attribute von 0 = nicht vorhanden bis 3 = stark vorhanden.	79
Abbildung 25: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier Attribute der RATA-Prüfung der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023.	80
Abbildung 26: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. GAR, 2020.	81
Abbildung 27: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kristallisationskammer: Rot, Qualität.Tag: Blau, Kristallisationskammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. GAR, 2020.	81

Abbildung 28: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. KHOH, 2020.....	82
Abbildung 29: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kristallisationskammer: Rot, Qualität.Tag: Blau, Kristallisationskammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben, KHOH, 2020.	82
Abbildung 30: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROIs. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. TAU, 2020.	83
Abbildung 31: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Qualität.Tag: Blau, Kristallisationskammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben, TAU, 2020.	83
Abbildung 32: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.....	84
Abbildung 33: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort GAR, 2021.....	84
Abbildung 34: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.....	85
Abbildung 35: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort KHOH, 2021.	85
Abbildung 36: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.....	86
Abbildung 37: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort TAU, 2021.	86
Abbildung 38: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.....	87
Abbildung 39: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort GAR, 2023.....	87
Abbildung 40: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.....	88
Abbildung 41: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Verarbeiteter Saft Fa. Voelkel, 2021.....	88
Abbildung 42: Qualitative Rangfolge der mit dem visuellen Experten-Panel ausgewerteten Kristallbilder der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort TAU im Anbaujahr 2020 und deren Clusterbildung.....	89
Abbildung 43: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort TAU im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	90
Abbildung 44: Qualitative Rangfolge der mit dem visuellen Experten-Panel ausgewerteten Kristallbilder der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020 und deren Clusterbildung.....	91
Abbildung 45: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	92

Abbildung 46: Qualitative Rangfolge der mit dem visuellen Experten-Panel ausgewerteten Kristallbilder der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2020 und deren Clusterbildung.....	93
Abbildung 47: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	94
Abbildung 48: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2021. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	95
Abbildung 49: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier ausgewählte Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2021.	96
Abbildung 50: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	97
Abbildung 51: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	98
Abbildung 52: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier ausgewertete Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2023.	99
Abbildung 53: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien, jeweils zusammengefasst in den Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung im Jahr 2021. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	100
Abbildung 54: Kristallbilder der verarbeiteten Möhrensäfte, Kaltvermahlung links und Heißvermahlung rechts am Beispiel der Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ.	101
Abbildung 55: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.	102
Abbildung 56: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier ausgewertete Attribute der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Säfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023.	103
Abbildung 57: Positivindizes der Untersuchungsmethoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation für Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR in den Anbaujahren 2021 und 2023. Angezeigte Skalenniveaus richten sich nach der Höhe der jeweiligen Werte.	104
Abbildung 58: Negativindizes der Untersuchungsmethoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation für Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR in den Anbaujahren 2021 und 2023. Angezeigte Skalenniveaus richten sich nach der Höhe der jeweiligen Werte.	105
Abbildung 59: Ergebnis der Clusteranalyse der Ergebnisse von Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR in den Jahren 2021 und 2023. Neg.= negativ belegte. Die Cluster wurden anhand der 4 Faktoren aus der PCA gebildet.....	109

Abbildung 60: Verschiedene Bildtypen bei der Kristallisation von Zitruspektin bei steigender Substanzmenge. Oben links Dewetting type, oben Mitte Deposit type, oben rechts Split growth type, unten links Detric type und unten Mitte Inhibition type.	112
Abbildung 61: Ranking der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021) im Hinblick auf den Mittelwert für das körperliche und mentale Befinden (Skala 2) (1 = beste Bewertung, 6 = schlechteste Bewertung).	114
Abbildung 62: Ranking der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021) im Hinblick auf den Mittelwert für das emotionale Befinden (Skala 1) (1 = beste Bewertung, 6 = schlechteste Bewertung).	114
Abbildung 63: Ranking der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021) im Hinblick auf das Merkmal Warm. (1 = warm, 6 = kalt).	115
Abbildung 64: Ausprägung des Merkmals WARM der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH aus dem Anbaujahr 2020 (1 = warm, 5 = kalt).	116
Abbildung 65: Messung lebensmittelinduzierter Emotionen. Hauptwirkungen der Frischmöhren von drei Genotypen aus den Jahren 2020 und 2021 vom Standort KHOH. Anzahl der Beobachtungen.	116
Abbildung 66: Ausprägung der Hauptwirkungen der freien Beschreibung der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021). Relative Ausprägung in Prozent bezogen auf den Mittelwert der sechs Genotypen.	117
Abbildung 67: Häufigkeit der Nennung Anderer positiv konnotierter Merkmale bei Frischmöhren von zwei Standorten (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahren (2020, 2021). Vergleich von sechs Sorten und Zuchtlinien.	118
Abbildung 68: Häufigkeit der Nennung des Merkmals Warm bei Frischmöhren von zwei Standorten (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahren (2020, 2021). Vergleich von sechs Sorten und Zuchtlinien.	119
Abbildung 69: Häufigkeit der Nennung Negativ konnotierter Merkmale bei Frischmöhren von zwei Standorten KHOH, GAR) und zwei Anbau (2020, 2021). Vergleich von sechs Sorten und Zuchtlinien.	120
Abbildung 70: Lebensmittelinduzierte Emotionen von Möhrensäften aus Kaltvermahlung. Häufigkeit der Nennung von sechs positiv konnotierten Hauptwirkungen. Vergleich der Säfte von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2023.	121
Abbildung 71: Lebensmittelinduzierte Emotionen von Möhrensäften aus sechs Sorten/Zuchtlinien aus dem Jahr 2021. Anzahl der Beobachtungen bei den Hauptwirkungen Wach/Hell, Brust/Atem, Warm/Ruhe, guter Stand und negativ konnotierte Merkmale. Vergleich von zwei Verarbeitungsverfahren.	122
Abbildung 72: Lebensmittelinduzierte Emotionen des Produkts „Feldfrischer Möhrensaft“, untersucht vor der Abfüllung als Tankmix sowie nach der Konservierung in Flaschen im Jahr 2021. Anzahl der Beobachtungen bei den Hauptwirkungen aufrecht/hell, wach, Brust/Atem, Ruhe, warm/Hülle und guter Stand.	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien.	8
Tabelle 2: Übersicht der Frischmöhrenproben aus Versuchs- und Praxisanbau in den Jahren 2020, 2021 und 2023. In allen Jahren und an allen drei Versuchsstandorten wurden die sechs gleichen Genotypen angebaut. Für die Inhaltstoffanalytik wurden die Proben in 3facher Feldwiederholung untersucht. Die Methoden Sensorik, Kupferchlorid-Kristallisaion und Lebensmittelinduzierte Emotionen untersuchten je Genotyp eine Mischprobe aus 3 Feldwiederholungen.	12
Tabelle 3: Übersicht der bei Fa. Voelkel in den Jahren 2020, 2021 und 2023 hergestellten und mittels vier Qualitätserfassungsmethoden untersuchten Möhrensaftproben. Außer bei den Proben „Tank-Mix“ und „Feldfrischer Möhrensaft“ handelt es sich um sortenreine Saftproben aus sechs Möhrensorten und -zuchtlinien.	13
Tabelle 4: Sensorische Attribute und deren Erläuterungen bei der QDA der verkosteten Frischmöhren im Jahr 2020. Negativ konnotierte Attribute sind hier gelb unterlegt.	18
Tabelle 5: Attribute für die Unterscheidung der Heiß- und Kaltvermahlung der verarbeiteten Möhrensäfte beim Dreieckstest. Angekreuzt werden musste dabei die abweichende Probe.	23
Tabelle 6: Probenverteilung auf die Kristallisationsversuche über die Projektlaufzeit.	26
Tabelle 7: Die 12 Merkmale (Items) des Fragebogens (EmpathicFoodTest).	34
Tabelle 8: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) von Ertrag [t ha ⁻¹], Ertrag der Jahre 2020 und 2021 [t ha ⁻¹], nmE (nicht marktfähiger Ertrag) [t ha ⁻¹], Anzahl [Möhren m ⁻²], Länge [cm], Gewicht [g], Durchmesser [mm], Core:Coretex-Rate der Jahre 2021 und 2023 (CCR) sowie das Spross-Wurzel-Verhältnis (SWV) (nur KHOH 2020 und 2021) der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	36
Tabelle 9: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Erträge [t ha ⁻¹] und Anzahl [Möhren m ⁻²] an den Versuchsstandorten KHOH, TAU und GAR über sechs Möhrensorten und -zuchtlinien und drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und Spross-Wurzel-Verhältnis (SWV) am Versuchsstandort KHOH der Jahre 2020 und 2021. Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	37
Tabelle 10: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Länge der Möhren [cm] von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den Standorten KHOH; TAU und GAR getrennt, über drei untersuchte Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	37
Tabelle 11: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Laubstabilität, Mehлтаubefall, Glattschaligkeit, Homogenität [1-9 Skala], Abgestumpftheit [%] und Rübenform [1 = zylindrisch bis 3 = stark konisch] der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind,	

unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	40
Tabelle 12: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Laublänge [cm] von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den Standorten KHOH; TAU und GAR getrennt, über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	41
Tabelle 13: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Laublänge [cm], des Alternaria-Befalles [1-9 Skala] und der Grünköpfigkeit [%] an den Versuchsstandorten KHOH, TAU und GAR über sechs Möhrensorten und -zuchtlinien und drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	42
Tabelle 14: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Trockensubstanz [%], Zuckergehalte [°BRIX], Carotenoid- [$\mu\text{g g}^{-1} \text{FG}^{-1}$], Vitamin C- [$\text{mg AA } 100 \text{ g}^{-1} \text{FG}^{-1}$], Phenolgehalte [%] und FRAP-Werte [$\mu\text{mol g}^{-1} \text{TG}^{-1}$] der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	45
Tabelle 15: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Vitamin C Gehalte [$\text{mg AA } 100 \text{ g}^{-1} \text{FG}^{-1}$] und der DPPH-Werte [$\text{mmol g}^{-1} \text{TG}^{-1}$] in Frischmöhren der Versuchsjahre 2020, 2021 und 2023 über sechs Sorten und Zuchtlinien und drei Standorte. Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	46
Tabelle 16: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der DPPH-Werte [$\text{mmol Trolox g}^{-1} \text{TG}^{-1}$] der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den drei Standorten KHOH, TAU und GAR getrennt, über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	46
Tabelle 17: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene α -Pinen, Sabinen, β -Pinen, n-Octanal, o-Cymen und d-Limonen der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte in Peakfläche 1 Mio^{-1} . Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	47
Tabelle 18: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene γ -Terpinen, Terpinolen, Bornyl Azetat, Caryophyllen, Humulen und α -Curcumen der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Jahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen	

Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	48
Tabelle 19: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene β -Bisabolen, (Z)- γ -Bisabolen, (E)- γ -Bisabolen, α -Bisabolen, Geranyl-2-methyl-Butyrat und α -Phellandren der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	49
Tabelle 20: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) von cis- α -Bergamotten in Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den Standorten KHOH, TAU und GAR getrennt, über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	50
Tabelle 21: Mittelwerte \pm Standardfehler der Terpene α -Pinen, Sabinen, β -Pinen, γ -Terpinen und α -Phellandren in Frischmöhren an den Versuchsstandorten KHOH, TAU und GAR über sechs Sorten und Zuchtlinien und drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	51
Tabelle 22: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Zuckergehalte [$^{\circ}$ BRIX], Carotenoidgehalte [$\text{mg } \beta$ -Carotin 100 ml^{-1}], Phenolgehalte [$\text{mg GAE } 100 \text{ ml}^{-1}$], DPPH-Werte [$\mu\text{mol TX ml}^{-1}$] und FRAP-Werte [$\mu\text{mol L}^{-1}$] der Möhrensäfte aus Heiß- und Kaltvermahlung von sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien über drei Verarbeitungsjahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	52
Tabelle 23: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Zuckergehalte [$^{\circ}$ BRIX] und der Phenolgehalte [$\text{mg GAE } 100 \text{ ml}^{-1}$] der Verarbeitungsjahre 2020, 2021 und 2023 über sechs sortenreine Möhrensäfte aus Heiß- und Kaltvermahlung. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Tukey Test).	53
Tabelle 24: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene α -Pinen, β -Pinen, n-Octanal, o-Cymen, d-Limonen, γ -Terpinen und Bornyl Azetat in Peakfläche 1 Mio^{-1} der Möhrensäfte aus Kalt- und Heißvermahlung von sechs verarbeiteten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Verarbeitungsjahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	54
Tabelle 25: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene Caryophyllen, Humulen, α -Curcumen, (Z)- γ -Bisabolen, α -Bisabolen, Geranyl-2-methyl-Butyrat und α -Phellandren in Peakfläche 1 Mio^{-1} der Möhrensäfte aus Kalt- und Heißvermahlung von sechs verarbeiteten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Verarbeitungsjahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	55

Tabelle 26: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene β -Pinen und α -Bisabolen in Peakfläche 1 Mio ⁻¹ nach Verarbeitungsjahren (2020, 2021 und 2023) über die Möhrensäfte aus Kalt- und Heißvermahlung von sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ ((Fisher's Least Significant Difference Test (LSD))).	55
Tabelle 27: Mittelwerte \pm Standardfehler der Zuckergehalte [$^{\circ}$ BRIX], Carotenoidgehalte [mg β -Carotin 100 ml ⁻¹], Phenolgehalte [mg GAE 100 ml ⁻¹], DPPH-Werte [μ mol TX ml ⁻¹] und FRAP-Werte [μ mol L ⁻¹] sowie der Terpene der Tank-Mix Proben aus 2020 und 2021 und dem Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“ aus dem Jahr 2021.	56
Tabelle 28: P-Werte aus der Varianzanalyse (ANOVA) der Zuckergehalte in Frischware und den Säften aus Heiß- und Kaltvermahlung aller untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über alle Versuchsjahre.	57
Tabelle 29: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene Sabinen, cis- α -Bergamotten und β -Bisabolen in Peakfläche 1 Mio ⁻¹ der Frischmöhren (FM) vom Standort GAR und der Möhrensäfte aus Kaltvermahlung (K) und Heißvermahlung (H) von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Verfahrens bzw. der Frischware und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Frischmöhren und Versaftungsverfahren innerhalb einer Sorte bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	59
Tabelle 30: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene (E) γ -Bisabolen, Terpinolen und Geranyl-2-Methyl-Butyrat in Peakfläche 1 Mio ⁻¹ der Frischmöhren (FM) vom Standort GAR und der Möhrensäfte aus Kaltvermahlung (K) und Heißvermahlung (H) von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Verfahrens bzw. der Frischware und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Frischmöhren und Versaftungsverfahren innerhalb einer Sorte bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ ((Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).	60
Tabelle 31: Minimum (Min), Maximum (Max), Median, Interquartilabstand (Iqr) Mittelwert (Mean), Standardabweichung (Sd), Standardfehler (Se) und Konfidenzintervall Ci für die Berechnung des Friedmann-Tests der Frischmöhren vom Standort TAU im Anbaujahr 2020 der Kristallbildauswertung durch das visuelle Experten-Panel.	89
Tabelle 32: Minimum, Maximum, Median, Interquartilabstand Mittelwert, Standardabweichung, Standardfehler und Konfidenzintervall Chi ² für die Berechnung des Friedmann-Tests der Frischmöhren Standort KHOH 2020 der Kristallbildauswertung durch das visuelle Experten-Panel.	91
Tabelle 33: Minimum, Maximum, Median, Interquartilabstand Mittelwert, Standardabweichung, Standardfehler und Konfidenzintervall Chi ² für die Berechnung des Friedmann-Tests der Frischmöhren Standort GAR 2020 der Kristallbildauswertung durch das visuelle Experten-Panel.	92
Tabelle 34: t-Test für unabhängige Stichproben zur Feststellung von Unterschieden zwischen den beiden Saffherstellungsverfahren (Heiß- und Kaltvermahlung) der Fa. Voelkel	

bei der Bewertung der Kristallisationsbilder durch ein Experten-Panel, hier am Beispiel Zentrumskoordination.....	100
Tabelle 35: Komponentenmatrix der Hauptkomponentenmatrix mit Varimax-Rotation. Das dargestellte Ergebnis ist eine 4-Faktoren-Lösung. Attribute, die auf einen jeweiligen Faktor laden sind farblich markiert. Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation sind pfirsichfarben, Attribute der Sensorik grau hinterlegt.	107
Tabelle 36: Gegenüberstellung der Rankingergebnisse von sechs Möhrensorten und -zuchtlinien anhand der Ergebnisse aus der Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren sowie Saftproben des Jahres 2023. Auswertungen von Masterstudentin (Einzel STUD), geschulte Person der Universität Kassel (Einzel UNI) und einem geschulten Panel (Panel). Ranking von links (höchster Rang) nach rechts (niedrigster Rang) absteigend.	111
Tabelle 37: Korrelationen (r) und partielle ($r_{\text{part.}}$) Korrelationen zwischen Sensorik-Attributen und Merkmalen der lebensmittelinduzierten Emotionen. Grün hinterlegte Felder: positive Korrelationen, rosa hinterlegte Felder: negative Korrelationen. (Eine hohe Ausprägung der Qualität Warm und eine positive Konnotation beim emotionalen sowie beim körperlichen und mentalenen Befinden wird auf der Skala von 1 bis 5 mit dem Wert 1 bewertet. Deshalb erhalten positive Korrelationen in der Tabelle ein Minus.) Auf Basis der Mittelwerte der Frischmöhren von den Standorten KHOH und GAR in den Anbaujahren 2020 und 2021. Die Korrelationen und partiellen Korrelationen wurden mit IBM SPSS Statistics Version 26 gerechnet. Die partiellen Korrelationen kontrollieren für Jahr und Sorte, die als Dummies modelliert wurden.	124
Tabelle 38: ANOVA-Tabelle mit Mittelwerten und Konfidenzintervall der zwölf polaren Merkmale des Empathic Food Test der Frischmöhren der Standorte GAR und KHOH in den Jahren 2020 und 2021.....	157
Tabelle 39: Statistisch gesicherte Unterschiede bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (ANOVA mit anschließendem post-hoc-Test, Tukey bzw. Games Howell) zwischen den einzelnen Möhrensorten und -zuchtlinien bei unterschiedlichen sensorischen Attributen der QDA der Frischmöhren, verkostet als Raspel, im Versuchsjahr 2020.....	158
Tabelle 40: Signifikante Unterschiede bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (ANOVA mit anschließendem post-hoc-Test, Tukey bzw. Games Howell) zwischen den einzelnen Möhrensorten und -zuchtlinien bei unterschiedlichen sensorischen Attributen der QDA der Frischmöhren, verkostet als frisch gepresster Saft, im Versuchsjahr 2020.	159

1 Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

Für Konsumenten von Bio-Produkten zählen guter Geschmack, Wohlbefinden und Gesundheitswirkung zu den zentralen Kaufmotiven. Um die von Verbraucherseite geforderten Qualitätskriterien sicherstellen und optimieren zu können, sind zum einen geeignete Qualitätserfassungsmethoden notwendig. Zum anderen ist es wichtig, die wesentlichen qualitätsbestimmenden Einflussfaktoren im gesamten Prozess vom Anbau über Verarbeitung bis hin zum Handel zu berücksichtigen. Die Verbesserung der Produktqualität sowie die Darstellung von Qualitätseigenschaften sind wichtige Bausteine für eine Ausweitung des Marktes ökologischer und nachhaltiger Lebensmittel. Im Rahmen des Verbundprojektes EATMORE wurde die Qualität von Bio-Möhren als Frischware sowie verarbeitet zu Möhrensaft mittels klassischer sowie innovativer Qualitätserfassungsmethoden vielschichtig untersucht und bewertet. Dabei wurde der Einfluss von Sorte, Anbaustandort und Verarbeitungsverfahren auf die Qualität des Endprodukts untersucht. Parallel dazu wurde die innovative Qualitätserfassungsmethode Kupferchlorid-Kristallisation methodisch weiterentwickelt.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖL oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen

Ziel des Verbundprojektes war, die Qualität von Bio-Möhren als Frischware sowie verarbeitet zu Saft vielschichtig zu beschreiben und bewerten. Dabei wurde der Einfluss von Sorte, Anbaustandort und Saftverarbeitungsverfahren auf die Qualität des Endprodukts untersucht. Für die Qualitätsbeschreibung und -bewertung kam ein breites Spektrum an Untersuchungsmethoden zum Einsatz. Weiteres Ziel war, die bildschaffende Methode Kupferchlorid-Kristallisation, die zur Untersuchung von Lebensmittelqualität eingesetzt wird, weiterzuentwickeln.

Das Projekt adressierte die Bekanntmachung Nr. 12/18/31 des BMEL über die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Beitrag ökologisch und nachhaltig erzeugter Lebensmittel zu zukunftsfähigen Ernährungssystemen“ im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL). Im Speziellen wurden die in der Bekanntmachung genannten förderpolitischen Ziele im Punkt C) Qualität ökologischer /nachhaltiger Lebensmittel und dort die Punkte *ii*. Weiterentwicklung ganzheitlicher Untersuchungsmethoden zur Erfassung und Prüfung der Qualität ökologischer Lebensmittel (u. a. bildschaffende, physikalische und physiologische Methoden) sowie *iii*. Verbesserung der Qualität (Eignungswert, Genusswert, Gesundheitswert) verarbeiteter Lebensmittel bearbeitet.

Bei der Kupferchlorid-Kristallisation handelt es sich um eine sogenannte bildschaffende Untersuchungsmethode zur Prüfung der Qualität von Lebensmitteln. Bezüglich *ii*. wurde die Kupferchlorid-Kristallisation hinsichtlich der Anwendung auf verarbeitete, pflanzliche Lebensmittel und einer Bildauswertung mit einem geschulten Panel weiterentwickelt sowie der Wirkzusammenhang anhand von Markersubstanzen (Pektin) untersucht. Bezüglich *iii*. wurde das Ziel verfolgt, anhand umfangreicher Qualitätsuntersuchungen an Frischmöhren und Möhrensaften, Empfehlungen für die Optimierung der Produktqualität durch Variation der Sorte und der Verarbeitungsintensität für Praktiker aus Züchtung, Anbau und Verarbeitung auszuarbeiten.

Übergeordnet verfolgte das Projekt die Förderung der Ausdehnung des Ökologischen Landbaus insbesondere im Bereich Gemüsebau und die Steigerung des Marktanteils

ökologisch erzeugter Gemüseprodukte bei gleichzeitiger Sicherung der äußeren und inneren Qualität der erzeugten Produkte. Durch die gezielte Sortenwahl (hier am Beispiel Möhre) im Hinblick auf Inhaltsstoffe und Qualitätsparameter sollen künftig die Verbrauchererwartungen an eine hochwertige Qualität ökologisch erzeugter Produkte erfüllt und neue, stark gesundheitsorientierte Verbrauchergruppen an den Konsum von Öko-Produkten herangeführt werden.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Verbundleitung lag beim gemeinnützigen Verein Kultursaat (Echzell). Beteiligte Projektpartner waren die Universitäten Hohenheim und Kassel sowie der Forschungsring (Darmstadt). Unterstützt wurde das Projekt von einem ökologischen Saftverarbeitungsunternehmen (Naturkostsafterei Voelkel GmbH (Pevestorf) sowie zwei ökologischen Praxisbetrieben (Gräflich Bernstorff'sche Betriebe (Gartow), Gemüsebau Maria Bienert (Taucha)).

Fünf ökologisch gezüchtete, samenfeste Verarbeitungssorten und -zuchtlinien von Möhren wurden im Vergleich zu einer konventionellen Referenzsorte in den Jahren 2020 und 2021 an zwei Standorten (Versuchsstation Kleinhohenheim der Universität Hohenheim; Gemüsebau Maria Bienert, Taucha) in Feldversuchen angebaut und die gewonnenen Frischmöhrenproben agronomisch wie qualitativ geprüft. Parallel dazu wurden die gleichen Genotypen in den Jahren 2020, 2021 und 2023 auf einem zertifiziert ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieb (Gräflich Bernstorff'sche Betriebe, Gartow) zwecks industrieller Verarbeitung großflächig angebaut. Der am Projekt beteiligte Wirtschaftspartner verarbeitete die sechs Genotypen sortenrein nach praxisüblichem Verfahren zu Saft. Dabei kamen die beiden im Unternehmen zur Verfügung stehenden Saftverarbeitungsverfahren, die sogenannte Heiß- und Kaltvermahlung, zum Einsatz. 2020 wurden alle sechs Sorten und Zuchtlinien mittels Heißvermahlung verarbeitet. Allerdings traten Herausforderungen bei der Probengewinnung und -konservierung auf. Die schlussendlich im firmeneigenen Labor eingekochten Saftproben stellten sich als nicht repräsentativ heraus, weshalb sie von der Ergebnisauswertung ausgeschlossen wurden. 2021 wurden die sechs Möhrengenotypen jeweils in zwei Chargen aufgeteilt und parallel mit beiden Verfahren sortenrein verarbeitet. Die Probenkonservierung wurde erfolgreich angepasst, so dass die gewonnenen Säfte ohne Qualitätseinbußen an die untersuchenden Labore geliefert werden konnten. Die Ergebnisse des Verfahrensvergleichs waren so vielversprechend, dass für 2023 eine Wiederholung geplant war und die Projektlaufzeit entsprechend um ein Jahr verlängert wurde. Aufgrund zu geringer Erntemengen am Praxisstandort konnten die sechs Sorten und Zuchtlinien im dritten Jahr jedoch lediglich per Kaltvermahlung verarbeitet werden. Zusätzlich zu den sortenreinen Saftproben wurden in den Jahren 2021 und 2023 Saftproben des Endprodukts „Feldfrischer Möhrensaft“ unmittelbar vor der Abfüllung aus dem Tank gewonnen und mit dem in Flaschen konservierten „Feldfrischen Möhrensaft“ verglichen. Ziel dieses Vergleichs war es, den Einfluss der Flaschenkonservierung im Prozess der industriellen Safterstellung zu untersuchen.

An den Frischmöhren aus Versuchs- und Praxisanbau, den sortenreinen Saftproben aus Heiß- und Kaltvermahlung sowie den Saftmischproben aus Tank und Flasche wurden umfangreiche Qualitätsuntersuchungen vorgenommen. Dabei wurde sowohl der Eignungswert, der Genusswert als auch der Gesundheitswert der Produkte untersucht. Im Speziellen kam die bildschaffende Methode Kupferchlorid-Kristallisation zur Anwendung (Universität Kassel), über deren Befunde vergleichend Rückschlüsse auf die „ganzheitliche Qualität“ der Lebensmittel gezogen wurden. Mittels des EmpathicFoodTests wurden lebensmittelinduzierte Emotionen abgefragt (Forschungsring, Darmstadt) und damit das

Wohlbefinden der Konsumenten adressiert. Vergleichende Analytik wertgebender Inhaltsstoffe (Universität Hohenheim) sowie Sensorikuntersuchungen durch geschulte Panels (Universität Kassel) dienten als Referenz für das gesamte Methodenset.

Anhand der im Rahmen des Projektes hergestellten Kupferchlorid-Kristallbilder der untersuchten Frischmöhren- und Saftproben wurde die visuelle Bildauswertung mit einem Experten-Panel weiterentwickelt (Universität Kassel). Die Untersuchungen zum vermuteten Zusammenhang zwischen Pektingehalt und der Ausprägung von Bildmerkmalen konnten aufgrund fehlender Laborkapazitäten bzw. -kompetenzen nicht wie vorgesehen durchgeführt werden. Ersatzweise wurden vergleichende Untersuchungen mit Apfel- und Citruspektin angestellt.

Auf Grundlage der erhobenen Ergebnisse erfolgte eine vielschichtige Charakterisierung und Bewertung der geprüften Möhrensorten als Frischware sowie verarbeitet zu Saft. Aufgrund der nicht gelungenen Wiederholung des Verfahrensvergleichs Kalt- vs. Heißvermahlung im Jahr 2023 liegen für die Fragestellung des Einflusses der Verarbeitungsintensität auf die resultierende Saftqualität nur einjährige Daten aus 2021 vor. Diesbezügliche Ergebnisse konnten daher lediglich als Tendenz ausgewertet werden und benötigen zur Absicherung weitere Forschung.

Die Projektergebnisse und daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen wurden und werden durch Veröffentlichungen und Veranstaltungen für Forschung und Praxis zugänglich gemacht. Auf dieser Grundlage soll die Qualität von Bio-Möhrenprodukten verbessert und damit die Nachfrage nach Bio-Lebensmittels, der Anbau des Ökologischen Landbaus in Deutschland und der Ausbau der ökologischen Lebensmittelwirtschaft weiter gefördert werden.

2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Anbaubedeutung von Möhren in Deutschland:

Möhren zählen zu den beliebtesten Gemüsen in Deutschland. Mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von 10,6 kg lag die Möhre im Wirtschaftsjahr 2022/23 nach der Tomate auf Platz zwei der meistverzehrteten Gemüse (Statista, 2024). Im Gegensatz zu Tomate, die nahezu vollständig importiert wird, liegt der Selbstversorgungsgrad mit Möhren bei 75 % (BMEL, 2024). Daran gemessen ist die Möhre hierzulande das bedeutsamste Freilandgemüse. Der Anteil Bio-Möhren liegt bei ca. 20 % und ist damit im Vergleich aller Gemüsearten überdurchschnittlich hoch. Die anhaltend hohe Nachfrage nach deutschen Bio-Möhren hatte in den letzten zehn Jahren eine Ausdehnung der Bio-Anbaufläche um gut drei Viertel zur Folge. 2023 wurden auf rund 3.000 ha bio-zertifizierte Möhren mit einer Gesamterntemenge von 144.300 t angebaut (BZL, 2024, Destatis, 2024). Im Handel werden Möhren ganzjährig als Frisch- und Lagerware sowie in Form verarbeiteter Produkte angeboten. Möhrensaft zählt dabei zu den wichtigsten Verarbeitungsprodukten. Der Klassiker im Sortiment des Bio-Saftherstellers Voelkel, „Feldfrische Möhre“, schaffte es im Februar 2019 auf den ersten Platz bei der Wahl zum „Demeter Produkt des Jahres 2019“. Den 2. Platz belegte die vom Verein Kultursaat entwickelte biologisch-dynamische Möhrensorte Rodelika.

Züchtung/Sortenspektrum, Sortenvielfalt:

In der EU sind laut Gemeinsamem Sortenkatalog zurzeit etwa 460 Möhrensorten zugelassen, davon sind ca. zwei Drittel „Hybriden nach Auskunft des Züchters“. In der Anbaupraxis (konventionell aber auch ökologisch) ist der Hybridanteil wohl eher noch höher. In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Möhrensorten speziell für den Ökologischen Landbau entwickelt, bei deren Züchtung bewusst auf Hybridzüchtung verzichtet wurde. Ein Großteil dieser

ökologisch gezüchteten samenfesten Möhrensorten gehört zum Verantwortungsbereich des Vereins Kultursaat. Aktuell (Stand: 30.09.2024) sind 13 Kultursaat-Möhrensorten behördlich zugelassen, 1 Kandidat befindet sich im Prozess der Zulassung (Registerprüfung) und mehrere Zuchtlinien verschiedener Verwertungsrichtungen sind in züchterischer Entwicklung.

Gesundheitswert von Möhren:

Möhren enthalten eine ganze Reihe von medizinisch wirksamen Substanzen, zu deren wichtigsten Vertretern die Gruppe der **Carotenoide** zählen. Die physiologische Bedeutung der Carotinoide liegt in ihrer Beteiligung an der Energieübertragung bei der Photosynthese sowie der Funktion, Zellen vor schädigendem Lichteinfluss zu schützen. Hierbei kommt vor allem der Untergruppe der Carotine, wie dem Betacarotin (Provitamin von Vitamin A1 = Retinol, wird in der Leber zu Vitamin A umgebaut) oder dem Lycopin (krebsschützender Inhaltsstoff) eine gesundheitsfördernde Wirkung zu. Zubereitungen aus der Möhrenwurzel begünstigen daher die Sehschärfe und das Dämmerungssehen und wirken vorteilhaft bei bestimmten Augenkrankheiten (*Retinitis pigmentosa*). Wesentlich als Erklärung der klinischen Wirkungen der Möhre ist ihr Gehalt an Betacarotin und ähnlicher Verbindungen (Lycopin, Lutein u.a.): deren stark antioxidative Wirkungen reduzieren durch Entschärfung bestimmter Zellgifte (z.B. Sauerstoffradikale) die Gefahr von Herzinfarkten und Schlaganfällen. Zudem verbessern hohe Betacarotin-Werte im Blut die Rekonvaleszenz. Da der Mensch keine Carotinoide synthetisieren kann, müssen diese auf pflanzlicher Basis über die Nahrung aufgenommen werden. Möhren sind eine wichtige Quelle für Carotinoide, da große Mengen im Rüben Gewebe akkumuliert werden (Ladizinsky, 1998, Rubatzky et al., 1999).

Weiterhin zählen **Terpene** zu einer der wichtigsten Gruppen von sekundären Metaboliten in Möhren, die den Geschmack (z.B. Limonen) beeinflussen, aber auch für die Bitterkeit verantwortlich sind (Kramer et al., 2012). In der Möhre sind bis zu 20 verschiedene Terpene für den Möhrengeschmack ursächlich. Der Gehalt der meisten Terpene steigt mit zunehmender Temperatur während der Kulturdauer.

Der hohe Gehalt an **Zucker**verbindungen aus den Gruppen der Mono- und Oligosaccharide, z.B. Glucose und Saccharose ist für die Sensorik relevant. Neben diesen pharmakologisch auffallenden Inhaltsstoffen enthalten Möhren hohe Mengen an Mineralstoffen, Polysacchariden wie z.B. Pektin, für die menschliche Verdauung vorteilhaften Ballaststoffen oder **Vitaminen** der B-Gruppe und **Vitamin C**.

Das **antioxidative Potenzial** von Lebensmitteln ist von besonderer Bedeutung. **Phenole** können beispielweise als Antioxidantien dienen und das Abfangen freier Radikale fördern (Aadil et al., 2013). Antioxidantien können oxidativen Stress der Zellen reduzieren, altersbedingten Krankheiten und Krebs vorbeugen, das Immunsystem unterstützen und die zelluläre Energieproduktion fördern (Tan et al., 2018). Unter den Phenolen gibt es auch Substanzen die den Bitterstoffen zuzuordnen sind, weshalb ein hoher Gehalt an Phenolen den Geschmack beeinflussen kann.

Möhrensaft ist ein beliebtes Getränk, das auf der ganzen Welt konsumiert wird und als eine wichtige Quelle für Carotenoide, Vitamine und Phenole akzeptiert wird. Aus diesem Grund ist es bedeutsam, in Lebensmitteln natürlicherweise vorkommende wertgebende Inhaltsstoffe zu erhalten, indem aufkommende Technologien in Kombination mit milden Temperaturen zur Verarbeitung von Lebensmitteln verwendet werden.

Für den finalen Gehalt an Inhaltsstoffen spielt jedoch vor allem die Sortenwahl eine große Rolle und verursacht einen 7- bis 11-fachen Unterschied im Terpen-, β -Carotin-, Magnesium-, Eisen- und Phenolgehalt sowie einen 1- bis 4-fachen Unterschied beim bitteren und süßen Geschmack. Klimabezogene Faktoren können bei Terpenen bis zu 20-fachen, beim

Gesamtzucker bis zu 82 % und bei β -Carotin zu 30 bis 40 %igen Gehaltsänderungen führen. Ökologisch angebaute Möhren wiesen im Vergleich zu solchen aus konventionellem Landbau um bis zu 70 % höhere Gehalte an Magnesium und 10 % an Eisen auf. Eine niedrige Stickstoffdüngung kann zu einem Anstieg des Terpene-Gehalts von bis zu 100 %, einem geringen Anstieg der Trockensubstanz (+4 bis + 6 %) und des Magnesiumgehaltes (+ 8 %) und einer Verringerung des β -Carotin-Gehalts (-8 bis -11 %) führen (Hochmuth et al. 1999, Boskovic-Rakocevic et al. 2012, Howard et al. 1996). Die sensorischen und chemischen Qualitätsparameter von Möhren werden so hauptsächlich durch genetische und klimabedingte Faktoren und in geringem Umfang durch die Anbaumethode bestimmt.

Sensorik von Möhren:

Laut Kretzschmar & Schmid, 2006 sind sensorische Eigenschaften das wichtigste Kriterium für den Kauf von Ökolebensmitteln. Auch wenn neuere Umfragen eine Trendänderung zeigen, so lag der Geschmack im Jahr 2022 auf Rang fünf der wichtigsten Gründe für den Kauf von Ökoprodukten (BMEL & BÖL, 2023).

In der Sensorik werden menschliche Sinne genutzt, um verschiedene Produkte zu beschreiben und zu bewerten. Dabei können je nach Untersuchungsziel visuelle, olfaktorische, gustatorische wie auch taktile und auditive Wahrnehmungen der Probanden von Bedeutung sein. Bei wissenschaftlichen Experimenten nach definierten DIN- und ISO-Normen mit nachfolgender statistischer Auswertung, können so Aussagen über Produkteigenschaften gewonnen werden (DGSens e.V., 2021). Im Bereich der analytischen Sensorik bewerten geschulte Prüfer die Produkte in Bezug auf unterschiedliche Produkteigenschaften wie Geruch, Geschmack, Textur, Mundgefühl oder Aussehen (Derndorfer, 2012).

Mit dem Verfahren der Profilprüfung (deskriptive Analyse) können qualitätsbestimmende Merkmalseigenschaften in ihrer Intensität anhand einer vorgegebenen Skala erfasst werden (DIN 10967-1). Als Ergebnis entsteht ein sog. Produktprofil. Zur Sicherstellung der statistischen Aussagekraft sollte ein Panel aus zehn bis zwölf Prüfpersonen bestehen.

Zu den klassischen deskriptiven Methoden gehören die Quantitative Deskriptive Analyse (QDA[®]), Ranking Descriptive Analysis (RDA) und das konventionelle Profil (DIN 10967-1-1999) (Derndorfer, 2020).

Bildschaffende Methoden:

Die Kupferchlorid-Kristallisation wurde u.a. im Rahmen der BÖL-Projekte 02OE170 und 02OE170F in-house-validiert und standardisiert. Der Validierungsprozess beinhaltete den Aufbau und die Arbeit mit den Kristallisationskammern, die computerbasierte Auswertung der Kristallbilder mit Struktur- und Texturanalyse, sowie die visuelle Auswertung, später auch unter kinästhetischen Gesichtspunkten. Als reines Salz zeigt Kupferchlorid ein Kristallisationsbild mit ungeordneten Nadelaggregaten (siehe Abbildung 1, links), durch die Zugabe biologischer Substanzen verändert sich die Koordination des Kristallisationsbildes jedoch auffallend: Es bilden sich zusatzcharakteristische und reproduzierbare Bilder dendritisch angeordneter Nadelzüge, die Rückschlüsse auf die verwendete Zusatzsubstanz erlauben.

Die spontane Kristallisation in Form von Nadeln entsteht beim Überschreiten der Sättigungsgrenze der Salzlösung während der Phase des Abdampfens der Flüssigkeit. Dies geschieht unter standardisierten Bedingungen, die mit Hilfe eines Labordokumentationsprogramms (LabDoc) für jede Probe separat erfasst werden.

Die entstandenen Bilder können neben der visuellen Auswertung auch mit einer computergestützten Textur- und Strukturanalyse ausgewertet werden.



Abbildung 1: Kristallisation reinen Kupferchlorids (links) und mit Zusatz von Möhrensaft (rechts)

Die Methoden zur Probenvorbereitung und Anwendung der Kupferkristallisation sowie zur Konstruktion der Kammern wurden ausführlich standardisiert, dokumentiert und validiert. Im vorliegenden Projektbericht wird die Vorgehensweise skizziert, detaillierte Informationen sind in der Literatur zu finden (Andersen et al., 2001; Busscher et al., 2010; Kahl et al., 2014; Kahl et al., 2003; Kahl et al., 2014, Busscher et al., 2024).

Bei der Auswertung der Kristallisationsbilder konnten in der Vergangenheit durch computerbasierte Struktur- und Texturanalyse erfolgreich verschiedene Anbauverfahren unterschieden werden (Kahl et al., 2015 & 2015a; Szulc et al., 2010). Diese digitale Auswertung basiert auf einem Graustufen-Algorithmus (grey level co-occurrence matrix, GLCM). Hierfür wurde die ACIA-Software (Applied Crystallization Image Analysis) entwickelt. In dieser Art der Auswertung werden die Bilder in sogenannte ROI (Regions of Interest) unterteilt, die 20, 30, 40,... bis 100% des Bildes um das geometrische Zentrum jedes Kristallogrammes beinhalten. Diese werden dann gesondert ausgewertet (Meelursarn, 2006). Die computerbasierte Auswertung war ein großer Schritt im Prozess der Validierung und Standardisierung der Methode und ermöglicht es, Proben zu unterscheiden. Bei der visuellen Auswertung können die untersuchten Kristallbilder über die reine Differenzierung hinaus zusätzlich in ein qualitatives Ranking gebracht werden.

Parallel zur computerbasierten Auswertung konnte auch die visuelle Auswertung für verschiedene Kulturen erfolgreich beschrieben, standardisiert und publiziert werden, darunter Apfelsaft (Kahl et al., 2017), Weizen (Fritz et al., 2011; Kahl, Bodroza-Solarov et al., 2014), Rote Bete (Mäder et al., 1993), Milch (Kahl et al., 2013), Möhren (Busscher et al., 2010;), Äpfel (Weibel et al., 2000), Rucola (Athmann, 2011), Traubensaft (Fritz et al., 2020) und Wein (Fritz et al., 2014).

Die visuelle Auswertung wurde schrittweise gemeinsam mit einem wissenschaftlichen Expertenteam entwickelt. Dabei wurden vier Ebenen von Auswertungskriterien erarbeitet und überprüft:

1. Einzelne morphologische Kriterien wie z.B. die Länge der Seitennadeln
2. Beschreibende Kriterien, die mit den Einzelaspekten verbunden sind, wie Gleichmäßigkeit der gebildeten Strukturen

3. Gesten oder erkennbare Bewegungsimpulse im gesamten Bild, so z.B. „Zentrumskoordination“ oder „Integration“
4. Gestalt-Kriterien

Die visuelle Auswertung nach den o.g. Kriterien eins bis drei wurde im Jahre 2010 standardisiert und validiert (Huber et al., 2010), die Auswertung nach Kriterien, die die gesamte Gestalt umfassen, wurde ausführlich von Doesburg et al. (2015) beschrieben. Bei der Gestaltwahrnehmung werden umfassende Informationen aus dem gesamten Sichtfeld erfasst. Diese Methode erlaubt die Wahrnehmung der Verteilung einer Vielzahl von grundlegenden visuellen Merkmalen. Die Gestaltwahrnehmung ist eine geeignete Methode der visuellen Auswertung bei komplexen Objekten, bei denen die analytische Methode, welche sich auf einzelne Merkmale fokussiert, nicht ausreicht (Doesburg et al., 2015).

Ein wichtiges Element der Gestaltbetrachtung für Bilder der Kupferkristallisation ist die Kinästhetik. Kinästhetische Betätigung ist die Verbindung der eigenen kinästhetischen Empfindung gegenüber einer wahrgenommenen oder impliziten Bewegung. Dies geschieht im Falle der Beobachtung von Menschen, anderen Lebewesen wie Tieren und Pflanzen, aber auch unbelebten Objekten (Freedberg & Gallese, 2007; Miyoshi, 2019). Kinästhetische Betätigung kann jedoch auch erlebt werden bei der Betrachtung von statischen Bildern, welche Bewegung abbilden. In diesem Fall tritt eine innere Simulation der Bewegung auf. Die Aktivität der Spiegelneuronen ist die neuronale Basis für diesen psychologischen Mechanismus, der für die kinästhetische Aktivität verantwortlich ist (ebd.). Bei der Auswertung der Kristallbilder, die bei der Kristallisation von Kupferchlorid mit einem Lebensmittelzusatz entstehen, kann dieser kinästhetische Blick für die Gestaltauswertung angewendet werden. Die betrachtende und auswertende Person versetzt sich in diesem Falle selbst in das Bild und das Wachstum der baumähnlichen Nadeln hinein. Das dendritische Wachstum vom Zentrum zur Peripherie, aber auch Faktoren wie die Grundspannung der Nadelzüge oder auch die Präsenz des Bildes werden nachempfunden (Fritz et al., 2022).

Bei der sensorischen Analyse wird die subjektive Wahrnehmung inter-subjektiv durch das Training und den Standardisierungsprozess des Panels (ISO 11035). Auch die inter-subjektive Auswertung von Bildern der Kupferchlorid-Kristallisation durch ein Panel mit kinästhetischer Wahrnehmung ist möglich (Fritz et al., 2022). Das Training eines solchen Panels wird im Detail beschrieben von Doesburg et al. (2021). Verschiedene Versuche haben gezeigt, dass die kinästhetische Methode der Bildauswertung von geschulten Panelmitgliedern wiederholt bessere Auswertungsergebnisse erzielte als die Auswertung alleine nach analytischen Kriterien. Dies war sowohl der Fall für das korrekte Zuordnen kodierter Proben verschiedener Anbauverfahren, als auch für das Ordnen von kodierten Proben von verschiedenen Stadien induzierter Alterung (Doesburg et al., 2021; Fritz et al., 2022).

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

In der Konsumentenforschung und der Sensorik beginnt sich die Befragung nach lebensmittelinduzierten Emotionen – food induced emotions – zu etablieren. Mehrere Fragebögen zur Erfassung der Emotional Response nach dem Verzehr sind heute verfügbar. Mit diesen Fragebögen erfasst man die Emotionen ungeschulter Verbraucher direkt nach dem Verzehr von bestimmten Lebensmitteln (Jaeger et al., 2018, Lagast et al., 2017, Spinelli et al., 2014, King et al., 2013). Eine Kombination aus einer sensorischen Analyse und Emotional Profiling ermöglicht eine genauere Produktdifferenzierung als ein alleiniger Sensorik-Test. Das zeigten Samant und Han-Seok Seo (2019) in ihrer Untersuchung über die Verbraucherakzeptanz von Gemüsesäften. Offen war bisher, ob die Messung von lebensmittelinduzierten Emotionen für die Bewertung von Sorten geeignet ist.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsanbau sowie Praxisanbau von Verarbeitungsmöhren

3.1.1 Versuchsanbau auf zwei ökologisch bewirtschafteten Standorten (2020 und 2021)

Im Rahmen des Projektes EATMORE wurden am Versuchsstandort Kleinhohenheim der Universität Hohenheim (KHOH) und am Versuchsstandort Taucha (TAU) über zwei Versuchsjahre (2020 und 2021) Feldversuche als vollständig randomisierte Blockanlage mit sechs Sorten und Zuchtlinien von Verarbeitungsmöhren (Tabelle 1) mit je drei Feldwiederholungen durchgeführt.

Tabelle 1: Darstellung der sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien.

Sorten-/ Zuchtlinien-bezeichnung	Züchtungshintergrund	Saatgutqualität	Bezugsquelle
Trafford F1	konventionell gezüchtete F1 Hybride	konventionell vermehrt, ungebeizt	Hermina - Maier GmbH Hofer Str. 22 93057 Regensburg
Rodelika	ökologisch gezüchtete samenfeste Sorte	ökologisch vermehrt	Bingenheimer Saatgut AG Kronstraße 24 61209 Echzell
Solvita	ökologisch gezüchtete samenfeste Sorte	ökologisch vermehrt	Sativa Biosaatgut GmbH Keltenweg 4 79798 Jestetten
KS-MOG-SAT505	ökologisch gezüchtete, samenfeste Zuchtlinie	ökologisch vermehrt	Kultursaat e.V. Kronstraße 24 61209 Echzell
KS-MOG-DH-RxR [†]	ökologisch gezüchtete samenfeste Zuchtlinie	ökologisch vermehrt	
KS-MOG-CHE-HKÖ	ökologisch gezüchtete samenfeste Zuchtlinie	ökologisch vermehrt	

[†]: Zuchtlinie wurde per 03.03.2023 mit der Bezeichnung *Ronka* (WRT578) behördlich zugelassen.

Zur Saatbettbereitung wurde am Standort KHOH am 14.04.2020 der Boden mit einer Kreiselegge (Amazone) bearbeitet und anschließend mit einer Dammfräse (Dammfräse Grimme, Deutschland) Dämme mit einer Breite von 75 cm angelegt. Im ersten Versuchsjahr erfolgte die Aussaat mithilfe eines pneumatischen Einzelkornsägerätes (Kverneland, Norwegen) am 08.05.2020. Die Aussaatstärke betrug 900.000 Korn ha⁻¹. Vorfrucht war Nacktgerste. Am 24.06.2020 wurde Vinasse (5 kg N ha⁻¹) ausgebracht. Das Laub wurde am 17.09.2020 bonitiert. Die Ernte fand nach einer Kulturdauer von 157 bis 159 Tagen vom 12. bis 16.10.2020 statt. Während der Versuchsperiode lagen die Durchschnittstemperatur bei 15,9 °C und der Gesamtniederschlag bei 284,9 mm. Zusätzlich wurden rund 130 mm bewässert.

Im zweiten Versuchsjahr wurde im November 2020 auf 18 bis 20 cm gepflügt (Kuhn Pflug, Deutschland) und am 01.04.2021 analog zum Vorjahr nach der Bodenbearbeitung mit einer Kreiselegge (Amazone, Deutschland) 75 cm Dämme angelegt (Dammfräse Grimme, Deutschland). Die Aussaat (pneumatisches Einzelkornsägerät, Kverneland, Norwegen) erfolgte am Standort KHOH am 10.05.2021. Die Aussaatstärke betrug 1,1 Millionen Korn ha⁻¹. Die Vorfrucht war Hafer. Die Laubbonitur fand am 07.09.2021 und die Ernte nach einer Kulturdauer von 136 bis 140 am 23.9. und 27.9.2021 statt. Während der Versuchsmonate lagen die monatliche Durchschnittstemperatur bei 16,3 °C und die Niederschlagsmenge bei 206,1 mm. Über die Vegetationsperiode wurden rund 13 mm zusätzlich bewässert.

Die Beikrautkontrolle erfolgte in beiden Versuchsjahren manuell sowie mechanisch durch Hacken (L-Schar Hacke, Kress, Deutschland und Hacke im Zwischenachsenbau, Schmotzer, Deutschland) und Striegeln (Striegel, Treffler, Deutschland).

Am Versuchsstandort TAU wurde die Versuchsfläche im Winter 2019/2020 auf eine Tiefe von 18 bis 20 cm gepflügt. Es wurde Kompost äquivalent zu 50 kg N ha⁻¹ ausgebracht. Die Aussaat fand am 04.04.2020 auf 60 cm-Dämmen (Einzelkornsämaschine, Gaspado) mit einer Aussaatstärke von 1,1 Mio. Korn ha⁻¹ statt. In der ersten Maihälfte wurde auf ca. 2 bis 3 cm Endabstand in der Reihe vereinzelt. Die Vorfrucht war Buchweizen. Im Vegetationsverlauf wurde der Bestand zur Pflege zweimal maschinell (Hatzenbichler Rollhacke und Kress Scharhacke) und einmal manuell gehackt. Die Laubbonitur fand am Standort TAU in Kalenderwoche 37 statt. Geerntet wurde am 24.09.2020.

Während der Versuchsperiode lag die Durchschnittstemperatur bei 16,7 °C und die Niederschlagsmenge bei 200,8 mm (Wetterstation Flughafen Schkeuditz, Leipzig). Zusätzlich wurden 80 mm bewässert.

Im zweiten Versuchsjahr wurde ebenfalls im Winter auf eine Tiefe von 18 bis 20 cm gepflügt und Kompost äquivalent zu 50 kg N ha⁻¹ ausgebracht. Die Aussaat erfolgte direkt nach dem Anlegen der Dämme am 07.04.2021 doppelreihig mit einer Aussaatstärke von ca. 740.000 Korn ha⁻¹ auf Dämmen mit 90 cm Breite (Einzelkornsägerät von Gaspado). Im Vegetationsverlauf wurde zweimal mit einer Kress Scharhacke und dreimal mit einer Hatzenbichler Rollhacke gehackt. Vorfrucht war Buchweizen. Die Laubbonitur fand am 01.09.2021 (ohne Laubstabilität) und die Ernte nach 156 Tagen am 10.09.2021 statt.

Während der Versuchsperiode lag die Durchschnittstemperatur bei 15,4 °C und die Niederschlagsmenge bei 635,6 mm (Wetterstation Flughafen Schkeuditz, Leipzig). Zusätzlich wurden 55 mm bewässert.

Im Rahmen der Laubbonitur wurden neben der **Länge der Blätter** und der **Laubstabilität** (am Standort TAU nur in 2020) auch die Laubgesundheit (Befall mit Möhrenschräge ***Alternaria dauci*** und echtem Mehltau ***Erysiphe heraclei***) bonitiert. Die Bonitur der Rüben nach äußeren Merkmalen sowie die **Ertragserhebung** fanden in beiden Jahren und an allen Standorten zur Ernte statt. Hierzu wurden am Standort KHOH in beiden Jahren 2 m² aus den Mittelreihen pro Parzelle geerntet und am Standort TAU im Jahr 2020 1,2 m² und im Jahr 2021 1,8 m². Beobachtete Boniturmerkmale der gesamten Stichproben waren der Anteil Möhren mit **abgestumpfter Spitze** und **Grünköpfigkeit [%]** sowie **Glattschaligkeit**, **Rübenform** und die **Homogenität** auf einer Boniturskala von 1 bis 9 (1= Merkmal nicht vorhanden, 9 = Merkmal sehr stark ausgeprägt). Für die Ertragsbestimmung wurden das **Gesamtgewicht** und die **Anzahl** der marktfähigen Möhren der Stichproben erhoben. Als marktfähig (für die Saftproduktion) wurden Rüben mit einem Mindestdurchmesser von 1 cm und einer Länge von mindestens 10 cm eingestuft. Zudem wurden Rüben mit starker äußerer Beschädigung (z.B. Fäulnis oder Fraß) ausgeschlossen. Nach der Bestimmung der Marktfähigkeit wurden 20 zufällig gewählte marktfähige Rüben einzeln vermessen (**Länge, Durchmesser der Möhren**) und gewogen (**Einzelmöhengewicht**). Außerdem wurde in den Jahren 2021 und 2023 die **Core-Coretex-Rate** bestimmt ($CCR = \sum \frac{\text{Durchmesser Zentralzylinder [mm]}}{\text{Gesamtdurchmesser [mm]}} \div \text{Anzahl Möhren}$). Am Standort KHOH wurde außerdem die **Laubtrockenmasse** und das Spross-Wurzel-Verhältnis (**SWV**) der 20 zufällig gewählten Möhren bestimmt. Die Möhrenproben für die Qualitätsuntersuchungen wurden zum Zeitpunkt der Ertragsmessung gezogen und an die jeweiligen Partner / Labore geschickt.

3.1.2 Praxisanbau für Verarbeitung (2020, 2021, 2023)

Am Praxisstandort Gartow (GAR) fand ein großflächiger Anbau von sechs Möhrensorten und -zuchtlinien statt. Es handelte sich um dieselben Sorten wie im zweiortigen Versuchsanbau.

Zur Vorbereitung auf das erste Anbaujahr 2020 wurde im Herbst 2019 die Fläche auf eine Tiefe von 20 cm gepflügt. Nach einer Flächendüngung mit Kompost nach Hildebrandt äquivalent zu 90 kg N ha⁻¹ erfolgte die Aussaat (pneumatische Sämaschine, Monosem, Frankreich) am 19.05.2020 zweireihig auf 75 cm-Dämmen (Struik Dammfräse), mit einer Aussaatstärke von 1,5 Mio. Korn ha⁻¹. Im ersten Anbaujahr 2020 wurden je Sorte ca. 0,3 ha angebaut. Die Vorfrucht war Sommerhafer. Am 24.09.2020 wurden Möhrenproben für Qualitätsuntersuchungen gezogen und an die jeweiligen Labore geschickt. Die maschinelle Ernte für die Versaftung erfolgte vom 29.10. bis 04.11.2020. Eine Laubbonitur fand nicht statt. Während der Versuchsperiode lagen die Durchschnittstemperatur bei 16,8 °C und die Niederschlagsmenge bei 186,2 mm (Wetterstation Lüchow, Wendland). Zusätzlich wurden 60 mm bewässert.

Auch für den zweiten Anbauversuch (2021) wurde das Feld auf 20 cm Tiefe gepflügt und Kompost äquivalent zu 90 kg N ha⁻¹ ausgebracht. Die Aussaat erfolgte vom 10. bis 12.05.2021 mit einer Aussaatstärke von 1,2 Mio. Korn ha⁻¹, zweireihig auf 75er Dämmen. Pro Sorte wurde rund ein Hektar angebaut. Am 15.09.2021 erfolgte die Laubbonitur. Die Probenahme fand ebenfalls kurz vor der Haupternte am 17.10.2021 statt. Die Haupternte für die industrielle Versaftung erfolgte maschinell vom 18.10. bis 21.10.2021. Während der Versuchsperiode lagen die Durchschnittstemperatur bei 15,7 °C und die Niederschlagsmenge bei 204,1 mm (Wetterstation Lüchow, Wendland). Zusätzlich wurden 30 mm bewässert. In beiden Jahren erfolgte die Beikrautkontrolle mechanisch durch maschinelles Hacken (Hacke, Steketee, Niederlande).

Der Anbau aller sechs Genotypen auf je 1 ha am Standort GAR für die industrielle Versaftung sollte im Jahr 2022 wiederholt werden. Aufgrund einer ungewöhnlichen Häufung witterungsbedingter und technischer Schwierigkeiten konnte der Möhrenanbau jedoch nicht realisiert werden.

Daher erfolgte ein weiterer Anbau im Jahr 2023. Die Anbaufläche wurde im März 2023 mit 2 t Hühnertrockenmist, 10 t Kompost und 5 t Rottemist (äquivalent zu 22,2 t N ha⁻¹, 5 kg N ha⁻¹ und 1,3 t N ha⁻¹) gedüngt und im April 2023 auf 20 cm gepflügt. Die Aussaat erfolgte am 10.05.2023 mit einer Aussaatstärke von 1,2 Mio. Korn ha⁻¹ zweireihig auf 75er Dämmen. Die Unkrautkontrolle erfolgte mechanisch durch Hacken und Jäten und durch Abflammen. Die Ernte erfolgte in KW 45 mit einem Kartoffelroder (Grimme). Während der Anbauperiode lagen die Durchschnittstemperatur bei 16,3 °C und die Niederschlagsmenge bei 391,8 mm (Wetterstation Lüchow, Wendland). Zusätzlich wurden im Frühjahr 75 bis 100 mm bewässert. Auch im Jahr 2023 kam es zu wetterbedingten und technischen Schwierigkeiten. Zum einen traten Trockenschäden im Frühjahr auf, welche seitens der Gräflich Berstorff'schen Betriebe durch eine Allgemeinverfügung im Landkreis Lüchow-Dannenberg und die daraus resultierende Begrenzung der Beregnungsmöglichkeiten begründet wurden. Infolge dieser Verfügung mussten die Beregnungszyklen verlängert werden, was teilweise zum Vertrocknen der jungen Möhrenpflänzchen führte und in lückigen Beständen resultierte. Zum anderen wurden die Dämme aufgrund anhaltender Niederschläge im Sommer teilweise abgespült. Durch die Neuformung der Dämme wurde eine neue Generation Unkraut zur Keimung angeregt. Diese starke Spätverunkrautung konnte aufgrund von Personalmangel nicht mehr gejätet werden.

Für die Verarbeitung wurden die Möhren in den Jahren 2020, 2021 und 2023 direkt nach der Haupternte sortenrein zur ca. 4 km entfernt gelegenen Fa. Voelkel geliefert.

Der Hektarertrag am Standort GAR wurde anhand der bei Fa. Voelkel gewogenen Liefermengen berechnet. Der Befall von *Alternaria* und Mehltau wurden nur im Jahr 2021 bestimmt, das Merkmal Laubstabilität wurde am Standort GAR nicht bestimmt. Die Bonituren der Möhren sowie Bestimmung von CCR und Ertragsparametern (Länge, Durchmesser) erfolgten analog zu 3.1.1.

3.2 Industrielle Verarbeitung von Möhren zu Saft (2020, 2021, 2023)

Die am Praxisstandort GAR in den Jahren 2020, 2021 und 2023 angebauten Möhren wurden direkt nach der Ernte anhängerweise nach den sechs Sorten und Zuchtlinien getrennt zur ca. 4 km entfernten Naturkostsafterei Voelkel Gmbh transportiert und dort sortenrein zu Möhrensaft verarbeitet. Zur Verarbeitung von Möhren stehen der Firma zwei Verfahren zur Verfügung. Die moderne Kaltvermahlung sowie das langjährig genutzte System der Heißvermahlung. Mittlerweile kommt bei der Herstellung von Möhrensaft standardweise die Kaltvermahlung zum Einsatz. Die Heißvermahlung wird nur noch als Ausweichverfahren bei Arbeitsspitzen eingesetzt. Fa. Voelkel gibt folgende Gründe zur Umstellung von Heiß- auf Kaltvermahlung an: größere Ausbeute, leuchtend orangene Saftfarbe (keine Bräunung), geringerer Kochgeschmack, möhrentypisch-würziger Geschmack. Heiß- und Kaltvermahlung unterscheiden sich in der Aufbereitung der Maische, d.h. im Vorgang der Möhrenzerkleinerung. Alle weiteren Prozessschritte sind identisch.

„Feldfrischer Möhrensaft“ ist ein Premiumprodukt der Fa. Voelkel. Aufgrund der geringen Zitronensaftzugabe (0,5 %) und dem relativ hohen pH-Wert ist der Saft vergleichsweise instabil und kippt schnell. Daher wird er etwas höher Kurzzeiterhitzt und bei der Flaschenabfüllung einer längeren thermischen Behandlung unterzogen als stabilere Säfte. Konserviert in Flaschen ist das Produkt ohne weiteres ein Jahr haltbar.

Im Rahmen des Projektes kamen beide Verarbeitungsverfahren zum Einsatz. Im ersten Projektjahr 2020 wurden alle sechs Sorten und Zuchtlinien mit der Heißvermahlung zu Saft verarbeitet. Bei der Probenabfüllung unterlief ein Versäumnis, sodass nur von fünf der sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien Saftproben gewonnen wurden. Im zweiten Projektjahr 2021 wurden die angelieferten Möhren je Genotyp in zwei Chargen aufgeteilt und parallel mit beiden Verfahren verarbeitet. Dieser Vergleich war auch für das Jahr 2023 geplant. Leider erzielte der Anbau am Standort Gartow im Jahr 2023 witterungsbedingt dramatisch geringe Erntemengen. Im industriellen Verarbeitungsmaßstab sind jedoch zur Gewinnung chargenreiner Saftproben Mindestverarbeitungs mengen obligatorisch. Aufgrund der außergewöhnlich niedrigen Möhreneerträge war es 2023 nicht möglich, die Sorten und Zuchtlinien wie im Jahr 2021 in zwei Chargen aufzuteilen. Die sechs Genotypen wurden daher lediglich mit der Kaltvermahlung verarbeitet (siehe Tabelle 3).

Die im Rahmen des Projektes untersuchten sortenreinen Saftproben wurden am Dekanter, d.h. vor der Kurzzeiterhitzung und Tanklagerung entnommen. Die Entnahme am Dekanter ist die letzte Möglichkeit sortenreine Saftproben zu ziehen, bevor die Saftchargen in einem Großtank für die Lagerung zusammen laufen. Eine industrielle Flaschenabfüllung der Saftproben war aufgrund der geringen Saftmengen nicht möglich. Im ersten Projektjahr wurden die instabilen Saftproben daher im firmeneigenen Labor durch Einkochen und Zitronensaftzugabe in Flaschen konserviert. Allerdings wich der auf diese Weise konservierte Saft qualitativ so stark von der ursprünglichen Probenqualität des Frischsaftes ab, dass in den Jahren 2021 und 2023 auf eine Flaschenkonservierung im Labor verzichtet wurde.

Stattdessen wurden die am Dekanter entnommenen Saftproben tiefgefroren und gekühlt per Express an die untersuchenden Labore geschickt. Universität Hohenheim hatte bereits in ersten Jahr, zusätzlich zu den flaschenkonservierten Proben, tiefgekühlte Proben erhalten. Für die sensorischen Bewertungen sowie die Einzelstoffanalytik war es problemlos möglich, mit tiefgekühlten Saftproben zu arbeiten. Für die Untersuchung mit der Kupferchlorid-Kristallisation wurde ein qualitätsmindernder Einfluss durch das Gefrieren erwartet, sodass ein zusätzliches Verfahren zur Probenkonservierung entwickelt wurde. Dazu wurde der am Dekanter entnommene Saft direkt Vorort in vorbereitete wässrige Kupferchloridlösung pipettiert und auf diese Weise für den Transport zum Labor der Universität Kassel stabilisiert. Die Probenkonservierung mittels tiefgefrieren für alle Projektpartner sowie in wässriger Kupferchloridlösung für Universität Kassel erwies sich als praktikabel und wurde im Jahr 2023 wiederholt (siehe Tabelle 3).

Um die Frage des Einflusses der Flaschenkonservierung auf die Qualität des Endproduktes untersuchen zu können, wurden zwei weitere Saftproben gewonnen und untersucht, nämlich eine Probe aus dem Großtank kurz vor der Flaschenkonservierung (Tank-Mix) sowie das in Flaschen abgefüllte und etikettierte Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“ (siehe Tabelle 3). Bei diesen beiden Saftproben handelte es sich um den im industriellen Maßstab hergestellten, aus mehreren Möhrensaftchargen gemischten, mit 0,5 % Zitronensaft zugesetzten „Feldfrischen Möhrensaft“ aus der regulären Produktion.

3.3 Qualitätsuntersuchungen an Frischmöhren und Möhrensaft

Die im Versuchs- und Praxisanbau gewonnenen Frischmöhrenproben von sechs Sorten und Zuchtlinien sowie die bei Fa. Voelkel hergestellten Saftproben wurden mit jeweils vier Qualitätserfassungsmethoden untersucht. Die Übersichten in Tabelle 2 und Tabelle 3 führen die entsprechende Anzahl und Art der Proben je Untersuchungsmethode auf.

***Tabelle 2:** Übersicht der Frischmöhrenproben aus Versuchs- und Praxisanbau in den Jahren 2020, 2021 und 2023. In allen Jahren und an allen drei Versuchsstandorten wurden die sechs gleichen Genotypen angebaut. Für die Inhaltstoffanalytik wurden die Proben in 3facher Feldwiederholung untersucht. Die Methoden Sensorik, Kupferchlorid-Kristallisation und Lebensmittelinduzierte Emotionen untersuchten je Genotyp eine Mischprobe aus 3 Feldwiederholungen.*

Jahr	Standort	Anbau	Zahl und Art der Frischmöhrenproben je Untersuchungsmethode			
			Inhaltsstoff-Analytik	Sensorik	Kupferchlorid-Kristallisation	Lebensmittel-induzierte Emotionen
2020	TAU	Exaktversuch im Feld	6 Sorten x 3 Wdh.	6 Sorten (Mischprobe)	6 Sorten (Mischprobe)	-
	KHOH		6 Sorten x 3 Wdh.	6 Sorten (Mischprobe)	6 Sorten (Mischprobe)	6 Sorten (Mischprobe)
	GAR	Praxisanbau	6 Sorten	6 Sorten	6 Sorten	6 Sorten
2021	TAU	Exaktversuch im Feld	6 Sorten x 3 Wdh.	6 Sorten (Mischprobe)	6 Sorten (Mischprobe)	-
	KHOH		6 Sorten x 3 Wdh.	6 Sorten (Mischprobe)	6 Sorten (Mischprobe)	6 Sorten (Mischprobe)
	GAR	Praxisanbau	6 Sorten	6 Sorten	6 Sorten	6 Sorten
2023	GAR	Praxisanbau	6 Sorten	6 Sorten	6 Sorten	6 Sorten

Table 3: Übersicht der bei Fa. Voelkel in den Jahren 2020, 2021 und 2023 hergestellten und mittels vier Qualitätserfassungsmethoden untersuchten Möhrensaftproben. Außer bei den Proben „Tank-Mix“ und „Feldfrischer Möhrensaft“ handelt es sich um sortenreine Saftproben aus sechs Möhrensarten und -zuchtlinien.

Jahr	Art der Möhrensaftproben	Konservierung der Möhrensaftproben	Zahl Saftproben je Untersuchungsmethode			
			Inhaltsstoffe	Sensoriksf	Kupferchlorid	Lebensmittel-induzierte Emotionen
2020	Heißvermahlung	eingekocht*	5	5	5	5
		tiefgefroren	5	-	-	-
2021	Heißvermahlung	tiefgefroren	6	6	6	6
		CuCl ₂ -Lösung	-	-	6	-
	Kaltvermahlung	tiefgefroren	6	6	6	6
		CuCl ₂ -Lösung	-	-	6	-
	Tank-Mix	tiefgefroren	1	1	1	1
		CuCl ₂ -Lösung	-	-	1	-
„Feldfrischer Möhrensaft“	industriell flaschenkonserviert	1	1	1	1	
2023	Kaltvermahlung	tiefgefroren	6	6	6	6
		CuCl ₂ -Lösung	-	-	6	-
	Tank-Mix	tiefgefroren	-	1	1	1
		CuCl ₂ -Lösung	-	-	1	-
„Feldfrischer Möhrensaft“	industriell flaschenkonserviert	-	1	1	1	

*: Die eingekochten Saftproben aus Heißvermahlung im Jahr 2020 wurden zwar untersucht, aufgrund nicht repräsentativer Probenqualität jedoch von der Ergebnisauswertung ausgeschlossen.

Sämtliche Frischmöhren- und Saftproben wurden vor dem Versand an die untersuchenden Labore für jedes Probenet mit einer neuen dreistelligen Zahlenkombination codiert. Die Verbundleitung gab die Auflösung der Codierung erst bekannt, nachdem die beteiligten Forschungsstellen ihre jeweiligen Untersuchungsergebnisse und Bewertungen an die Projektleitung geschickt hatten. Dieses Vorgehen betraf die Methoden Kupferchlorid-Kristallisation, Sensorik und Lebensmittelinduzierte Emotionen. Bei diesen Methoden erfolgte die Untersuchung nicht mittels chemischer und maschineller Laborverfahren, sondern durch entsprechend geschulte Personen (Panels).

3.3.1 Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe

3.3.1.1 Untersuchung von Frischmöhren

Trockensubstanzgehalt (TS):

Zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes wurden 20 Möhren je Probe der Länge nach geviertelt, geraspelt und anschließend gut durchmischt. Die Möhrenraspel wurden in 50 ml Kunststoffflaschen eingewogen, mit flüssigem Stickstoff schockgefrostet und anschließend gefriergetrocknet. Nach der Gefrier Trocknung wurde das Restgewicht pro Flasche bestimmt und der Trockensubstanzgehalt berechnet.

Zuckergehalt:

Der Zuckergehalt wurde mittels eines elektronischen Refraktometers (Krüss, Deutschland) mit jeweils drei Messwiederholungen bestimmt. Zur Bestimmung des Zuckergehaltes in Frischmöhren wurden mithilfe einer Knoblauchpresse einige Tropfen Saft aus frisch

geraspelten Möhren gepresst und auf den Sensor des Refraktometers geträufelt. Die Ergebnisse liegen in der Einheit °BRIX vor.

Carotenoidgehalt:

Zur Bestimmung des Carotenoidgehaltes in Frischmöhren wurde die Methode von Yoo et al. (2020) verwendet. Hierzu wurden Möhrenraspel mit Wasser gemixt (Ultra Turrax) und anschließend ein Aliquot schrittweise bis zur vollständigen Entfärbung mit Azeton durch einen Filter ausgewaschen. Anschließend wurde zuerst Hexan zum Extrakt gegeben und gut geschüttelt, dann ein Überschuss Wasser dazugegeben, um das Azeton zu lösen. Die Hexanphase enthielt die extrahierten Carotenoide und konnte nach 20 bis 30 Minuten Wartezeit im Photometer bei 485 nm gemessen werden. Der Carotenoidgehalt wurde anschließend über das Lambert-Beersche Gesetz berechnet ($E1\% = 2500$).

Phenolgehalt:

Für die Bestimmung des Phenolgehaltes in Frischmöhren wurde gefriergetrocknetes Möhrenpulver verwendet. Die Extraktion erfolgte mit Methanol unter 30-minütigem Schütteln. Anschließend wurde zentrifugiert und ein Aliquot des Extraktes mit Folin-Ciocalteu-Reagenz und Natriumcarbonatlösung homogenisiert. Nach 2,5 h Reaktionszeit wurden die Proben gegen eine Gallussäure-Standardreihe bei 760 nm im Photometer gemessen (Yasaminshirazi et al., 2020).

DPPH (Antioxidatives Potenzial):

Für die Bestimmung des antioxidativen Potentials mittels DPPH-Methode in Frischmöhren wurde ebenfalls gefriergetrocknetes Möhrenpulver verwendet. Die Extraktion erfolgte mit einer Extraktionslösung aus Azeton:Wasser:Essigsäure (70:29,5:0,5; v/v/v) für 5 Minuten bei 37 °C im Ultraschallbad. Anschließend wurde die Probe 10 Minuten lang bei Raumtemperatur geschüttelt und dann zentrifugiert (Prior et al., 2003).

Anschließend wurde DPPH-Lösung (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl in Ethanol) zu einem Aliquot der Probe gegeben und nach 30 Minuten Inkubationszeit bei 515 nm im Photometer gegen eine Trolox-Standardreihe gemessen (Brand-Williams et al., 1995).

FRAP (Antioxidatives Potenzial):

Für die Bestimmung des antioxidativen Potentials mittels FRAP-Methode in Frischmöhren wurde ebenfalls gefriergetrocknetes Möhrenpulver verwendet. Die Extraktion erfolgte binnen einer Stunde mittels Methanol (50 %) unter Schütteln (van Nguyen et al., 2015). Anschließend wurde zentrifugiert und ein Aliquot des Überstandes zu FRAP-Working-Solution (Natriumazetatpuffer: Eisenchlorid-Lösung: 2,4,6-tripyridyl-S-triazin Lösung in Salzsäure, 10:1:1, v/v/v) gegeben. Nach 30-minütiger Inkubation bei 37 °C wurde im Photometer bei 593 nm gegen eine Eisensulfat-Standardreihe gemessen (Benzie and Strain, 1996).

Vitamin C:

Der Vitamin C Gehalt der Frischmöhrenproben wurde nach ISO6557/2 bestimmt. Hierzu wurden Möhrenraspel mit einer Extraktionslösung (Metaphosphorsäure, Essigsäure, H₂O) versetzt und das Extrakt anschließend filtriert. Daraufhin wurde der Extrakt mit Natriumazetat-Essigsäure-Puffer (pH 4) versetzt, ein Farbstoff (2,6-Dichlorophenolindophenol-Natriumsalz in Natriumhydrogencarbonat-Lösung) und Xylen hinzugegeben und anschließend kräftig geschüttelt. Um eine saubere Phasentrennung zu erreichen, wurde zentrifugiert und der Vitamin C Gehalt im Überstand bei 500 nm gemessen.

Es wurde eine Kalibrierkurve über eine Ascorbinsäure-Standardreihe berechnet.

Die Berechnung erfolgte mittels folgender Formel:

$$\left(\frac{(V_0 - V_1) * m_1}{m_0} \right) * 100$$

V_0 = Volumen des hinzugefügten Farbstoffes in ml

V_1 = Farbstoffüberschuss, berechnet aus der Kalibrierkurve

m_0 = Masse (mg) der Probe im verwendeten Aliquot des Extraktes

m_1 = Ascorbinsäure-Äquivalent in mg pro ml Farbstoff

Terpenprofil:

Die SPME-Arrow-Probenahme zur Extraktion flüchtiger Verbindungen basierte auf den Publikationen von Guler et al. (2013) und Jessica Westland | Agilent Technologies and Inc. (2019) mit Modifikationen. Vor der Extraktion wurde die SPME-Arrow-Spitze (Phase DVB/CWR/PDMS, O.D. 1,1 mm, Schichtdicke 120 µm; Agilent, Waldbronn, Deutschland), gemäß den Empfehlungen des Herstellers im GC-Injektorport bei 250 °C für 10 Minuten equilibriert.

Die geraspelten Frischmöhrenproben wurden direkt nach Zugabe des internen Standards (Butylcyclohexan; Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) für 30 Minuten bei 68 °C in einem Wasserbad inkubiert. Anschließend wurde der SPME-Arrow für 15 Minuten zur Extraktion injiziert, und danach wurde der Arrow sofort für 20 Sekunden in den Injektionsport des GC-MS/MS zur Desorption injiziert.

Die Analyse wurde mit einem GC 7890B, gekoppelt mit einem 7000D Triple-Quadrupol-MS-Detektor (Agilent, Waldbronn, Deutschland), durchgeführt. Dieses System war mit einer HP-5MS UI-Säule, 30 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm Schichtdicke (Agilent, Waldbronn, Deutschland) ausgestattet. Die GC-Betriebsbedingungen waren: Programm für die Ofentemperatur von 50 °C (1 min) bis 220 °C bei 5 °C/min, dann bis 280 °C bei 25 °C/min (5 min), konstanter Trägergasfluss Helium bei 1 ml/min. Der Injektionsport und die Transferleitung waren auf 250 °C bzw. 230 °C eingestellt. Das Massenspektrometer wurde im Scan-Modus zwischen m/z 40 und 450 betrieben. Die molekulare Fragmentierung wurde durch Elektronenionisation (EI) mit 70 eV erreicht. Für die Identifizierung der Verbindungen wurde nach einem Deconvolution-Schritt und der Berechnung der linearen Retentionsindizes eine Datenbanksuche (NIST17) durchgeführt. Hierfür wurde eine Serie linearer Alkane (C8-C20) unter denselben Bedingungen analysiert.

Die Ergebnisse wurden für jede Verbindung in Bezug auf den internen Standard normalisiert.

3.3.1.2 Untersuchung der Möhrensäfte

Zuckergehalt:

Die Möhrensaftproben der Fa. Voelkel wurden direkt tröpfchenweise auf das Sensorfeld des Refraktometers gegeben und gemessen. Die Ergebnisse liegen in der Einheit °BRIX vor.

Carotenoidgehalt:

Die Extraktion der Carotenoide aus den Saftproben erfolgte nach Lee and Castle (2001). Ein Aliquot der Saftprobe wurde mit einer Extraktionslösung (Hexan:Azeton:Ethanol, 2:1:1, v/v/v) versetzt und homogenisiert. Anschließend wurde die Probe zentrifugiert, ein Aliquot der Hexanphase weiter verdünnt (1:20) und bei 450 nm im Photometer gemessen (Barba et al., 2013). Die Berechnung des Carotenoidgehaltes wurde über das Lambert-Beersche Gesetz durchgeführt (E1 % = 2505).

Phenolgehalt:

Zur Bestimmung des Phenolgehaltes der Möhrensaftproben wurde der Saft direkt in verdünntes Folin-Ciocalteu-Reagenz gegeben, Natriumcarbonatlösung dazugegeben und nach 2 h bei 765 nm gemessen (Purkiewicz et al., 2020a).

DPPH (Antioxidatives Potenzial):

Zur Bestimmung des antioxidativen Potenziales mittels der DPPH-Methode wurde ein Aliquot der Möhrensaftprobe zu DPPH-Lösung (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl in Methanol) gegeben und nach 30 Minuten Inkubationszeit bei Raumtemperatur zunächst zentrifugiert und dann bei 517 nm gegen eine Trolox-Standardreihe gemessen.

FRAP (Antioxidatives Potenzial):

Die Bestimmung des antioxidativen Potenziales mittels der FRAP-Methode erfolgte nach der Methode von Wootton-Beard et al. (2011). Auf 37 °C temperiertes Wasser wurde in Einwegküvetten vorgelegt. Dazu wurde ein Aliquot der Saftprobe gegeben und anschließend FRAP-Working-Solution (Natriumazetatpuffer: Eisenchlorid-Lösung: 2,4,6-tripyridyl-S-triazin Lösung in Salzsäure, 10:1:1, v/v/v) dazugegeben. Nach vier Minuten Inkubationszeit bei 37 °C wurde im Photometer bei 593 nm gegen eine Eisensulfat-Standardreihe gemessen.

Terpenprofil:

Ein Aliquot Möhrensaft wurde in ein Headspace-Vial gegeben und mit einem Aliquot Wasser (Milli Q, 18 MΩ) und internem Standard (Butylcyclohexan) versetzt. Das Gefäß wurde bei 68 °C in einem Wasserbad für 10 Minuten unter Rühren erhitzt. Die Equilibration der SPME-Arrow-Spitze und die Analyse erfolgten analog zu den Frischmöhrenproben.

Benzol:

In einem externen Labor (Gesellschaft für Lebensmittel-Forschung mbH, Berlin) wurden die Säfte aus dem Jahr 2021 auf ihren Benzolgehalt untersucht. Bei der verwendeten Methode handelte es sich um eine gaschromatographische Analyse nach einer Pentan-Extraktion. Die Detektion erfolgte mittels eines Massenspektrometers. Diese Methode beruht auf dem Deutschen Einheitsverfahren, DEV F9 04:1991 (modifiziert).

3.3.1.3 Statistik

Das folgende gemischte lineare Modell wurde für die statistische Datenanalyse der agronomischen Daten und der Daten der Frischmöhren-Analysen verwendet:

$$y_{ijklm} = \mu + a_j + l_k + (al)_{jk} + r_{jkl} + c_{jkm} + \tau_i + (\tau a)_{ij} + (\tau l)_{ik} + (\tau al)_{ijk} + e_{ijklm},$$

wo y_{ijklm} die Beobachtung der Sorte i in der l -ten Zeile und m -ten Spalte im Jahr j und am Standort k , μ der Gesamteffekt ist, a_j und l_k die festen Effekte des j -ten Jahres bzw. k -ten Standorts sind. r_{jkl} und c_{jkm} sind zufällige Effekte der l -ten Zeile und m -ten Spalte innerhalb des Jahres j und Standorts k , τ_i ist der feste Effekt der i -ten Sorte, $(al)_{jk}$ ist der zufällige Interaktionseffekt des j -ten Jahres und des k -ten Standorts, $(\tau l)_{ik}$ ist der feste Interaktionseffekt des Standorts k und der Sorte i , $(\tau a)_{ij}$ und $(\tau al)_{ijk}$ sind die zufälligen Interaktionseffekte der entsprechenden Hauptfaktoren, und e_{ijklm} ist der Fehler von y_{ijklm} . Varianzkomponenten für Zeilen- und Spalteneffekte durften jahr- und standortspezifisch geschätzt werden. Darüber hinaus gibt es in einigen Kombinationen von Jahr und Standort nur eine einzige Beobachtung pro Genotyp. Eine Dummy-Variable wurde verwendet, um die Zeilen- und Spalteneffekte in diesen Versuchen auszuschalten, wurde jedoch aus der Modellbeschreibung exkludiert, um die Präsentation zu vereinfachen. Beachten Sie, dass Genotyp und Standort in der Analyse als fest angenommen wurden, aber die Jahreseffekte als zufällig (außer dem Haupteffekt selbst). Daher ermöglichen Schätzungen aus der Analyse, Vorhersagen des zukünftigen Verhaltens.

Das folgende gemischte lineare Modell wurde für die statistische Datenanalyse der Daten der Saft-Analysen verwendet:

$$y_{ij} = \mu + a_j + \tau_i + v_n + (\tau v)_{in} + e_{ij},$$

wo y_{ij} die Beobachtung der Sorte i im Jahr j , μ der Gesamteffekt ist und a_j der feste Effekt des j -ten Jahres. τ_i ist der feste Effekt der i -ten Sorte, $(\tau a)_{ij}$ ist der zufällige Interaktionseffekt der entsprechenden Hauptfaktoren, v_n das n -te Verarbeitungsverfahren (Kaltvermahlung / Heißvermahlung) und $(\tau v)_{in}$ ist der feste Interaktionseffekt der Sorte i und des Verarbeitungsverfahrens n und e_{ijk} ist der vermengte Effekt der Sorte×Jahr-Wechselwirkung und des Fehlereffekts.

Die Normalität und homogenen Varianzen der Residuen wurden sowohl bei den Frischmöhren- als auch bei den Saft-Analysen grafisch über Residuenplots überprüft. Eine logarithmische Transformation wurde vor der Datenanalyse verwendet, falls erforderlich. In diesem Fall wurden geschätzte Mittelwerte nur zu Präsentationszwecken rücktransformiert. Standardfehler wurden unter Verwendung der Delta-Methode rücktransformiert. Abhängig von der Signifikanz der festen Effekte wurden Mittelwerte mit dem Fisher's Least Significant Difference (LSD) -Test verglichen.

Alle Mittelwerte wurden als Mittelwert plus minus Standardfehler der Mittelwerte präsentiert. Um die signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten darzustellen, wurde eine Buchstabendarstellung verwendet (Piepho, 2004). Mittelwerte, die von mindestens einem identischen Buchstaben gefolgt wurden, unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

Zum Vergleich der geschmacksrelevanten Inhaltsstoffgehalte (Zucker und Terpene) zwischen Frischmöhren und den heiß- und kaltvermahlenden Säften wurde dasselbe Modell wie zur statistischen Analyse der Saft-Analysedaten verwendet. Hierzu wurden allerdings die Ergebnisse der Frischmöhrenanalytik nur vom Standort GAR verwendet. Aufgrund des abweichenden Datensatzes erfolgte eine neuerliche Blockadjustierung und Varianzkomponentenschätzung und damit unterschiedliche Gewichtung der kleinsten Quadrate. Daher ergeben sich im Abschnitt 4.2.1.3 abweichende Mittelwerte und Standardabweichungen sowie teilweise Abweichungen in den Signifikanzen aus dem Mittelwertvergleich. Im Abschnitt 4.2.1.1 werden die Ergebnisse der Frischmöhrenanalytik daher für sich betrachtet.

Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.4.

3.3.2 Sensorik

Im Rahmen des EATMORE-Projektes wurden als objektive Verfahren deskriptive sensorische Prüfungen verwendet, bei denen die teilnehmenden Probanden das zu untersuchende Produkt mit unterschiedlichen Attributen beschrieben und gleichzeitig die Intensität der einzelnen Attribute anhand einer Skala beurteilten. Folgende Verfahren kamen zur Anwendung:

Quantitativ Descriptive Analysis:

Bei der Quantitativ Descriptive Analysis (QDA) werden nach ausführlicher sensorischer Grundschulung der Panelisten sowie Schulung nach DIN 10967 (Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung) alle sensorischen Merkmale des zu testenden Produktes erfasst. Dabei ist die Entwicklung des beschreibenden Vokabulars ein Gruppenprozess, der zwar vom Pannelleiter begleitet, aber nicht beeinflusst wird. Alle mehrfach vorhandenen oder für die Gruppe unklaren Begrifflichkeiten werden aussortiert und die verbleibenden Begriffe genau definiert. Ziel ist es, dass alle Panellisten jedes Attribut mit gleicher Intensität interpretieren (Derndorfer, 2012). Die Bewertung der Intensitäten der einzelnen Attribute erfolgt auf einer Skala von 1 bis 10. Hierzu

wird randomisiert eine Einzelprobe gereicht, die aus dem sensorischen Gedächtnis und einem erarbeiteten Kontext der gesamten Gruppe bewertet wird. Im Rahmen von EATMORE wurden im Jahr 2020 die Frischmöhrenproben mittels QDA untersucht. Das Panel bestand aus zwölf Prüfern. In Tabelle 4 sind die abgefragten Attribute für die untersuchten Frischmöhren aufgelistet.

Table 4: Sensorische Attribute und deren Erläuterungen bei der QDA der verkosteten Frischmöhren im Jahr 2020. Negativ konnotierte Attribute sind hier gelb unterlegt.

Attribut	Erläuterung der Merkmale
Geruch Gesamtaroma	Intensität des Geruchs von flach, fade, gering bis intensiv
Geruch süß	Intensität eines fruchtig süßen Geruchs
Geruch grün	Intensität eines Geruchs, der an frisches Möhrengrün erinnert
Fremdgeruch	Intensität eines Geruchs, der nicht möhrentypisch ist
Farbintensität	Farbton von orange hell/blass bis zu einem tiefen/intensiven Orange.
Geschmack Gesamtaroma	Wie stark ist ein möhrencharakteristischer Geschmack insgesamt ausgeprägt?
Geschmack süß	Wie stark ist ein süßer Geschmack ausgeprägt?
Geschmack seifig	Geschmack, der an Seifenlauge erinnert (Kernseife)
Geschmack grün	Geschmack, der an Möhrengrün, grüner Ansatz der Möhren erinnert
Geschmack bitter	Wie stark ist ein bitterer Geschmack ausgeprägt?
Fremdgeschmack	ein nicht möhrentypischer Geschmack (metallisch, modrig...); nicht den anderen Geschmackseigenschaft zuzuordnen:
Mundgefühl knackig	Eindruck des Mundgefühls beim ersten Kauvorgang. Eine knackige Probe lässt sich gut durchbeißen, eine wenig knackige Probe ist zäh/elastisch.
Mundgefühl saftig	Von trocken bis saftig: eine trockene Probe ist strohig
Mundgefühl brennend	Intensität eines scharfen/brennenden Gefühls wie bspw. wahrnehmbar bei Meerrettich, Pfeffer. Kratziges Gefühl im Hals nach Abschlucken.

Ranking Descriptive Analysis:

Bei der Ranking Descriptive Analysis (RDA) handelt es sich um ein Rangfolgeverfahren innerhalb der Gruppe der deskriptiven Analysen (Derndorfer, 2008). Die Methode wurde von Richter et al. (2010) entwickelt. Für Rangfolgetests werden je nach Quelle mindestens fünf bis acht geschulte Probanden empfohlen (Busch-Stockfisch, 2015c). Bei der RDA bewerten die Probanden die Intensität der einzelnen Produktattribute jeder Probe und bringen sie anschließend in eine Rangfolge (Derndorfer, 2012). Dabei können verschiedene Merkmale wie Geschmack, Geruch, Mundgefühl und Aussehen analysiert werden (Busch-Stockfisch, 2015c). Als Ergebnis erfährt man so, in welchen Attributen sich die getesteten Produkte voneinander unterscheiden (Richter et al., 2010). Wie stark diese Unterschiede ausgeprägt sind, wird dabei jedoch nicht ersichtlich (Derndorfer, 2012, Busch-Stockfisch, 2015c).

Rangfolgetests eignen sich, wenn mehr als zwei Proben gleichzeitig miteinander verglichen werden sollen; dabei wird empfohlen, zwischen drei und sechs Proben gleichzeitig zu testen (Busch-Stockfisch, 2015c). In der sensorischen Analyse des Projekts EATMORE wurden jeweils sechs Proben gleichzeitig verkostet. Die folgenden Attribute wurden für die untersuchten Frischmöhren sowie die bei Fa. Voelkel produzierten Saftproben bewertet: Farbintensität, Geruch Gesamtaroma, Geschmack Gesamtaroma, Geschmack süß, Geschmack grün sowie Mundgefühl saftig und Mundgefühl brennend. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt die Seite 1 des dreiseitigen Bewertungssheets der RDA. Der grüne Geschmack und das brennende Mundgefühl sind dabei unerwünschte Merkmale.

Bewertungssheet Sensorik

RDA-Methode

[Seite 1 von 3]

Rangordnungsprüfung Möhrensaft Kabine 1	Name: Datum:
--	---------------------

Projekt EATMORE 2023 Standort Gartow

Sensorische Lebensmittelverkostung von Möhrensaft

Anweisung:

Sie erhalten sechs Proben. Zunächst prüfen Sie in wahlloser Reihenfolge die vorliegende Beschreibung und sortieren Sie diese und tragen sie die Probennummern ins Feld ein.

Aussehen: von hellem Orange zu dunklem Orange

1 = gering bis 6 =stark

103	294	322	476	519	631	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	vorläufig

Ordnen Sie dann die Proben in der Reihenfolge **steigender Intensität** und tragen den Code ein.

Helles orange						Dunkles orange	
							Endgültige Reihenfolge

Geruch: Gesamtaroma Intensität eines möhrentypischen Geruchs.

1 = gering bis 6 =stark

103	294	322	476	519	631	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	vorläufig

Ordnen Sie dann die Proben in der Reihenfolge **steigender Intensität** und tragen den Code ein.

Gering						Stark	
							Endgültige Reihenfolge

Abbildung 2: Aufbau des Bewertungssheets der RDA-Methode, Sensorik.

Check all that apply und Rate all that apply:

Neben den aufwändigen und oft kostenintensiven deskriptiven Methoden wurden auch sogenannte Schnellmethoden entwickelt (Schneider-Häder & Derndorfer, 2016). Eine dieser Methoden ist die häufigkeitsbasierte Methode Check all that apply (CATA). Bei dieser Methode wählen die Panelisten nach dem Verkosten aus einer Liste vorgegebener Merkmale die zutreffenden aus. Somit gleicht die Methode einem Multiple-Choice-Fragebogen. Die Deskriptoren, also die vorgegebenen Merkmale, können entweder vorab gemeinsam mit Probanden erarbeitet werden, wie beim EATMORE-Projekt geschehen, oder aus vorhandenen Begriffssammlungen oder wissenschaftlichen Studien stammen, oder von der Prüflleitung vorgegeben werden (Derndorfer, 2020). Für die Durchführung der CATA-Methode mit einem geschulten deskriptiven Panel sind normale Panelgrößen (Derndorfer, 2020) von acht bis zwölf Probanden ausreichend (Derndorfer, 2012). Die im Projekt angewandte Methode Rate all that apply (RATA) ist eine Sonderform der CATA-Methode. Bei der RATA-Methode kreuzen die Probanden aus einer Liste an Produktattributen die zutreffenden an und bewerten diese zusätzlich anhand ihrer Ausprägungsintensität (Derndorfer, 2012). Dies ist ein Vorteil im Vergleich zur CATA-Methode, da ansonsten die Proben von den Probanden teils unbewusst miteinander verglichen werden und Produktattribute nur bei der Probe angekreuzt werden, bei der dieses stärker ausgeprägt ist (Jaeger et al., 2019). Im Rahmen von EATMORE wurde die RATA- Methode in den Jahren 2021 und 2023 an Frischmöhren- und Saftproben angewendet, die Anzahl der bewerteten Attribute belief sich auf dreizehn (siehe Abbildung 3). Die Prüfungen erfolgten mit zwölf Panelisten in dreifacher Wiederholung für jedes Probenet. Eine Rückverkostung ist bei dieser Methode möglich.

Kabine 6 Name: **Möhrensaft Gartow II** Datum:

Bitte bewerten Sie die einzelnen Attribute mit XXX= sehr stark vorhanden xx= stark vorhanden x= vorhanden 0 = nicht relevant für diese Möhrenprobe

	Relevantes Kriterium	129	536	340	956	762	215
GERUCH	Herber wurzelartiger Geruch						
	Erdiger Geruch						
	Seifiger Geruch						
	Nussiger Geruch						
	Süßer Geruch						
GESCHMACK	Komponentenreicher, vielfältiger, ausgewogener Gesamtmöhrengeschmack						
	Wurzelartiger herber, grüner Möhrengeschmack						
	Mildes Möhrenaroma						
	Flüchtiger, wässriger Geschmack						
	Nussiger Geschmack						
	Seifiger Geschmack						
	Bitterer Geschmack						
	Fremdgeschmack (störender Einfluss, modrig, faulig, nicht möhrentypisch)						

Abbildung 3: Aufbau des Bewertungssheet der RATA-Methode, die eher unerwünschten Geschmacksattribute wurden zur Kenntlichmachung nur für diesem Schlussbericht gelb hinterlegt.

Dreieckstest:

Der Dreieckstest bzw. Triangeltest zählt zur Übergruppe der Unterschiedsprüfungen (Derndorfer, 2012) und ist eine der am häufigsten durchgeführten Methoden in der Lebensmittelsensorik (Busch-Stockfisch, 2015b; Schneider-Häder, 2016b). Die Durchführung ist dann sinnvoll, wenn die Unterschiede zwischen den zu untersuchenden Proben gering sind (Oehlenschläger, 2010), da man erfahren möchte, ob diese Unterschiede von den Probanden wahrgenommen werden oder nicht (Busch-Stockfisch, 2015b).

Bei einem Dreieckstest erhält der Proband drei Proben, von denen zwei identisch sind. Die Aufgabe besteht darin, die abweichende Probe zu erkennen (Derndorfer, 2012). Es handelt sich zudem um einen „Forced choice“-Test. Das heißt, dass die Probanden sich für eine Probe entscheiden müssen, auch wenn sie keine Unterschiede wahrnehmen (Oehlenschläger, 2010). Es ist jedoch zur Absicherung der Ergebnisse möglich, den Zusatz: „Geben Sie an, wenn Sie nur geraten haben“ hinzuzufügen (Oehlenschläger, 2010). Rückkosten ist dabei standardmäßig erlaubt (Thölking, 2007).

Bei einem Dreieckstest gibt es sechs mögliche Probenaufstellungen (Derndorfer, 2012), welche gleich häufig getestet werden sollten (Busch-Stockfisch, 2015b; Oehlenschläger, 2010). Insofern die zu testenden Proben keinen starken Nachgeschmack und kein zu intensives Aroma aufzeigen, können von den Probanden auch mehrere Dreieckstests nacheinander durchgeführt werden (Busch-Stockfisch, 2015b). Wichtig ist, dass alle Prüfpersonen eines Panels ähnliche sensorische Fähigkeiten besitzen (Busch-Stockfisch, 2015b). Bei Dreiecksprüfungen sollten mindestens fünf bis sieben geschulte Panelisten an den sensorischen Analysen teilnehmen (Oehlenschläger, 2010).

Der Dreieckstest kam bei den Saftproben zur Anwendung und wurde mit neun Panelisten in dreifacher Wiederholung für jede Möhrensorte und -zuchtlinie in den beiden Verfahren Kaltvermahlung versus Heißvermahlung durchgeführt. Außerdem wurde ebenfalls in dreimaliger Wiederholung die Tankmischprobe versus Flaschenabfüllung geprüft.

3.3.2.1 Untersuchung von Frischmöhren

Die Frischmöhrenproben wurden verschlüsselt mit einem dreistelligen Zahlencode geliefert, jeder der drei Anbaustandorte hatte dabei eine separate Codierung. Hierbei handelte es sich um eine doppelte Verblindung aller untersuchter Möhrenproben (Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, 2021), da nicht nur die Probanden, sondern auch die Projektmitarbeiter des Sensoriklabors nicht wussten, welche Möhrensorte oder -zuchtlinie sich hinter welchem Code verbarg. Die sensorische Prüfung erfolgte im Sensoriklabor der Universität Kassel Witzenhausen, welches mit zwölf Einzelkabinen entsprechend der ISO Norm 8589 über Anforderungen für sensorische Kabinen entworfen und eingerichtet wurde (ISO, 2007). Wie in der DIN ISO-Norm für Sensorische Analyse, Prüfverfahren und Rangordnungsprüfung (ISO 8587:2005) beschrieben, wurden die Proben außerhalb des Gesichtsfeldes der Prüfpersonen und in identischer Art und Weise vorbereitet. Die jeweils sechs Möhrenvarianten eines Standortes wurden an aufeinander folgenden Tagen in dreifacher Wiederholung mit jeweils neuen dreistelligen Probencodes verkostet.

Die Verkostung der Frischmöhren fand sowohl mit Möhrenraspel als auch mit frisch gepresstem Möhrensaft statt. Die Frischmöhrenproben wurden für die Dauer der sensorischen Untersuchungen im Kühlschrank bei einer Temperatur von 6 °C gelagert. Für die Untersuchung einer Möhrenvariante wurden insgesamt 15 Möhren verwendet. Dabei wurden die Möhren so ausgewählt, dass sie ein möglichst repräsentatives Abbild der Grundgesamtheit bildeten (Hanrieder, 2012a). Dies bezog sich insbesondere auf die Größenverteilung. Die

ausgewählten Möhren wurden unter fließendem kaltem Wasser mit einer Gemüsebürste vorsichtig von anhaftendem Boden befreit und mit Küchenpapier getrocknet. Anschließend wurde jeweils ca. 1 cm der Spitze und des Kopfs der Möhre abgeschnitten. Fraßstellen oder Defekte an einzelnen Rüben wurden herausgeschnitten, um die sensorische Wahrnehmung nicht zu beeinflussen. Dann wurde jede Möhre einmal längs in der Mitte mit einem Messer geteilt, damit von jeder Möhre eine Hälfte zu Saft und die andere Hälfte zu Raspeln verarbeitet werden konnte.

Zubereitet wurde der Möhrensaft mit einem Slow Juicer, der Green Star GS-3000 Saftpresse von Keimling Naturkost, und die Möhrenraspeln mit einem Reibeaufsatz für die Küchenmaschine CombiMax750 der Marke Braun. Bei einem Slow Juicer wird der Saft schonend mittels einer sich drehenden Pressschnecke gewonnen. So gelangt weniger Sauerstoff in den Saft und die Oxidation wird verringert.

Jeder Proband verkostete zunächst alle sechs vorliegenden Sorten und Zuchtlinien eines Anbaustandortes als Set in Form von Möhrenraspeln. Nach einer Pause wurden die gleichen Möhrenvarianten in Form von frisch gepresstem Saft untersucht. Die Raspel und der Saft hatten unterschiedliche Probencodes und wurden für jeden Probanden in randomisierter Reihenfolge gereicht.

Im ersten Versuchsjahr 2020 wurden die Frischmöhren mittels QDA bewertet. Durch die Corona bedingten Auflagen, wie Sperrung der Gebäude, ein mehrmals angepasstes Hygienekonzept, Reduzierung der Personenzahl in den Räumlichkeiten sowie das Einhalten von großen Abständen, waren Austausch und Konsensfindung zwischen den einzelnen Probanden stark eingeschränkt. Daher wurde ab 2021 die deskriptive Methode RDA in Verbindung mit der neu entwickelten Schnellmethode RATA eingesetzt.

3.3.2.2 Untersuchungen von Möhrensäften

Wie die Frischmöhrenproben wurden auch die bei Fa. Voelkel hergestellten Saftproben mit einem dreistelligen Zahlencode versehen geliefert. Im Rahmen dieses Berichts werden die in den Jahren 2021 und 2023 nach Probenahme bei -24 °C tiefgekühlten Saftproben dargestellt und ausgewertet. Die Probenbehälter wurden ca. 14 Stunden vor der sensorischen Beurteilung bei Raumtemperatur aufgetaut. Bevor der Saft zur Verkostung kam, wurde er gut homogenisiert, täglich neu codiert und randomisiert. Die sensorische Bewertung erfolgte in beiden Jahren mittels RDA sowie RATA und wurde für jedes Probenstet dreimal wiederholt.

Zusätzlich wurde im Jahr 2021 für die Verkostung der beiden Saftverfahren (Kalt- und Heißvermahlung) eine Unterschiedsprüfung mit dem Dreieckstest durchgeführt. Diese Verkostung fand erst nach Erfassung und Bewertung aller Daten der Frischmöhren und verarbeiteten Säfte durch die Verfahren Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation statt, damit durch eine Decodierung der Säfte kein Einfluss auf die Bewertungen entstehen konnte. Hierfür wurde von der Projektleitung lediglich mitgeteilt, welche Probencodes der beiden Saftverfahren dem Probenpaar einer Sorte bzw. Zuchtlinie zuzuordnen waren. Um welches Verarbeitungsverfahren es sich bei den einzelnen Codes handelte, blieb verschlüsselt. Die Beurteilung fand in dreimaliger Wiederholung statt, wobei jeder Proband an jedem Versuchstag die Probenpaare in den Kombinationen 1 x Heißvermahlung und 2 x Kaltvermahlung sowie 2x Heißvermahlung und 1 x Kaltvermahlung zu unterscheiden hatte. Zusätzlich sollten die Probanden die Attribute benennen, durch die sie die herausfallende Probe erkennen konnten, bei nicht feststellbaren Unterschieden oder Unsicherheit bei der Bewertung wurde das Feld „geraten“ angekreuzt.

Obwohl die Kombination eines Dreieckstest mit einer deskriptiven Mehrfachauswahl in der Fachliteratur der Sensorik teilweise kritisiert wird (Busch-Stockfisch, 2015b), wurde das Panel aufgefordert anzugeben, anhand welcher Attribute die abweichende Probe identifiziert werden konnte. Da im Vorfeld sowohl sechs sortenreine Möhrensäfte aus Kaltvermahlung als auch aus Heißvermahlung mit den Verfahren RDA und RATA bewertet wurden, konnten mögliche Merkmale für eine Unterscheidung der beiden Verfahren im Konsens festgelegt und mögliche andere Unterscheidungsmerkmale notiert werden. Tabelle 5 zeigt ein Bewertungssheet, das zur Unterscheidung der Saftverarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung im Triangeltest verwendet wurde.

Tabelle 5: Attribute für die Unterscheidung der Heiß- und Kaltvermahlung der verarbeiteten Möhrensäfte beim Dreieckstest. Angekreuzt werden musste dabei die abweichende Probe.

Schwächer vorhanden	Attribut	Stärker vorhanden
	Intensität eines möhrentypischen Geruchs	
	Intensität eines möhrentypischen Geschmacks	
	Intensität von Süße	
	Komponentenreicher, vielfältiger, ausgewogener Geschmack	
	Flüchtiger, wässriger, fader Geschmack	
	Bitterer Geschmack	
	Fremdgeschmack (störender Einfluss, modrig, faulig, nicht möhrentypisch)	
	Kochgeschmack	

Die in den Jahren 2021 und 2023 gewonnenen Mischproben Tankmix und flaschenkonservierter „Feldfrischer Möhrensaft“ wurden ebenfalls in dreimaliger Tageswiederholung und mit zwei Triangel-Sets pro Tag getestet. Damit wurde der identische Saft vor und nach der Flaschenabfüllung verglichen, um einen möglichen Einfluss der Flaschenkonservierung auf die Qualität des Endprodukts zu ermitteln.

3.3.2.3 Statistik

Im Jahr 2020 wurde die Auswertung für die QDA mit der Statistik Software Jamovi durchgeführt. Die wiederholten Messungen wurden dabei als einzelne Messungen betrachtet, da Unabhängigkeit gewährleistet war. Unterschiede zwischen den einzelnen Produktattributen wurden varianzanalytisch geprüft (Derndorfer, 2020; Meyners und Kunert, 2015). Bei nicht homogenen Varianzen kam bei Jamovi der Welch-Test für ungleiche Varianzen zur Anwendung, im Falle gleicher Varianzen die Standard-Varianzanalyse. Um festzustellen, zwischen welchen Möhrensarten und -zuchtlinien diese Unterschiede bestanden, wurde ein post-hoc-Test durchgeführt. Dies waren im Falle gleicher Varianzen der Tukey-Test und bei ungleichen Varianzen der Games-Howell-Test.

Zur Auswertung der Dreieckstests in den Jahren 2021 und 2023 wurden die folgenden beiden Hypothesen geprüft:

- H0: Die Pressverfahren, Heiß- versus Kaltvermahlung bzw. die Flaschenkonservierung, Tankmix versus flaschenkonservierter „Feldfrischer Möhrensaft“ haben keinen Einfluss auf die sensorische Wahrnehmung des Saftes.

- H1: Die Pressverfahren, Heiß- versus Kaltvermahlung bzw. die Flaschenkonservierung, Tankmix versus flaschenkonservierter „Feldfrischer Möhrensaft“ haben einen Einfluss auf die sensorische Wahrnehmung des Saftes.

Zur Überprüfung der beiden Hypothesen wurde die Anzahl an von den Probanden richtig erkannten Proben in Bezug zur Ratewahrscheinlichkeit von ein Drittel gesetzt (Derndorfer, 2012). Überstieg das Ergebnis die Ratewahrscheinlichkeit, dann konnte die Nullhypothese verworfen werden, da es sehr unwahrscheinlich ist, dass eine so hohe Anzahl richtig erkannter abweichender Proben durch reines Raten entstanden ist (Meyners und Kunert, 2015). In diesem Fall war der Befund, dass die untersuchten Proben sensorisch wahrnehmbare Unterschiede aufwiesen. Das Ergebnis muss dabei in Bezug zum festgelegten Signifikanzniveau und der Panelgröße betrachtet werden (Ptach, 2011) und kann in standardisierten Signifikanztabellen abgelesen werden (Oehlenschläger, 2010). Die Angaben der Panel-Mitglieder zur Frage, woran sie die abweichende Probe jeweils erkannt haben, konnten nicht statistisch ausgewertet werden. Die genannten beschreibenden Attribute wurden jedoch in einer Tabelle mit der Häufigkeit der Nennungen erfasst.

Die statistische Auswertung für die Jahre 2021 und 2023 erfolgte mit dem Programm IBM SPSS Statistics, Version 28.0.1.0. Dabei wurde eine ANOVA mit dem Tuckey post-hoc-Test berechnet. Die Ergebnisse der RDA-Methode wurden aufgrund der ordinalen Skala (Rangsummen) mit einer Kruskal Wallis ANOVA auf statistische Signifikanz geprüft. Außerdem wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) über die Bewertungs-Parameter aus Sensorik und Kristallisation und eine anschließende Cluster-Analyse der Sorten und Zuchtlinien anhand der gewonnenen Faktoren durchgeführt. Die Ergebnisse der Datenanalyse werden im Ergebnisteil wie folgt dargestellt: In Klammern wird der Mittelwert (M) und der Standardfehler (SE) für metrische Ergebnisse (RATA und Kristallisation) bzw. der Median (Md) und die Standardabweichung (SA) für die Ergebnisse auf ordinaler Skala (RDA) angegeben. Die Untergruppen des Tukey post-hoc-Tests wurden für das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ berechnet, auch in der Kruskal-Wallis ANOVA für ordinale Skalen wurde dieses Signifikanzniveau angesetzt. Das Signifikanzniveau von $p < 0,05$ wird im Weiteren, wenn nicht anders gekennzeichnet, als „signifikant“ beschrieben. In seltenen Fällen wird für $p < 0,1$ von einem „Trend“ gesprochen, was bei kleinen Stichproben möglich ist (Field, 2018; Kuckartz et al., 2010).

3.3.3 Kupferchlorid-Kristallisation

Für die Untersuchung der codierten Frischmöhren- und Saftproben mittels Kupferchlorid-Kristallisation wurden runde Glasplatten (Floatglas) mit einem Durchmesser von 100 mm und 2 mm Dicke (Hersteller: Glasmanufaktur Pfähler, Deutschland) verwendet, die zuerst in der Laborspülmaschine (Miele Desinfektor) bei 80 °C mit laugenhaltigen, im zweiten Schritt mit säurehaltigem Spülmittel und dann mit demineralisiertem Wasser, ohne Trocknung gespült wurden. Im direkten Anschluss wurden die Glasplatten in einem Wasserbad mit frischem demineralisiertem Wasser gespült, anschließend im Trockenschrank bei 30 °C für 30 Minuten getrocknet und daraufhin mit Ethanol absolut analar NP ACS/R.PE-USP (99,8 %) abgespült, um eine optimale Oberflächenspannung des Glases für die gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung der zu kristallisierenden Lösung zu erreichen. Auf den äußeren Rand der Glasplatten wurden Plexiglasringe, ebenfalls mit Ethanol gereinigt, von 3,5 cm Höhe, 5 mm Dicke und 9 cm innerem Durchmesser (Hersteller: Broennum, Plast, DK) mit 103 °C heißer flüssiger Vaseline Ph.Eur. (Roth) befestigt.

Die eigentliche Kristallisation erfolgte in zwei hierfür speziell konstruierten Kammern in Räumlichkeiten der Universität Kassel, Standort Witzenhausen und fand auf einer

störungsfreien Konstruktion im Inneren der 10 m³ großen, achteckigen Holzkammern statt. In jeder Kristallisationskammer können 43 Proben je Durchgang kristallisieren. Die klimatischen Bedingungen (Luftfeuchte/Temperatur) blieben in dem umgebenden Raum stets konstant (47 bis 48 % rF, 26,0 °C). Im Innern der Kristallisationskammer betrug die Luftfeuchte 54 % rF und die Temperatur 26 °C beim Beginn eines Kristallisationsvorgangs.

Die vorbereiteten Glasplatten wurden zuerst in der Kristallisationskammer auf den 43 Plätzen ausgerichtet. Im Anschluss wurden je 6 ml der vorbereiteten Probenlösungen auf den durch das Labordokumentationsprogramm LabDoc vorgegebenen Platz auf die Platten pipettiert. Die einzelnen Probenplätze wurden dabei mittels des LabDoc-Programmes randomisiert.

Während der Kristallisation wurden alle fünf Minuten von einer Kodak DC5000 Digitalkamera in der inneren Kammer ein Bild des Kristallisationsvorgangs aufgenommen. So konnte die genaue Startzeit der Kristallbildung für jedes einzelne Kristallisationsbild bestimmt werden (Kahl et al. 2004; Busscher et al., 2010).

Nach Ende des Kristallisationsvorganges wurde jede einzelne Glasplatte mit den Kenndaten des LabDoc-Programms am Außenrand beschriftet, in einer Fotobox fotografiert und zusätzlich mit einem PowerLook III, UMAX Scanner gescannt. Alle Daten flossen ins LabDoc-Programm und sind dort für weitere Bearbeitung und Auswertungen abrufbar.

Je Probenstet wurden drei Versuchswiederholungen durchgeführt. Bei den Frischmöhrenproben wurden in einer vierten Versuchswiederholung die Trockensubstanzmengen pro Glasplatte auf ein identisches Niveau gebracht. Mit diesem Trockensubstanz-Angleich sollte ausgeschlossen werden, dass womöglich eine geringere Trockensubstanzmenge ausschlaggebend für die charakteristischen Bildmerkmale der jeweiligen Möhrensorte und -zuchtlinie war. Bei der Auswertung mit angepassten Trockensubstanzen wurde kontrolliert, ob durch höhere Probematerialmengen pro Platte niedriger bewertete Möhrenvarianten auf das Qualitätsniveau höher bewerteter Varianten überführbar sind. Jeder Versuch wurde parallel in zwei baugleichen Kristallisationskammern durchgeführt. Insgesamt wurden im Rahmen des Projektes 6.192 Kristallbilder hergestellt und standen für die Qualitätsbeurteilung der Frischmöhren- und Saftproben zur Verfügung (siehe Übersicht in Tabelle 6).

Tabelle 6: Probenverteilung auf die Kristallisationsversuche über die Projektlaufzeit.

Probenart u. Herkunft	2020	Anzahl Kristallbilder	2021	Anzahl Kristallbilder	2023	Anzahl Kristallbilder
Frischmöhren TAU	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344	-	-
Frischmöhren KHOH	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344	-	-
Frischmöhren GAR	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344	3 x 6 Sorten 1 x TS-Angleich	344
Möhrensaft Fa. Voelkel	3 x 5 Sorten Heißvermahlung + Flaschenabfüllung 1 x TS-Angleich	344	1 x 6 Sorten Heißvermahlung 1 x 6 Sorten Kaltvermahlung 3 x 6 Sorten Heiß- und Kaltvermahlung 6 x Vergleich tiefgefroren vs. CuCl ₂ konserviert 3 x Vergleich Tankmix CuCl ₂ konserviert / tiefgefroren vs. Flaschenabf.	1.720	3 x 6 Sorten Kaltvermahlung, CuCl ₂ konserviert 3 x 6 Sorten Kaltvermahlung, tiefgefroren 3 x Vergleich Tankmix CuCl ₂ konserviert / tiefgefroren vs. Flaschenabfüllung	774
Pektin-Versuche	-	-	6 x Matrixvergleiche Möhrensaft/Pektine	516	-	-
Konservierung von Saftproben ohne Einfrieren	-	-	5 x Vergleichsversuche	430	-	-

3.3.3.1 Untersuchung von Frischmöhren

Für die Untersuchungen mittels Kupferchlorid-Kristallisation sind die Frischmöhrenproben mit gleicher Codierung wie für die sensorische Verkostung geliefert worden. Die Auswahl eines repräsentativen Teils der Grundgesamtheit und Lagerung der zu untersuchenden Möhren fand in gleicher Weise wie bei der sensorischen Untersuchung statt. Für jede Einzeluntersuchung wurden zehn repräsentative Möhren jeder Sorte bzw. Zuchtlinie ausgewählt, unter fließendem Wasser mit einer weichen Gemüsebürste gereinigt, mit Laborvlies getrocknet, die Einzelrüben gewogen und zur Dokumentation fotografiert (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Aufbereitung des Probenmaterials für die Kupferchlorid-Kristallisation.

Ca. 1 cm der Möhrens Spitze sowie des Kopfes wurden entfernt, die Möhren wurden längs halbiert und mit der Saftpresse Green Star GS-3000 von Keimling Naturkost zu Saft verarbeitet. Der gewonnene Möhrensaft wurde durch ein 80 µm Nylon-Sieb gefiltert, um vorhandene Schwebstoffe zu entfernen. Direkt im Anschluss der Filtration (10 Minuten) wurden von dem Möhrensaft drei aufsteigende Konzentrationen mit destilliertem Wasser und einer 10%igen Kupferchloridlösung (50 g Kupfer(II)-Chlorid-Dihydrat p.A. in 500 g dest. Wasser) hergestellt. Diese Probenlösungen wurden 30 Minuten auf einem Horizontalschüttler (Heidolph Unimax) bei 110 rpm geschüttelt, bevor pro entstehendem Kristallbild 6 ml auf die vorbereiteten Glasplatten in den Kristallisationskammern pipettiert wurden. Als Referenzsubstanz wurde standardmäßig Polyvinylpyrrolidon K90 (PVP) verwendet, welches erfolgreich für die Kristallisationsmethode getestet wurde (Andersen et al., 1998).

3.3.3.2 Untersuchung von Möhrensäften

Die verarbeiteten sortenreinen Säfte von Voelkel lagen für die Untersuchungen mittels Kupferchlorid-Kristallisation, wie für alle anderen Methoden, als tiefgefrorene Saftproben vor sowie zusätzlich als direkt bei Probenahme am Dekanter in wässrige Kupferchloridlösung pipettierte Saftproben. Auch die Tankmischprobe wurde in gleicher Weise doppelt konserviert. Sämtliche Saftproben aus der Verarbeitung bei Voelkel wurden in den gleichen drei Mischungsverhältnissen wie der für die Untersuchung der Frischmöhren im Labor hergestellte Saft angesetzt und nach identischem Verfahren kristallisiert.

3.3.3.3 Bildauswertung und Statistik

Computerbasierte Auswertung:

Die computerbasierte Struktur- und Texturanalyse wurde mit der ACIA-Software vorgenommen. Dazu wurden die gescannten Kristallisationsbilder mit verschiedenen Image Analysis Routinen ausgewertet, konkret mit: Texture Analysis, wie beschrieben bei Carstensen (1992) und Andersen (1999) sowie Structure Analysis (Doesburg, 2013), Absorbance Auswertung (Busscher, 2017) und Polar Sampling Auswertung (Busscher, 2016) sowie für verschiedenen große Bildausschnitte, den sogenannten Regions Of Interest (kurz ROI). Jede Image Analysis Routine hat mehrere Ergebnis-Variablen. Um zu testen, ob diese Variablen „unabhängig“ voneinander waren, d.h. nicht dasselbe Signalverhalten zeigten, werden die Variablen hinsichtlich der Korrelation zueinander bei verschiedenen ROI untersucht und in Gruppen mit gleichem Signalverhalten eingeordnet. Um das experimentelle Design für die Auswertung zu nutzen, wurden die ANOVA F-Werte der Qualität mit denen des Tages und der Kristallisationskammer sowie den Interaktionen von Tag mit Kristallisationskammer und von Tag mit Probe genutzt. Es wurden ausschließlich diejenigen Daten weiterverarbeitet, bei

denen die F-Werte von Qualität mindestens einen Faktor 2 größer waren als die anderen F-Werte. Zur Beurteilung wurde die Größe FratioMin berechnet, die das kleinste Verhältnis der jeweiligen F-Werte von Qualität zu den anderen F-Werten beinhaltet. Dieser Wert musste größer als 2 sein, damit der Datensatz weiterverarbeitet wurde. Je größer dieser Wert ist, umso stärker zeigt sich das Qualitätssignal in den Messergebnissen und umso weniger der Einfluss der Tages- oder der Kristallisationskammer-Variationen. Als weitere Bedingung musste der F-Wert der Qualität größer als 4 sein und der p-Wert des Qualitätssignals kleiner als 0,05 (95 %) sein.

Diese Datensätze wurden dann hinsichtlich von FratioMin nach Größe sortiert und der Datensatz mit dem größten Wert von FratioMin, der das deutlichste Signal für die Qualität im Verhältnis zur Tages- und Kristallisationskammer-Variation zeigte, für die Auswertung genommen. Damit sind dann die für diese Art der Auswertung optimale Kombination des Algorithmus mit ihrer Variablen, der ROI und die additive Menge gefunden. Um zusätzlich ein Maß für die Unterschiede der Proben untereinander zu bekommen, wurde der Median der paarweisen (pairwise) F-Werte der Proben bestimmt. Die Größe wird als medianFpairwise bezeichnet. Diese 15 möglichen Kombinationen aus 6 Proben zusammen mit dem Median, der nicht empfindlich für Ausreißer ist, ergibt ein gutes Maß für die Unterschiedlichkeit der einzelnen Möhrenproben.

Visuelle Auswertung:

Für die visuelle Auswertung der im Rahmen des EATMORE-Projektes entstandenen Kristallbilder beurteilte ein Experten-Panel die bildbeschreibenden Attribute wie bei der Lebensmittelsensorik nach dem Prinzip der RATA-Methode. Zusätzlich wurden die sechs Möhrenvarianten mit der RDA-Methode in ihrer Gesamtqualität gerankt. Im Vorfeld der Auswertungen wurden die Panel-Mitglieder geschult. Die aufgrund der Corona-Pandemie online abgehaltene Schulung war, wie bei der Lebensmittelsensorik, nach DIN-10967 (Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung) aufgebaut. Auf diese Weise war vor den Prüfungen ein klares Attributverständnis gegeben.

Für die Bildauswertung durch das Experten-Panel wurden alle im LabDoc-Programm gespeicherten Kristallbilder erneut codiert und Auswertungssheets erstellt, auf denen sechs Bilder einer Sorte bzw. Zuchtlinie abgebildet waren. Wie in Abbildung 5 am Beispiel eines Examenssheets aus dem Jahr 2021 ersichtlich, waren die sechs Bilder nach verschiedenen Kriterien auf dem Sheet angeordnet. Links oben und unten waren zwei Bilder mit der niedrigen Möhrensaft-Konzentration (125 mg Saft und 150 mg CuCl₂), mittig die mittlere Konzentration (175 mg Saft auf 150 mg CuCl₂) und rechts jeweils die höchsten Konzentrationen (250mg Saft auf 150mg CuCl₂). Außerdem wurden die Bilder so ausgewählt, dass für jede Konzentration ein frühes Bild (Kristallisationsbeginn nach ca. 10 h, jeweils oben) und ein spätes Bild (Kristallisationsbeginn nach ca. 14 h, jeweils unten) abgebildet war. Die Startzeiten der einzelnen Kristallisation sind jeweils an „tcr“ abzulesen.

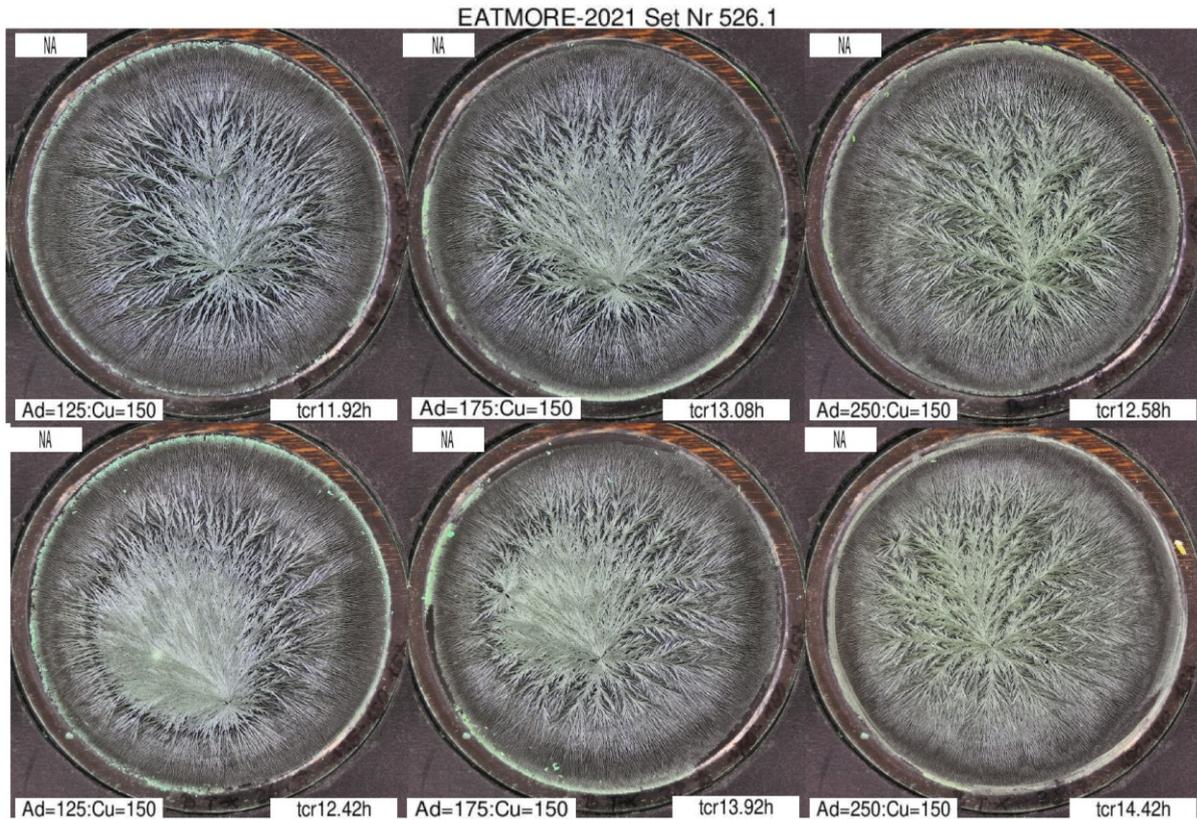


Abbildung 5: Examenssheet für die visuelle Auswertung der Kupferkristallisation durch ein Experten-Panel. Jeweils links unter dem Bild sind die Konzentrationen des Zusatzes (Ad) im Verhältnis zur Kupferchlorid-Lösung (CuCl_2) angegeben. Rechts unter jedem Bild ist der Zeitpunkt des Beginns der Kristallisation nach Pipettieren auf die Glasplatte in der Kristallisationskammer angezeigt (tcr).

Die Examenssheets wurden farbig auf Hochglanz-Fotopapier ausgedruckt und den Panelmitgliedern per Post zugesendet, parallel dazu wurden ihnen einheitliche und codierte Excel-Tabellen für die Auswertung der Sheets per E-Mail gesendet. Nach der individuellen Auswertung sendeten die Panel-Mitglieder die ausgefüllten Excel-Bewertungstabellen zurück. Die Auswertung der Kupferchlorid-Kristallisationsbilder richtet sich nach der ISO Norm 11035 für die „Identifizierung und Auswahl von Deskriptoren zur Erstellung eines sensorischen Profils durch einen multidimensionalen Ansatz“ (ISO, 1994). Das zu untersuchende Produkt ist in diesem Fall das auszuwertende Bild. Die Kriterien, nach denen die Bilder bewertet wurden, waren wie bei einer sensorischen Untersuchung auch das Ergebnis der Zusammenarbeit des Panels. Bei dieser Auswertung wurden 16 Kriterien bewertet, auf einer vierstufigen Skala von 0 (= nicht relevant) bis 3 (= stark vorhanden). Außerdem wurde für jedes Set durch die Panel-Mitglieder ein Qualitätsranking vorgenommen mit der Skala 1 (= beste Gesamtqualität) bis 6 (= schlechteste Gesamtqualität). Abbildung 6 und

Abbildung 7 zeigen den Aufbau der Bewertungssheets und zusätzlich die Erklärung der einzelnen zu bewertenden Attribute.

Bewertungssheet Kristallisation

Nummer des Sheets: 01

Set Frischsaft

V-L

Datum:

bitte nach Intensität bewerten!

0 - nicht relevant, X-vorhanden, XX- stark
vorhanden, XXX-sehr stark vorhanden

Person:

	Relevantes Kriterium	451	452	453	454	455	456
1	Hohe Substanzwirkung						
2	Präsenz						
3	Ausbreitende Dynamik						
4	Grundspannung						
5	Beweglichkeit						
6	Gleichmäßigkeit						
7	Verbundenheit						
8	Zentrumsordination						
9	Prägnante Nadelzüge						
10	Verdichtete Bereiche						
11	Starre						
12	Zentrum gehalten oder abgeschnürt						
13	Unregelmäßigkeit						
14	Nadelzüge stocken oder laufen aus						
15	Erschlaffung						
16	verwaschene Nadelzüge						
	Bitte Qualität von 1 höchste Qualität bis 6 geringste Qualität bewerten						

Abbildung 6: Bewertungssheet für die visuelle Auswertung der 16 beschreibenden Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation durch ein Experten-Panel. Die Merkmale 1 bis 9 sind positiv konnotiert, die Merkmale 10 bis 16 sind negativ konnotierte Bildmerkmale.

Kristallisation

Beschreibung der Bewertungskriterien

1	Hohe Substanzwirkung	Plattenbedeckung ist hoch, eine feine und dichte Benadelung, teilweise Überkonzentrationen mit Substanzspiralen sichtbar
2	Präsenz	Bilder wirken fast dreidimensional, durch das Zusammenspiel von hoher Grundspannung, Gleichmäßiger integrierter Ausformung klarer Strukturen
3	Ausbreitende Dynamik	Kraftvoller Ausbreitungsimpuls direkt aus dem Zentrum kommend, der bis in den Randbereich gehalten wird
4	Grundspannung	Aufrecht und mit Spannung versehene Nadelzüge, die nicht im Randbereich wegbrechen oder ihre Spannung verlieren
5	Beweglichkeit	Lebendig bewegte Nadelzüge ohne Starre
6	Gleichmäßigkeit	Gleichmäßigkeit in Benadelung (keine unterschiedlichen Benadelungswinkel oder unterschiedliche Benadelungsdichten) nicht chaotisch oder willkürlich angeordnet, sondern ein gleichmäßiges harmonisches Gesamtbild
7	Verbundenheit	Ein ausbreitendes, verbundenes Fließen der Nadelzüge vom Zentrum zum Randbereich. Ohne gestaute und verdichtete Bereiche, die nicht durchdrungen werden
8	Zentrumsordination	Verfolgbare Nadelzüge direkt aus dem Zentrum kommend und bis zum Bildrand zu verfolgen. Dirigent (Zentrum) hat das Gesamtbild unter Kontrolle
9	Prägnante Nadelzüge	Kräftige und deutlich ausgeformte Nadelzüge, ohne Verklebungen oder Verwaschungen
10	Verdichtete Bereiche	Dichte Strukturen, verklebt und ohne Nadelzüge, die diese Bereiche durchdringen. Häufig kommt es zu einer Auflösung zwischen der Zentralen und der mittleren Zone
11	Starre	Starre Nadelzügen, gerade rigide, ohne lebendige Beweglichkeit
12	Zentrum gehalten oder abgeschnürt	Das Zentrum wird punktförmig oder wie in der eigenen Mitte abgebunden abgebildet und zeigt keinen aus der eigenen Mitte kommenden Ausbreitungsimpuls. Die Nadelzüge zeigen sich nicht strahlend oder ausbreitend und ohne ausbreitende Dynamik
13	Unregelmäßigkeit	Sehr unterschiedliche Arten von Benadelung, segmentartige Abbildungen ohne Gesamtzusammenhang der Bilder
14	Nadelzüge stocken oder laufen aus	Nadelzüge erscheinen im Randbereich ohne eigene nach außen strebende Kraft zu halten, stocken oder sie fächern kraftlos auf
15	Erschlaffung	Keine Grundspannung, Nadelzüge wirken wie welk, schlaff oder aber brechen im Randbereich weg
16	verwaschene Nadelzüge	Keine klare Abgrenzung der Nadelzüge, diese wirken wie verklebt, undeutlich in ihrer Ausprägung oder verschwommen

Abbildung 7: Beschreibung der einzelnen auszuwertenden Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation.

Neben der visuellen Auswertung durch das Experten-Panel wurde das gesamte Bildmaterial auch von der die Untersuchungen leitenden Person der Universität Kassel sowie einer Masterstudentin in Einzelauswertung durchgeführt. Zur Darstellung der Lernbarkeit der Kupferchlorid-Kristallisationsmethode im Rahmen einer dreimonatigen Masterarbeit wurden beide Einzelauswertungen mit denen des Experten-Panels in Beziehung gebracht. Eine beschreibende Auswertung für jede Möhrenvariante in der sorteneigenen Charakteristik ist im Ergebnisteil dieses Berichts aufgeführt.

Bei der statistischen Auswertung im Versuchsjahr 2020 wurden alle durch das Experten-Panel erhobenen Daten als unabhängige Messungen ausgewertet. Das bedeutet, dass die Wiederholungen unterschiedlicher Test-Sets jedes Panel-Mitglieds unabhängig voneinander betrachtet wurden. Zur Identifikation statistisch signifikanter Unterschiede kam der Friedmann-Test für paarweise Vergleiche zum Einsatz. Basierend auf den visuellen Bewertungskriterien wurden die Proben in Untergruppen geclustert, und zwar mittels K-Means Clustering, sodass Objekte innerhalb desselben Clusters so ähnlich wie möglich sind (d.h. hohe Intra-Klassen-Ähnlichkeit aufweisen), während Objekte aus verschiedenen Clustern so unähnlich wie möglich sind (also niedrige Interklassenähnlichkeit zeigen). Die Bewertung erfolgte mit sieben Panelisten, die pro Standort vier (Standort TAU) bzw. fünf Sets Kristallbilder bewertet haben. Auch die von Fa. Voelkel verarbeiteten Säfte wurden mit jeweils fünf Sets Kristallbildern bewertet.

Für die statistische Analyse zum Vergleich der beiden Methoden Lebensmittelsensorik und Kupferchlorid-Kristallisation über die dargestellten Jahre 2021 und 2023 für den Standort GAR wurde für die RATA-Methode eine ANOVA mit dem Tukey post-hoc-Test gerechnet; aufgrund der einheitlichen Gruppengröße war der robuste Tukey post-hoc-Test auch bei fehlender Varianzhomogenität geeignet. Die Daten der RDA-Methode wurden aufgrund der ordinalen Skala (Rangsummen) varianzanalytisch mit einem Kruskal-Wallis-Test berechnet.

Eine Faktorenanalyse (in diesem Fall eine Hauptkomponentenanalyse, kurz: PCA) und eine Clusteranalyse waren ein weiterer Teil der statistischen Auswertung. Beiden Analysen liegt das gleiche Prinzip, nämlich „Klassifikation mit dem Ziel maximaler Homogenität“ zugrunde (Schendera, 2010), obwohl die Verfahrensweise unterschiedlich ist. Bei der Faktorenanalyse werden die Variablen anhand über Spalten hinweg gleicher Werten zu Faktoren zusammengefügt. Sie arbeitet mit Korrelation, Extraktion und Rotation und entdeckt hierbei ggf. vorhandene, lineare oder auch inhaltliche Zusammenhänge zwischen den Variablen (Schendera, 2010). Im Fall des vorliegenden Projektberichts handelt es sich bei den Variablen um die Bewertungsparameter der beiden Untersuchungsmethoden Lebensmittelsensorik und Kupferchlorid-Kristallisation. Die PCA zeigt, ob und inwiefern diese Variablen miteinander korrelierten, woraufhin sie sich anhand von Faktoren gruppieren und erklären lassen. Die PCA ist die Voraussetzung für eine Clusteranalyse, da für diese eine Multikollinearität der Variablen nicht vorliegen darf - was durch das Bilden von unkorrelierten Faktoren durch die Hauptkomponentenanalyse gegeben ist. Die Clusteranalyse fasst Fälle anhand über Zeilen hinweg gleichen Werten zu Gruppen (Clustern) zusammen. Dieses Clustern erfolgt auf Grundlage des Ähnlichkeitsmaßes der quadrierten euklidischen Distanz und konstruiert Assoziationen zwischen den Fällen und ihrer Clusterzugehörigkeit. Fälle waren hier die sechs Sorten und Zuchtlinien in den beiden Jahren 2021 und 2023.

Die Clusteranalyse mit der Ward-Methode als ersten Schritt ergab ein Dendrogramm, aus welchem die geeignete Clusterlösung, also die Anzahl an Clustern, visuell gewählt wurde. Die Daten der verschiedenen Genotypen über beide Jahre wurden daraufhin mit der K-Means Clusteranalyse für die passende Anzahl an Clustern klassifiziert. Sie zeigte, welche Sorten

und Zuchtlinien anhand der Faktoren aus der PCA am ähnlichsten waren und sich somit gruppieren (clustern) ließen. Ziel der Cluster-Bildung war eine möglichst große Intra-Cluster-Homogenität, bzw. eine möglichst geringe Inter-Cluster-Homogenität (Schendera, 2010).

Für die Darstellung positiver Geschmacksmerkmale im Vergleich zu positiv konnotierten Bildmerkmalen bei der Kupferchlorid-Kristallisation wurden Indizes für die einzelnen Untersuchungen berechnet, in Anlehnung an Beschreibungen von Buie et al. (2024). Für den Positivindex wurden alle Bewertungen der positiven Attribute einer Untersuchungsmethode addiert, ebenso beim Negativindex. Dementsprechend sind beim Negativindex hohe Werte als Dominanz in den negativ belegten Attributen zu deuten. Die Ergebnisse der RDA-Methode wurden für die Sensorik-Indizes nicht verwendet, da sie auf einer Rangordnung von 1 bis 6 erfasst wurden, anders als die RATA-Sensorik und die Bewertung der Kristallbilder (beide auf einer metrischen Skala von 0 bis 3). Die Indizes berechnen sich wie folgt:

Positivindex Sensorik = Komponentenreicher Geschmack + Süßer Geruch + Nussiger Geruch + Mildes Möhrenaroma + Nussiger Geschmack

Positivindex Kristallisation = Hohe Substanzwirkung + Präsenz + Ausbreitende Dynamik + Grundspannung + Beweglichkeit + Gleichmäßigkeit + Verbundenheit + Zentrumskoordination + Prägnante Nadelzüge

Negativindex Sensorik = Herber, wurzelartiger Geruch + Erdiger Geruch + Seifiger Geruch + wurzelartig, herber Geschmack + flüchtiger, wässriger Geschmack + Seifiger Geschmack + Bitterer Geschmack + Fremdgeschmack

Negativindex Kristallisation = Verdichtete Bereiche + Starre + Zentrum gehalten/abgeschnürt + Unregelmäßigkeit + Nadelzüge stocken/laufen aus + Erschlaffung + Verwaschene Nadelzüge

Da für die Sensorik weniger positive Attribute abgefragt und somit im Index addiert wurden als für die Kristallisation, ergeben sich Skalenergebnisse bei der Auswertung der Ergebnisse. Die Verhältnisse der Genotypen untereinander je Methode sind dennoch miteinander vergleichbar. Da die Indizes Summen sind, lassen sich keine mittelwertbasierten Statistik-Berechnungen durchführen. Diese Indizes sind Trend-Abbildungen der Sortenunterschiede.

3.3.3.4 Untersuchungen mit Markersubstanzen - Pektine

Für ein besseres Verständnis zum Wirkmechanismus der bildschaffenden Methode Kupferchlorid-Kristallisation war vorgesehen, die unterschiedlichen Pektingehalte der einzelnen untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien mit dem Strukturverhalten reinen Möhrenpektins zu vergleichen. Hier sollte untersucht werden, ob unterschiedlich hohe Pektingehalte der einzelnen Genotypen einen Einfluss auf das Kristallisationsverhalten und die dabei entstehenden Muster haben. Außerdem sollten verschiedene Matrizes aus reinem Möhrenpektin erstellt werden, um das Verhalten von Pektin in Abhängigkeit der Struktur und des Mischungsverhältnisses auf die entstehenden Muster der Kupferchlorid-Kristallisation aufzuzeigen. Pektin als mögliche Markersubstanz für ein besseres Verständnis der Kupferchlorid-Kristallisationsmethode zu wählen, entstand durch Untersuchungen an Apfelsäften, bei denen große Unterschiede in den Nadelstrukturen von Kristallbildern bei gefilterten und ungefilterten Apfelsäften gefunden wurden (Kahl, 2017). Bei den Apfelsäften ließen sich in den Einzelstoffanalysen lediglich Unterschiede im Pektingehalt feststellen.

Während der Projektlaufzeit zeigte sich, dass der Pektingehalt der Versuchsmöhren und der der verarbeiteten Säfte nicht in den Laboren der Projektpartner ermittelt werden konnte. Leider konnte auch kein externes Labor für diese Analysen gefunden werden.

Um sich dennoch der Frage spezifischer Strukturen von Pektin in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses zu nähern, wurde versucht, reines Möhrenpektin über den Laborhandel zu beziehen. Dieses konnte jedoch nicht käuflich erworben werden. Daher wurden die vorgesehenen Untersuchungen mit Apfelpektin und Citruspektin vorgenommen. Sowohl für das Produkt „Feldfrischer Möhrensaft“, als auch für Citruspektin und Apfelpektin wurden mehrere Matrices von insgesamt 516 einzelnen Kristallbildern unterschiedlichster Konzentrationen hergestellt (siehe Tabelle 6). Die Konzentrationen reichten von stärkster Unterkonzentration bis hin zu extremer Überkonzentration der zugegebenen Stoffe. Aufgrund des Strukturverhaltens der Pektine im Vergleich zu dem des Möhrensafts sollten charakteristische Merkmale ansteigender Pektingehalte identifiziert werden und eventuell Rückschlüsse auf verarbeitete Möhrensaftproben im Vergleich zu Frischmöhren geschlossen werden.

3.3.4 Lebensmittelinduzierte Emotionen

Die Untersuchung auf lebensmittelinduzierte Emotionen wurde mit dem Empathic Food Test von Geier et al. (2016) durchgeführt. Die Durchführung des Empathic Food Test orientiert sich formal an einer Sensorikanalyse, ergänzt um weitere Elemente. Anders als in der Sensorik stehen hier ausschließlich die körperlichen und emotionalen Wirkungen auf das Befinden im Fokus. Diese treten erst nach dem Geschmackseindruck ein und halten oft länger an als der Geschmack (Geier et al., 2016).

Der Empathic Food Test untergliedert sich in drei Phasen:

1. Einstimmung des Panels in ruhiger Atmosphäre
2. Freie Beschreibung des Ersteindrucks
3. Strukturierte Befragung mithilfe eines Fragebogens mit 12 polaren Fragen (Geier et al., 2016).

Zur Vorbereitung der Testpersonen findet ein Bodyscan oder „Körperspaziergang“ nach D. Schmidt statt. Einen ähnlichen Bodyscan beschreibt das Konzept der achtsamkeitsbasierten Stressreduktion von Kabat-Zinn (1982, 1990).

Die Ergebnisse werden auf einem Fragebogen festgehalten, und zwar in zweierlei Weise:

Freie Beschreibung: Zuerst werden die auffälligsten Wirkungen der Probe auf das körperliche und emotionale Befinden notiert. Dabei gibt es keine Einschränkung über die zu beschreibenden Qualitäten. Die Ergebnisse der freien Beschreibung werden über eine Textanalyse von zwei unabhängigen, kundigen Personen ausgewertet. Für eine Darstellung können die häufigsten Beobachtungen als Hauptwirkungen zusammengefasst werden.

12 polare Fragen zum körperlichen und emotionalen Befinden: Die 12 Merkmale werden auf einer fünfstufigen Skala abgefragt, z.B. leicht – etwas leicht – neutral – etwas schwer - schwer. Auf Basis einer Faktoranalyse lassen sich zwei Fünfergruppen von Merkmalen zu sogenannten Skalen zusammenfassen. Skala 1 repräsentiert fünf eher emotionale Merkmale, Skala 2 fünf eher körperliche und mentale Merkmale. Die Merkmale warm – kalt und kurze Wirkung – lange Wirkung bleiben nach der Faktoranalyse unabhängig. Die Übersicht in Tabelle 7 zeigt die 12 Merkmale und ihre Zuordnung zu Skalen.

Tabelle 7: Die 12 Merkmale (Items) des Fragebogens (EmpathicFoodTest)

Einzelmerkmal (Item)	Skala
warm – kalt	
hell – dunkel	
entspannt – nervös	
wohlig – unwohl	1
zufrieden – unzufrieden	
ausgewogen – unausgewogen	
leicht – schwer	
erfrischt - matt	
energetisiert – nicht energetisiert	2
wach – müde	
konzentriert – unkonzentriert	
lang – kurz anhaltend	

Die im Rahmen von EATMORE untersuchten Frischmöhren- und Saftproben wurden durch geschulte Testpersonen (ca. 10 Personen) jeweils doppelt, d.h. je Probenstet an zwei Terminen, untersucht. Die Proben wurden zufallsverteilt und verschlüsselt gereicht. Die Frischmöhren wurden als Raspel verkostet.

Bei der statistischen Auswertung handelt es sich um ein lineares gemischtes Modell, das die Effekte der festen Faktoren Variante und Wiederholung sowie deren Interaktion auf die abhängige Variable warm/kalt untersucht und dabei Varianzheterogenität zwischen den wiederholten Messungen berücksichtigt. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm Jamovi.

4 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Versuchsanbau sowie Praxisanbau von Verarbeitungsmöhren

4.1.1 Agronomische Merkmale

Der **Ertrag** wurde signifikant von Genotyp, Standort und Anbaujahr beeinflusst (Tabelle 8). Die samenfeste Sorte Solvita erreichte einen signifikant höheren Ertrag ($58,9 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$) als alle anderen untersuchten Genotypen. Die Zuchtlinien KS-MOG-SAT505 ($49,6 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($44,4 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$) und die samenfeste Sorte Rodelika ($43,1 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$) unterschieden sich in ihrem Ertragsniveau nicht signifikant von der Hybride Trafford F1 ($48,6 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$). Die Erträge von KS-MOG-DH-RxR ($38,8 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$) waren signifikant niedriger als diejenigen von Trafford F1 (Tabelle 8).

Beim Vergleich der Erträge an den drei Versuchsstandorten ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen TAU ($61,9 \pm 5,0 \text{ t ha}^{-1}$) und KHOH ($36,1 \pm 4,6 \text{ t ha}^{-1}$). Im Vergleich der Anbaujahre ergab sich ein signifikant niedrigerer mittlerer Ertrag im Jahr 2023 ($23,6 \pm 12,4 \text{ t}$

ha⁻¹) als in den beiden anderen Versuchsjahren (2020: 55,5 ± 4,0 t ha⁻¹; 2021: 62,5 ± 1,7 t ha⁻¹) (Tabelle 9).

Die **Anzahl Möhren pro m²** zum Zeitpunkt der Ernte war in allen Anbaujahren signifikant verschieden. Im Jahr 2021 standen durchschnittlich 76,1 ± 5,6, im Jahr 2020 58,1 ± 6,3 und im Jahr 2023 24,1 ± 6,9 Möhren pro m² auf den Versuchsflächen (Tabelle 9). Auch für das Spross-Wurzel-Verhältnis (SWV) wurde ein signifikanter Jahresunterschied festgestellt. Im Jahr 2020 war das SWV mit 6,0 ± 0,4 signifikant höher als im Anbaujahr 2021 mit 3,5 ± 0,2 (Tabelle 9).

Beim Merkmal **Länge der Möhren** lag eine signifikante Sorte*Ort-Interaktion vor. Am Standort KHOH hatte Trafford F1 mit 18,9 ± 0,8 cm statistisch signifikant längere Möhren als alle anderen Sorten. Am Standort TAU bildete Trafford F1 (18,7 ± 0,9 cm) signifikant längere Möhren als KS-MOG-DH-RxR (17,2 ± 0,9 cm) und KS-MOG-SAT505 (16,2 ± 0,9 cm). Am Standort GAR bildete KS-MOG-DH-RxR (21,1 ± 0,8 cm) signifikant längere Möhren als Rodelika (19,3 ± 0,8 cm), Solvita (18,8 ± 0,8 cm) und KS-MOG-SAT505 (18,2 ± 0,7 cm) (Tabelle 10).

Der **Durchmesser der Möhren** unterschied sich signifikant zwischen den Sorten. In der statistischen Analyse konnte festgestellt werden, dass die Sorte Trafford F1 mit 36,0 ± 1,9 mm im Hinblick auf den Durchmesser signifikant niedrigere Werte als Solvita (38,4 ± 1,9 mm) und signifikant höhere Werte als KS-MOG-SAT505 (34,0 ± 1,9 mm) aufwies. (Tabelle 8).

Beim Core-Coretex-Ratio (**CCR**) ergab sich ein signifikanter Effekt der Genotypen (Tabelle 8). Solvita (0,55 ± 0,02) hatte eine signifikant höhere CCR als alle anderen Sorten, außer Rodelika (0,54 ± 0,02). Die signifikant niedrigste CCR hatten Trafford F1 (0,50 ± 0,02) und KS-MOG-CHE-HKÖ (0,51 ± 0,02) (Tabelle 8).

Für den **nicht marktfähigen Ertrag** (nmE) und das **Gewicht** der Möhren konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) von Ertrag [$t\ ha^{-1}$], Ertrag der Jahre 2020 und 2021 [$t\ ha^{-1}$], nmE (nicht marktfähiger Ertrag) [$t\ ha^{-1}$], Anzahl [Möhren m^{-2}], Länge [cm], Gewicht [g], Durchmesser [mm], Core:Coretex-Rate der Jahre 2021 und 2023 (CCR) sowie das Spross-Wurzel-Verhältnis (SWV) (nur KHOH 2020 und 2021) der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	Ertrag [$t\ ha^{-1}$]	Ertrag [$t\ ha^{-1}$] nur 2020 und 2021	nmE [$t\ ha^{-1}$]	Anzahl [Stück m^{-2}]	Gewicht [g]	Durchmesser [mm]	CCR nur 2021 und 2023	SWV
Trafford F1	48,6 ^{bc} \pm 4,6	59,6 ^b \pm 3,0	8,0 ^a \pm 2,1	55,1 ^a \pm 7,5	115,9 ^a \pm 24,9	36,0 ^{bc} \pm 1,9	0,50 ^d \pm 0,02	4,0 ^a \pm 0,4
Rodelika	43,1 ^{cd} \pm 4,6	55,5 ^{bc} \pm 3,1	4,7 ^a \pm 2,1	52,4 ^a \pm 7,6	100,6 ^a \pm 21,7	34,1 ^{cd} \pm 1,9	0,54 ^{ab} \pm 0,02	5,6 ^a \pm 0,6
Solvita	58,9 ^a \pm 4,6	72,4 ^a \pm 3,0	7,2 ^a \pm 2,1	62,5 ^a \pm 7,5	120,0 ^a \pm 25,8	38,4 ^a \pm 1,9	0,55 ^a \pm 0,02	4,1 ^a \pm 0,4
KS-MOG-DH-RxR	38,8 ^d \pm 4,6	49,4 ^c \pm 3,0	6,4 ^a \pm 2,1	54,3 ^a \pm 7,5	108,5 ^a \pm 23,3	34,5 ^{cd} \pm 1,9	0,53 ^{bc} \pm 0,02	4,5 ^a \pm 0,5
KS-MOG-SAT505	49,6 ^b \pm 4,6	61,0 ^b \pm 3,0	8,3 ^a \pm 2,1	52,9 ^a \pm 7,5	106,3 ^a \pm 22,8	34,0 ^d \pm 1,9	0,52 ^{cd} \pm 0,02	5,3 ^a \pm 0,6
KS-MOG-CHE-HKÖ	44,4 ^{bd} \pm 4,6	56,3 ^b \pm 3,0	7,1 ^a \pm 2,1	46,4 ^a \pm 7,5	109,9 ^a \pm 23,6	37,0 ^{ab} \pm 1,9	0,51 ^d \pm 0,02	4,1 ^a \pm 0,4
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors							
Jahr	0,0065	0,0992	0,8483	0,0012	0,3117	0,0797	0,3903	0,0014
Sorte	0,0001	<0,0001	0,2980	0,4303	0,3562	0,0001	0,0001	0,2637
Ort	0,0319	0,0992	0,0518	0,0518	0,9691	0,9060	0,1057	-
Ort*Sorte	0,8374	0,6655	0,9395	0,2719	0,6165	0,6134	0,0652	-

Tabelle 9: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Erträge [$t\ ha^{-1}$] und Anzahl [Möhren m^{-2}] an den Versuchsstandorten KHOH, TAU und GAR über sechs Möhrensorten und -zuchtlinien und drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und Spross-Wurzel-Verhältnis (SWV) am Versuchsstandort KHOH der Jahre 2020 und 2021. Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Standorte	Erträge [$t\ ha^{-1}$]	Anzahl [Möhren m^{-2}]	SWV
KHOH	36,1 ^b \pm 4,6	n.s.	-
TAU	61,9 ^a \pm 5,0	n.s.	-
GAR	43,6 ^{ab} \pm 5,6	n.s.	-
Jahre			
2020	55,5 ^a \pm 4,0	58,1 ^b \pm 6,3	6,0 ^a \pm 0,4
2021	62,5 ^a \pm 1,7	76,1 ^a \pm 5,6	3,5 ^b \pm 0,2
2023	23,6 ^b \pm 12,4	24,1 ^c \pm 6,9	-
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Jahr	0,0065	0,0012	0,0014
Sorte	0,0001	0,4303	0,2637
Ort	0,0319	0,0518	-
Ort*Sorte	0,8374	0,2719	-

n.s.= nicht signifikant; n.b. = nicht bestimmt.

Tabelle 10: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Länge der Möhren [cm] von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den Standorten KHOH; TAU und GAR getrennt, über drei untersuchte Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte*Ort	Länge [cm]		
	KHOH	TAU	GAR
Trafford F1	18,9 ^{aA} \pm 0,8	18,7 ^{aA} \pm 0,9	20,4 ^{abA} \pm 0,7
Rodelika	17,2 ^{bA} \pm 0,8	17,6 ^{abA} \pm 0,9	19,3 ^{bcA} \pm 0,8
Solvita	17,3 ^{bA} \pm 0,8	18,2 ^{abA} \pm 0,9	18,8 ^{cA} \pm 0,8
KS-MOG-DH-RxR	16,7 ^{bB} \pm 0,8	17,2 ^{bcB} \pm 0,9	21,1 ^{aA} \pm 0,8
KS-MOG-SAT505	16,4 ^{bA} \pm 0,8	16,2 ^{cA} \pm 0,9	18,2 ^{cA} \pm 0,7
KS-MOG-CHE-HKÖ	16,6 ^{bB} \pm 0,8	17,5 ^{abB} \pm 0,9	20,7 ^{abA} \pm 0,7
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Jahr	0,4741		

Sorte*Ort	Länge [cm]		
	KHOH	TAU	GAR
Trafford F1	18,9 ^{aA} ± 0,8	18,7 ^{aA} ± 0,9	20,4 ^{abA} ± 0,7
Rodelika	17,2 ^{bA} ± 0,8	17,6 ^{abA} ± 0,9	19,3 ^{bcA} ± 0,8
Solvita	17,3 ^{bA} ± 0,8	18,2 ^{abA} ± 0,9	18,8 ^{cA} ± 0,8
KS-MOG-DH-RxR	16,7 ^{bB} ± 0,8	17,2 ^{bcB} ± 0,9	21,1 ^{aA} ± 0,8
KS-MOG-SAT505	16,4 ^{bA} ± 0,8	16,2 ^{cA} ± 0,9	18,2 ^{cA} ± 0,7
KS-MOG-CHE-HKÖ	16,6 ^{bB} ± 0,8	17,5 ^{abB} ± 0,9	20,7 ^{abA} ± 0,7
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Sorte	0,0001		
Ort	0,0210		
Ort*Sorte	0,0151		

4.1.1.1 Laub- und Rübenbonituren

Für die **Laubstabilität** (Boniturnote 1 = sehr instabil bis 9 = sehr stabil) konnte ein signifikanter Sorteneffekt berechnet werden (Tabelle 11). Die höchste Laubstabilität wurde für Solvita ($7,9 \pm 0,3$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($7,9 \pm 0,3$) gemessen. Die Laubstabilität dieser beiden Genotypen war signifikant höher als die aller anderen außer KS-MOG-DH-RxR ($7,2 \pm 0,3$). Rodelika und KS-MOG-SAT505 bewegten sich mit $7,1 \pm 0,3$ und $6,4 \pm 0,3$ in mittleren Stabilitätsbereich. Die signifikant niedrigste Laubstabilität wurde für die Referenzhybride Trafford F1 mit $5,6 \pm 0,3$ festgestellt (Tabelle 13).

Für die **Laublänge** wurde ein signifikanter Einfluss des Anbaujahres (Tabelle 13) bestimmt und eine signifikante Sorte*Ort-Interaktion berechnet (Tabelle 12). Über alle Sorten hinweg war die **Laublänge** in KHOH signifikant höher als an den anderen Standorten. Trafford F1 zeigte außerdem am Standort GAR ($33,1 \pm 4,2$ cm) signifikant kürzeres Laub im Vergleich zu TAU ($45,2 \pm 1,9$ cm). Am Standort KHOH bildete KS-MOG-SAT505 ($56,6 \pm 2,2$ cm) signifikant längeres Laub als KS-MOG-CHE-HKÖ ($50,1 \pm 2,2$ cm). Alle anderen Sorten unterschieden sich nicht voneinander. Am Standort TAU ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten und Zuchtlinien. Am Standort GAR hatte Trafford F1 ($33,1 \pm 4,2$ cm) signifikant kürzeres Laub als alle anderen Genotypen, außer KS-MOG-CHE-HKÖ ($40,0 \pm 4,2$ cm) (Tabelle 12).

Der **Alternaria-Befall** (Boniturskala von 1 = kein Befall bis 9 = sehr starker Befall) unterschied sich an allen drei Standorten signifikant. Am Standort KHOH ($2,6 \pm 0,2$) wurde der niedrigste Alternaria-Befall bonitiert, gefolgt von TAU ($3,4 \pm 0,2$) und GAR ($5,3 \pm 0,4$) (Tabelle 13).

Für die **Rübenform** konnte ein signifikanter Sorteneffekt berechnet werden (Tabelle 11). Die **Rübenform** kann für Trafford F1, Rodelika, Solvita, KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-CHE-HKÖ als konisch beschrieben werden. Hier unterschied sich KS-MOG-SAT505 signifikant durch ihre zylindrische Form von allen anderen Sorten (Tabelle 11).

Die **Grünköpfigkeit** war jahres- und standortabhängig (Tabelle 13). Die **Grünköpfigkeit** war an allen drei Standorten signifikant verschieden. In KHOH ($28,6 \pm 3,5$ %) war sie am stärksten ausgeprägt, gefolgt von GAR ($13,4 \pm 2,1$ %). An den Rüben des Anbaustandortes TAU wurde keine Grünköpfigkeit beobachtet. Außerdem wurde im Vergleich der Jahre im ersten Anbaujahr 2020 mit $9,0 \pm 2,7$ % signifikant weniger Grünköpfigkeit beobachtet als in den Jahren 2021 ($26,7 \pm 3,1$ %) und 2023 ($27,2 \pm 4,1$ %) (Tabelle 13).

Bezüglich der Merkmale **Mehltau-Befall**, **Glattschaligkeit**, **Abgestumpftheit** und **Homogenität** gab es keine statistisch gesicherten Unterschiede der Sorten und Zuchtlinien.

Tabelle 11: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Laubstabilität, Mehltaubefall, Glattschaligkeit, Homogenität [1-9 Skala], Abgestumpftheit [%] und Rübenform [1 = zylindrisch bis 3 = stark konisch] der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	Laubstabilität [1-9]	Mehltau [1-9]	Glattschaligkeit [1-9]	Abgestumpftheit [%]	Rübenform [1-3]	Homogenität [1-9]
Trafford F1	5,6 ^d \pm 0,3	3,5 ^a \pm 0,7	5,7 ^a \pm 0,8	40,9 ^a \pm 7,8	2,2 ^a \pm 0,2	6,4 ^a \pm 0,5
Rodelika	7,1 ^{bc} \pm 0,3	3,5 ^a \pm 0,7	6,8 ^a \pm 0,8	42,7 ^a \pm 7,8	1,9 ^a \pm 0,2	6,6 ^a \pm 0,5
Solvita	7,9 ^a \pm 0,3	2,1 ^a \pm 0,7	5,8 ^a \pm 0,8	48,9 ^a \pm 7,8	1,8 ^a \pm 0,2	6,4 ^a \pm 0,5
KS-MOG-DH-RxR	7,2 ^{ab} \pm 0,3	2,4 ^a \pm 0,7	5,8 ^a \pm 0,8	38,3 ^a \pm 7,8	1,9 ^a \pm 0,2	6,0 ^a \pm 0,5
KS-MOG-SAT505	6,4 ^c \pm 0,3	2,4 ^a \pm 0,7	6,0 ^a \pm 0,8	60,7 ^a \pm 7,8	1,1 ^b \pm 0,2	6,3 ^a \pm 0,5
KS-MOG-CHE-HKÖ	7,9 ^a \pm 0,3	2,9 ^a \pm 0,7	5,9 ^a \pm 0,8	41,3 ^a \pm 7,8	2,3 ^a \pm 0,2	5,4 ^a \pm 0,5
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors					
Jahr	0,3455	0,6598	0,7393	0,1390	0,1846	0,3756
Sorte	0,0001	0,3751	0,7598	0,2563	0,0005	0,2863
Ort	0,6980	0,4698	0,6451	0,5290	0,4854	0,6353
Ort*Sorte	0,0774	0,7399	0,6560	0,7801	0,7518	0,4097

Tabelle 12: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Laublänge [cm] von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den Standorten KHOH; TAU und GAR getrennt, über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Laublänge [cm]			
Sorte*Ort	KHOH	TAU	GAR
Trafford F1	51,4 ^{abA} \pm 2,2	45,2 ^{aB} \pm 1,9	33,1 ^{bC} \pm 4,2
Rodelika	50,9 ^{abA} \pm 2,1	43,5 ^{aB} \pm 1,9	41,4 ^{aB} \pm 4,2
Solvita	50,7 ^{abA} \pm 2,1	44,6 ^{aB} \pm 1,9	42,1 ^{aB} \pm 4,2
KS-MOG-DH-RxR	54,6 ^{abA} \pm 2,2	46,1 ^{aB} \pm 1,9	44,0 ^{aB} \pm 4,2
KS-MOG-SAT505	56,6 ^{aA} \pm 2,2	43,0 ^{aB} \pm 1,9	42,6 ^{aB} \pm 4,2
KS-MOG-CHE-HKÖ	50,1 ^{bA} \pm 2,2	43,5 ^{aB} \pm 1,9	40,0 ^{abB} \pm 4,2
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Jahr	0,0369		
Sorte	0,4597		
Ort	0,1009		
Ort*Sorte	0,0041		

Tabelle 13: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Laublänge [cm], des Alternaria-Befalles [1-9 Skala] und der Grünköpfigkeit [%] an den Versuchsstandorten KHOH, TAU und GAR über sechs Möhrensorten und -zuchtlinien und drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Standorte	Laublänge [cm]	Alternaria [1-9]	Grünköpfigkeit [%]
KHOH	n.s.	2,6 ^c \pm 0,2	28,6 ^a \pm 3,5
TAU	n.s.	3,4 ^b \pm 0,2	0,0 ^c \pm 0,0
GAR	n.s.	5,3 ^a \pm 0,4	13,4 ^b \pm 2,1
Jahre			
2020	41,2 ^b \pm 1,8	n.s.	9,0 ^b \pm 2,7
2021	50,2 ^a \pm 1,5	n.s.	26,7 ^a \pm 3,1
2023	n.b.	n.s.	27,2 ^a \pm 4,1
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Jahr	0,0369	0,2276	0,0006
Sorte	0,4597	0,1987	0,9610
Ort	0,1009	0,0001	0,0026
Ort*Sorte	0,0041	0,4335	0,3024

n.b. = nicht bestimmt; n.s. = nicht signifikant

4.2 Qualitätsuntersuchungen

4.2.1 Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe

4.2.1.1 Frischmöhren

Für die **Trockensubstanz**, den **Zuckergehalt**, den **Carotenoidgehalt** und den **Phenolgehalt** ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Ein signifikanter Einfluss der Sorte wurde für **FRAP** bestimmt (Tabelle 14). Der **Vitamin C Gehalt** unterschied sich signifikant zwischen den Jahren (Tabelle 15). Für **DPPH** wurde neben einer signifikanten Sorte*Ort-Interaktion auch ein signifikanter Jahreseffekt bestimmt (Tabelle 16). Für die **Terpene** α -Pinen, Sabinen, β -Pinen, Bornyl Azetat, (E)- γ -Bisabolen, und Geranyl 2-methyl Butyrat ergaben sich signifikante Effekte der Genotypen. Für β -Pinen und α -Phellandren lagen außerdem signifikante Ortseffekte und und für cis- α -Bisabolen eine signifikante Sorte*Ort-Interaktion vor (Tabelle 17 bis Tabelle 20). Ein signifikanter Einfluss des Jahres wurde bei den Terpenen α -Pinen, Sabinen, β -Pinen, γ -Terpinen und α -Phellandren berechnet (Tabelle 21).

Der **Vitamin C Gehalt** war im Jahr 2020 mit $3,77 \pm 0,11$ mg AA $100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}^{-1}$ signifikant niedriger als in den anderen beiden Versuchsjahren (2021: $5,43 \pm 0,11$; 2023: $5,76 \pm 0,22$ mg AA $100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}^{-1}$) (Tabelle 15).

Die **FRAP-Werte** waren bei Solvita ($7,9 \pm 0,4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) signifikant höher als bei allen anderen untersuchten Genotypen, außer Trafford F1 ($7,3 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$). Die Zuchtlinien KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ (beide $7,0 \pm 0,4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) unterschieden sich ebenfalls nicht von der Hybride Trafford F1. Rodelika ($6,6 \pm 0,4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) und KS-MOG-DH-RxR ($6,3 \pm 0,4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) unterschieden sich nicht signifikant voneinander, wobei

letztere im Vergleich zu allen anderen Sorten, die signifikant niedrigsten FRAP-Werte zeigte (Tabelle 14).

Im Vergleich der **DPPH-Werte** der untersuchten Möhrensorten am Standort KHOH unterschieden sich nur KS-MOG-SAT505 ($1,3 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($1,2 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) durch einen niedrigeren Wert signifikant von der Hybride Trafford F1 ($2,3 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$). Am Standort TAU reagierten die Sorten anders. Hier zeigten Rodelika ($1,6 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) und KS-MOG-DH-RxR ($1,8 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) signifikant niedrigere Werte als Trafford F1 ($2,9 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$). Alle anderen Sorten unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Am Standort GAR zeigte Trafford F1 ($2,5 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) signifikant niedrigere Werte als Rodelika ($3,6 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$), Solvita ($3,9 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) und KS-MOG-SAT505 ($4,3 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$). Im Vergleich der Sorten über die Standorte zeigten sich für die Hybride Trafford F1 keine signifikanten Unterschiede. Bei allen anderen Sorten waren signifikante Unterschiede messbar. Die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 unterschied sich an allen drei Standorten signifikant voneinander, wobei die höchsten Werte in den Möhren vom Standort GAR ($4,3 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) und die niedrigsten in denen vom Standort KHOH ($1,3 \pm 0,4$; TAU: $2,5 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) gemessen wurden. KS-MOG-CHE-HKÖ produzierte am Standort KHOH ($1,2 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) signifikant niedrigere DPPH-Werte, als an den anderen beiden Standorten (TAU: $2,5 \pm 0,4$; GAR: $2,9 \pm 0,4 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$). Alle anderen Sorten zeigten am Standort GAR signifikant höhere DPPH-Werte als an den anderen beiden Standorten (Tabelle 16). Im Vergleich der Anbaujahre ergab sich im Jahr 2020 ($3,0 \pm 0,1 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) ein signifikant höherer Gehalt als in 2021 ($2,4 \pm 0,1 \text{ mmol g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$) (Tabelle 15).

Der Peak des **Terpenes** α -Pinen war in Solvita ($197,80 \pm 47,47$ Peakfläche 1Mio^{-1}) signifikant höher als in Trafford F1 ($80,33 \pm 17,94$) und Rodelika ($73,48 \pm 16,61$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Der Sabinen-Peak war in Solvita ($39,17 \pm 9,31$ Peakfläche 1Mio^{-1}) am signifikant niedrigsten und in Trafford F1, Rodelika und KS-MOG-DH-RxR ($199,32 \pm 46,27$, $237,52 \pm 59,35$ und $256,69 \pm 59,53$ Peakfläche 1Mio^{-1}) am signifikant höchsten. Die β -Pinen-Peaks waren in Rodelika ($130,64 \pm 34,53$) und KS-MOG-DH-RxR ($93,08 \pm 24,61$ Peakfläche 1Mio^{-1}) signifikant niedriger als in allen anderen Sorten. (Tabelle 17). Auch der Bornyl Azetat-Peak war in Solvita ($131,28 \pm 58,79$) signifikant höher als in allen anderen Sorten. KS-MOG-DH-RxR ($86,01 \pm 2,69$ Peakfläche 1Mio^{-1}) wies die signifikant niedrigsten Bornyl Azetat Werte auf (nicht signifikant von Trafford F1 verschieden) (Tabelle 18). Der Peak des Terpenes (E)- γ -Bisabolen war ebenfalls in Solvita ($695,01 \pm 365,41$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und auch in KS-MOG-SAT505 ($745,19 \pm 392,08$) signifikant höher als in Rodelika ($241,64 \pm 128,98$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($156,87 \pm 82,52$ Peakfläche 1Mio^{-1}). KS-MOG-SAT505 ($32,96 \pm 11,79$ Peakfläche 1Mio^{-1}) hatte außerdem die signifikant höchsten Peaks von Geranyl 2-methyl Butyrat, unterschied sich allerdings nicht signifikant von Trafford F1 ($20,59 \pm 7,59$ Peakfläche 1Mio^{-1}) (Tabelle 19).

Im Vergleich der Anbaujahre ergaben sich im Jahr 2021 signifikant höhere Peaks als im Jahr 2020 für α -Pinen (2020: $100,89 \pm 9,98$; 2021: $158,69 \pm 16,51$; 2023: $85,37 \pm 47,58$ Peakfläche 1Mio^{-1}), Sabinen (2020: $131,63 \pm 14,31$; 2021: $195,80 \pm 25,53$; 2023: $71,11 \pm 38,86$ Peakfläche 1Mio^{-1}), β -Pinen (2020: $160,07 \pm 14,69$; 2021: $248,69 \pm 23,02$; 2023: $150,69 \pm 104,81$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und α -Phellandren (2020: $8,53 \pm 1,23$; 2021: $30,95 \pm 2,95$; 2023: $13,11 \pm 10,52$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die γ -Terpinen Peaks waren 2021 ($129,61 \pm 22,38$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und 2023 ($142,67 \pm 61,11$ Peakfläche 1Mio^{-1}) höher als im Jahr 2020 ($21,33 \pm 4,15$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die d-Limonen Peaks waren im Jahr 2021 mit $321,76 \pm 50,01$ höher als in 2020 mit $142,64 \pm 19,32$ und 2023 mit $87,60 \pm 51,59$ Peakfläche 1Mio^{-1} . Am Standort GAR ($131,06 \pm 32,40$ Peakfläche 1Mio^{-1}) waren die β -Pinen Peaks signifikant niedriger als in

KHOH ($199,64 \pm 50,82$) und TAU ($229,26 \pm 58,24$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die α -Phellandren-Peaks waren in GAR mit $13,59 \pm 7,70$ Peakfläche 1Mio^{-1} signifikant niedriger als in TAU mit $21,62 \pm 4,17$ Peakfläche 1Mio^{-1} (KHOH: $17,38 \pm 4,24$ Peakfläche 1Mio^{-1}) (Tabelle 21).

Für das Terpen $\text{cis-}\alpha$ -Bergamotten ergab sich eine signifikante Sorte*Ort-Interaktion: In KHOH produzierte Solvita mit $159,59 \pm 18,69$ Peakfläche 1Mio^{-1} signifikant höhere Peaks als alle anderen Sorten. KS-MOG-CHE-HKÖ ($9,14 \pm 18,40$ Peakfläche 1Mio^{-1}) hatte hier die signifikant niedrigsten Peaks und unterschied sich von allen Sorten außer KS-MOG-DH-RxR ($40,43 \pm 19,11$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Am Standort TAU hatten Solvita ($85,11 \pm 21,27$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und KS-MOG-DH-RxR ($78,54 \pm 21,29$) signifikant höhere $\text{cis-}\alpha$ -Bergamotten-Peaks als Trafford F1 ($38,52 \pm 21,37$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($15,64 \pm 21,27$ Peakfläche 1Mio^{-1}). In GAR hingegen produzierte Solvita ($66,78 \pm 19,21$ Peakfläche 1Mio^{-1}) signifikant höhere Peaks als Rodelika ($21,60 \pm 19,21$), KS-MOG-SAT505 ($12,59 \pm 19,21$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($19,02 \pm 19,21$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die Sorte Solvita produzierte am Standort KHOH ($159,59 \pm 18,69$ Peakfläche 1Mio^{-1}) signifikant höhere $\text{cis-}\alpha$ -Bergamotten-Peaks als am Standort TAU ($85,11 \pm 21,27$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und GAR ($66,78 \pm 19,21$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 ($12,59 \pm 19,21$ Peakfläche 1Mio^{-1}) hatte in GAR signifikant niedrigere Peaks als an den anderen beiden Standorten (KHOH: $58,95 \pm 18,52$; TAU: $62,36 \pm 21,34$ Peakfläche 1Mio^{-1}) (Tabelle 20). Bei allen anderen Terpenen gab es keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 14: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Trockensubstanz [%], Zuckergehalte [°BRIX], Carotenoid- [$\mu\text{g g}^{-1}$ FG $^{-1}$], Vitamin C- [$\text{mg AA } 100 \text{ g}^{-1}$ FG $^{-1}$], Phenolgehalte [%] und FRAP-Werte [$\mu\text{mol g}^{-1}$ TG $^{-1}$] der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	TS [%]	Zuckergehalt [°BRIX]	Carotenoidgehalt [$\mu\text{g g}^{-1}$ FG $^{-1}$]	Vit C [$\text{mg AA } 100 \text{ g}^{-1}$ FG $^{-1}$]	Phenolgehalt [$\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$ TG $^{-1}$]	FRAP [$\mu\text{mol g}^{-1}$ TG $^{-1}$]
Trafford F1	13,5 ^a \pm 0,5	9,6 ^a \pm 0,8	83,0 ^a \pm 8,1	4,99 ^a \pm 0,09	78,7 ^a \pm 9,9	7,3 ^{ab} \pm 0,4
Rodelika	14,6 ^a \pm 0,5	9,0 ^a \pm 0,8	94,3 ^a \pm 8,1	4,96 ^a \pm 0,09	73,9 ^a \pm 9,9	6,6 ^{cd} \pm 0,4
Solvita	13,2 ^a \pm 0,5	8,5 ^a \pm 0,8	87,9 ^a \pm 8,1	5,00 ^a \pm 0,09	82,9 ^a \pm 9,9	7,9 ^a \pm 0,4
KS-MOG-DH-RxR	14,5 ^a \pm 0,5	9,2 ^a \pm 0,8	90,3 ^a \pm 8,1	5,01 ^a \pm 0,09	80,2 ^a \pm 9,9	6,3 ^d \pm 0,4
KS-MOG-SAT505	14,3 ^a \pm 0,5	9,7 ^a \pm 0,8	88,9 ^a \pm 8,1	4,99 ^a \pm 0,09	80,0 ^a \pm 9,9	7,0 ^{bc} \pm 0,4
KS-MOG-CHE-HKÖ	14,6 ^a \pm 0,5	10,2 ^a \pm 0,8	94,3 ^a \pm 8,1	4,99 ^a \pm 0,09	76,2 ^a \pm 9,9	7,0 ^{bc} \pm 0,4
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors					
Jahr	0,8773	0,3710	0,3796	0,0114	0,8013	0,3898
Sorte	0,1802	0,6128	0,6842	0,4892	0,6260	0,0031
Ort	0,7477	0,7306	0,2204	0,5573	0,7980	0,2638
Ort*Sorte	0,9064	0,7040	0,9787	0,1925	0,3793	0,1073

FG = Frischgewicht, TG = Trockengewicht

Table 15: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Vitamin C Gehalte [mg AA 100 g⁻¹ FG⁻¹] und der DPPH-Werte [mmol g⁻¹ TG⁻¹] in Frischmöhren der Versuchsjahre 2020, 2021 und 2023 über sechs Sorten und Zuchtlinien und drei Standorte. Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Jahre	Vit C	DPPH
	[mg AA 100 g ⁻¹ FG ⁻¹]	[mmol g ⁻¹ TG ⁻¹]
2020	3,77 ^b \pm 0,11	3,0 ^a \pm 0,1
2021	5,43 ^a \pm 0,11	2,4 ^b \pm 0,1
2023	5,76 ^a \pm 0,22	2,1 ^{ab} \pm 0,7
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors	
Jahr	0,0114	0,0368
Sorte	0,4892	0,2094
Ort	0,5573	0,0001
Ort*Sorte	0,1925	0,0266

Table 16: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der DPPH-Werte [mmol Trolox g⁻¹ TG⁻¹] der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den drei Standorten KHOH, TAU und GAR getrennt, über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte*Ort	DPPH [mmol TX g ⁻¹ TG ⁻¹]		
	KHOH	TAU	GAR
Trafford F1	2,3 ^{abA} \pm 0,4	2,9 ^{aA} \pm 0,4	2,5 ^{dA} \pm 0,4
Rodelika	1,7 ^{acB} \pm 0,4	1,6 ^{bB} \pm 0,4	3,6 ^{abcA} \pm 0,4
Solvita	2,6 ^{aB} \pm 0,4	2,5 ^{abB} \pm 0,4	3,9 ^{abA} \pm 0,4
KS-MOG-DH-RxR	1,7 ^{acB} \pm 0,4	1,8 ^{bB} \pm 0,4	3,1 ^{bdA} \pm 0,4
KS-MOG-SAT505	1,3 ^{bcC} \pm 0,4	2,5 ^{abB} \pm 0,4	4,3 ^{aA} \pm 0,4
KS-MOG-CHE-HKÖ	1,2 ^{cB} \pm 0,4	2,5 ^{abA} \pm 0,4	2,9 ^{cdA} \pm 0,4
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Jahr	0,0368		
Sorte	0,2094		
Ort	0,0001		
Ort*Sorte	0,0266		

TX = Trolox; TG = Trockengewicht

Tabelle 17: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene α -Pinen, Sabinen, β -Pinen, n-Octanal, o-Cymen und d-Limonen der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte in Peakfläche 1 Mio^{-1} . Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	α -Pinen	Sabinen	β -Pinen	n-Octanal	o-Cymen	d-Limonen
Trafford F1	80,33 ^{bc} \pm 17,94	199,32 ^a \pm 46,27	205,27 ^a \pm 54,26	34,99 \pm 14,14	344,48 \pm 85,64	157,29 \pm 33,03
Rodelika	73,48 ^c \pm 16,61	237,52 ^a \pm 59,35	130,64 ^b \pm 34,53	32,51 \pm 14,15	210,99 \pm 85,82	110,43 \pm 29,97
Solvita	197,80 ^a \pm 47,47	39,17 ^c \pm 9,31	247,72 ^a \pm 65,48	26,60 \pm 14,14	301,27 \pm 85,63	212,09 \pm 56,01
KS-MOG-DH-RxR	120,87 ^{ac} \pm 34,00	256,69 ^a \pm 59,53	93,08 ^b \pm 24,61	33,41 \pm 14,17	240,98 \pm 85,62	135,79 \pm 36,63
KS-MOG-SAT505	108,17 ^{bc} \pm 24,22	71,60 ^b \pm 16,90	214,38 ^a \pm 56,67	36,29 \pm 14,13	373,40 \pm 85,72	165,51 \pm 44,53
KS-MOG-CHE-HKÖ	122,38 ^{ab} \pm 28,49	98,55 ^b \pm 24,89	271,46 ^a \pm 71,76	45,04 \pm 14,12	185,68 \pm 85,67	195,26 \pm 51,96
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors					
Jahr	0,0161	0,0435	0,0080	0,3725	0,6642	0,0131
Sorte	0,0096	0,0006	<0,0001	0,3854	0,1759	0,2666
Ort	0,2175	0,1582	0,0179	0,6819	0,6888	0,9850
Ort*Sorte	0,3487	0,5527	0,7438	0,3153	0,4227	0,6003

Tabelle 18: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene γ -Terpinen, Terpinolen, Bornyl Azetat, Caryophyllen, Humulen und α -Curcumen der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über drei Jahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	γ -Terpinen	Terpinolen	Bornyl Azetat	Caryophyllen	Humulen	α -Curcumen
Trafford F1	82,48 \pm 19,39	326,16 \pm 259,15	10,64 ^{de} \pm 4,77	625,42 \pm 330,35	104,57 \pm 27,10	59,99 \pm 27,37
Rodelika	70,37 \pm 16,44	575,66 \pm 258,15	16,66 ^{cd} \pm 7,46	342,66 \pm 180,88	128,45 \pm 33,26	34,47 \pm 15,70
Solvita	97,73 \pm 22,86	486,85 \pm 258,17	131,28 ^a \pm 58,79	540,67 \pm 282,69	102,50 \pm 26,78	29,07 \pm 12,74
KS-MOG-DH-RxR	69,04 \pm 16,21	424,36 \pm 260,82	6,01 ^e \pm 2,69	416,25 \pm 217,73	89,00 \pm 22,98	32,12 \pm 13,80
KS-MOG-SAT505	96,87 \pm 22,72	344,06 \pm 257,79	41,57 ^b \pm 18,62	608,19 \pm 344,25	137,43 \pm 35,55	56,86 \pm 25,82
KS-MOG-CHE-HKÖ	41,03 \pm 9,68	368,94 \pm 257,28	28,83 ^{bc} \pm 11,02	428,20 \pm 223,70	159,30 \pm 41,66	41,84 \pm 18,43
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors					
Jahr	0,0253	0,4650	0,4628	0,9601	0,7856	0,0792
Sorte	0,0836	0,9069	0,0012	0,7177	0,1387	0,3759
Ort	0,7568	0,8951	0,6814	0,4717	0,5813	0,9351
Ort*Sorte	0,3886	0,6586	0,5644	0,6526	0,4564	0,4375

Tabelle 19: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene β -Bisabolen, (Z)- γ -Bisabolen, (E)- γ -Bisabolen, α -Bisabolen, Geranyl-2-methyl-Butyrat und α -Phellandren der Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensornten und -zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023) und drei Standorte. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	β -Bisabolen	(Z) γ -Bisabolen	(E) γ -Bisabolen	α -Bisabolen	Geranyl 2-methyl Butyrat	α -Phellandren
Trafford F1	73,46 \pm 25,65	147,70 \pm 80,73	443,08 ^{ab} \pm 233,14	86,00 \pm 41,76	20,59 ^{ab} \pm 7,59	16,66 \pm 4,14
Rodelika	76,98 \pm 25,72	54,61 \pm 80,25	241,64 ^{bc} \pm 128,98	163,61 \pm 41,80	17,31 ^b \pm 6,61	15,95 \pm 4,14
Solvita	76,01 \pm 25,64	109,50 \pm 80,45	695,01 ^a \pm 365,41	85,55 \pm 41,75	12,53 ^b \pm 4,79	20,36 \pm 4,13
KS-MOG-DH-RxR	86,61 \pm 25,65	81,94 \pm 80,41	480,86 ^{ab} \pm 252,81	192,67 \pm 41,83	13,20 ^b \pm 5,09	13,55 \pm 4,16
KS-MOG-SAT505	115,45 \pm 25,65	51,59 \pm 80,76	745,19 ^a \pm 392,08	177,72 \pm 41,75	32,96 ^a \pm 11,79	19,87 \pm 4,13
KS-MOG-CHE-HKÖ	70,20 \pm 25,64	121,16 \pm 80,69	156,87 ^c \pm 82,52	98,66 \pm 41,71	17,13 ^b \pm 6,32	18,79 \pm 4,12
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors					
Jahr	0,8271	0,5310	0,4942	0,5789	0,9627	<0,0001
Sorte	0,4116	0,5667	0,0101	0,0653	0,0327	0,1781
Ort	0,9076	0,7964	0,3677	0,8745	0,8406	0,0471
Ort*Sorte	0,4755	0,6685	0,4612	0,7390	0,3008	0,2652

Tabelle 20: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) von cis- α -Bergamotten in Frischmöhren von sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien nach den Standorten KHOH, TAU und GAR getrennt, über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Standorte innerhalb einer Sorte. Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

cis-α-Bergamotten			
Sorte*Ort	KHOH	TAU	GAR
Trafford F1	48,45 ^{ba} \pm 18,74	38.52 ^{bcA} \pm 21.37	39.84 ^{abA} \pm 19,21
Rodelika	56,72 ^{ba} \pm 18,56	54.04 ^{abA} \pm 21.70	21.60 ^{ba} \pm 19,21
Solvita	159,59 ^{aA} \pm 18,69	85.11 ^{aB} \pm 21.27	66.78 ^{ab} \pm 19,21
KS-MOG-DH-RxR	40,43 ^{bcA} \pm 19,11	78.54 ^{aA} \pm 21.29	35.00 ^{abA} \pm 19,21
KS-MOG-SAT505	58,95 ^{ba} \pm 18,52	62.36 ^{abA} \pm 21.34	12.59 ^{bB} \pm 19,21
KS-MOG-CHE-HKÖ	9,14 ^{cA} \pm 18,40	15.64 ^{cA} \pm 21.27	19.02 ^{ba} \pm 19,21
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors		
Jahr	0,1195		
Sorte	<0,0001		
Ort	0,0316		
Ort*Sorte	0,0034		

Tabelle 21: Mittelwerte \pm Standardfehler der Terpene α -Pinen, Sabinen, β -Pinen, γ -Terpinen und α -Phellandren in Frischmöhren an den Versuchsstandorten KHOH, TAU und GAR über sechs Sorten und Zuchtlinien und drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Im Jahr 2023 fand nur am Standort GAR ein Anbau statt. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Jahr	α -Pinen	Sabinen	β -Pinen	γ -Terpinen	α -Phellandren	d-Limonen
2020	100,89 ^b \pm 9,98	131,63 ^b \pm 14,31	160,07 ^b \pm 14,69	21,33 ^b \pm 4,15	8,53 ^b \pm 1,23	142,64 ^b \pm 19,32
2021	158,69 ^a \pm 16,51	195,80 ^a \pm 25,53	248,69 ^a \pm 23,02	129,61 ^a \pm 22,38	30,95 ^a \pm 2,95	321,76 ^a \pm 50,01
2023	85,37 ^{ab} \pm 47,58	71,11 ^{ab} \pm 38,86	150,69 ^{ab} \pm 104,81	142,67 ^a \pm 61,11	13,11 ^{ab} \pm 10,52	87,60 ^b \pm 51,59
KHOH	n.s.	n.s.	199,64 ^a \pm 50,82	n.s.	17,38 ^{ab} \pm 4,24	n.s.
TAU	n.s.	n.s.	229,26 ^a \pm 58,24	n.s.	21,62 ^a \pm 4,17	n.s.
GAR	n.s.	n.s.	131,06 ^b \pm 32,40	n.s.	13,59 ^b \pm 7,70	n.s.

n.s. = nicht signifikant

4.2.1.2 Möhrensäfte

Für den **Carotenoidgehalt**, **DPPH**- und **FRAP**-Wert der sortenreinen Säfte aus Heiß- und Kaltvermahlung konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden (Tabelle 22). Beim **Zucker**- und **Phenolgehalt** ergaben sich signifikante Jahresunterschiede (Tabelle 23).

Im Jahr 2021 ($11,7 \pm 0,3$ °BRIX) war der **Zuckergehalt** in den sortenreinen Säften aus Heiß- und Kaltvermahlung signifikant höher als in den Jahren 2020 ($8,4 \pm 0,7$) und 2023 ($10,1 \pm 0,6$). Der **Phenolgehalt** war im Jahr 2021 mit $17,7 \pm 1,2$ mg GAE 100 ml^{-1} signifikant niedriger als im Jahr 2023 mit $23,8 \pm 1,5$ mg GAE 100 ml^{-1} . Die Phenolgehalte aus dem Jahr 2020 ($22,2 \pm 1,8$ mg GAE 100 ml^{-1}) unterschieden sich nicht von denen der anderen beiden Jahre (Tabelle 22).

Tabelle 22: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Zuckergehalte [°BRIX], Carotenoidgehalte [mg β -Carotin 100 ml^{-1}], Phenolgehalte [mg GAE 100 ml^{-1}], DPPH-Werte [$\mu\text{mol TX ml}^{-1}$] und FRAP-Werte [$\mu\text{mol L}^{-1}$] der Möhrensäfte aus Heiß- und Kaltvermahlung von sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien über drei Verarbeitungsjahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	Zuckergehalt (°BRIX)	Carotenoidgehalt [mg β -Carotin 100 ml^{-1}]	Phenolgehalt [mg GAE 100 ml^{-1}]	DPPH [$\mu\text{mol TX}$ ml^{-1}]	FRAP [$\mu\text{mol L}^{-1}$]
Trafford F1	$9,6^a \pm 0,8$	$10,6^a \pm 1,1$	$20,6^a \pm 2,8$	$0,69^a \pm 0,21$	$1837,3^a \pm 315,14$
Rodelika	$11,1^a \pm 0,6$	$10,0^a \pm 0,9$	$21,3^a \pm 2,0$	$0,89^a \pm 0,16$	$2122,6^a \pm 211,1$
Solvita	$9,2^a \pm 0,6$	$10,2^a \pm 0,9$	$20,8^a \pm 2,0$	$1,09^a \pm 0,16$	$2023,7^a \pm 211,1$
KS-MOG-DH-RxR	$9,7^a \pm 0,6$	$8,1^a \pm 0,9$	$15,7^a \pm 2,0$	$0,60^a \pm 0,16$	$1578,2^a \pm 211,1$
KS-MOG-SAT505	$9,9^a \pm 0,6$	$10,2^a \pm 0,9$	$23,7^a \pm 2,0$	$1,32^a \pm 0,16$	$2398,6^a \pm 211,1$
KS-MOG-CHE-HKÖ	$10,7^a \pm 0,6$	$10,8^a \pm 0,9$	$25,2^a \pm 2,0$	$1,12^a \pm 0,16$	$2355,5^a \pm 211,1$

Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors				
Jahr	0,0020	0,3185	0,0438	0,0985	0,1305
Sorte	0,3271	0,3718	0,1285	0,0847	0,2555
Verfahren	0,9873	0,4002	0,3233	0,3562	0,1431
Sorte*Verfahren	0,6478	0,9937	0,9418	0,5769	0,6498

Tabelle 23: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Zuckergehalte [$^{\circ}$ BRIX] und der Phenolgehalte [mg GAE 100 ml $^{-1}$] der Verarbeitungsjahre 2020, 2021 und 2023 über sechs sortenreine Möhrensäfte aus Heiß- und Kaltvermahlung. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Tukey Test).

Jahr	Zuckergehalt [BRIX]	Phenolgehalt [mg GAE 100 ml $^{-1}$]
2020	8,4 ^b \pm 0,7	22,2 ^{ab} \pm 1,8
2021	11,7 ^a \pm 0,3	17,7 ^b \pm 1,2
2023	10,1 ^b \pm 0,6	23,8 ^a \pm 1,5

Benzol:

In keiner der untersuchten Saftproben (2021) wurde Benzol nachgewiesen.

Terpene:

Die Auswertung der Terpene fokussiert bei den Möhrensaftproben wie bei den Frischmöhren auf die 19 Leitterpene. Ein signifikanter Sorteneffekt wurde für β -Pinen, Bornyl Azetat, Caryophyllen und Humulen berechnet. Die Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR hatte mit $279,0 \pm 91,3$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$ die signifikant niedrigsten β -Pinen-Werte. Alle anderen Sorten waren nicht signifikant von Trafford F1 ($730,1 \pm 127,8$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$) verschieden. Die Hybride Trafford F1 ($245,5 \pm 264,1$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$) hatte signifikant niedrigere Caryophyllen-Peaks als alle Sorten, außer KS-MOG-DH-RxR ($502,3 \pm 205,4$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$) und signifikant höhere Humulen-Peaks ($543,1 \pm 54,5$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$) als alle anderen untersuchten Sorten. Der Bornyl-Azetat-Wert war in Solvita ($138,6 \pm 23,7$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$) signifikant höher als in allen anderen Sorten, mit Ausnahme von KS-MOG-SAT505 ($86,1 \pm 23,7$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$).

Für β -Pinen und α -Bisabolen ergaben sich signifikante Jahreseffekte. Die β -Pinen- und α -Bisabolen-Werte waren im Jahr 2021 signifikant höher als im Jahr 2023 (β -Pinen: 2020: $574,7 \pm 91,3$; 2021: $772,1 \pm 47,5$; 2023: $504,4 \pm 77,6$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$; α -Bisabolen: 2020: $45,9 \pm 17,9$; 2021: $93,3 \pm 18,5$; 2023: $25,7 \pm 8,5$ Peakfläche 1Mio $^{-1}$).

Für Geranyl-2-methyl Butyrat, Sabinen, cis- α -Bergamotten, β -Bisabolen, (E)- γ -Bisabolen und Terpinolen gab es eine signifikante Sorte*Verfahren Interaktion. Hierbei ist zu beachten, dass für die Heißvermahlung für die Hybride Trafford F1 nur einjährige Daten (2021) vorliegen. Die Ergebnisse sind im Abschnitt 4.2.1.3 im Rahmen des Vergleiches der Frischmöhren mit den heiß- und kaltvermahlenden Säften dargestellt.

Table 24: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene α -Pinen, β -Pinen, *n*-Octanal, *o*-Cymen, *d*-Limonen, γ -Terpinen und Bornyl Azetat in Peakfläche 1 Mio⁻¹ der Möhrensäfte aus Kalt- und Heißvermahlung von sechs verarbeiteten Möhrensarten und – zuchtlinien über drei Verarbeitungsjahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte	α -Pinen	β -Pinen	<i>n</i> -Octanal	<i>o</i> -Cymen	<i>d</i> -Limonen	γ -Terpinen	Bornyl Azetat
Trafford F1	194,60 \pm 145,10	730,1 ^{ab} \pm 127,8	22,43 \pm 27,55	247,26 \pm 96,70	364,12 \pm 129,04	838,81 \pm 148,54	47,1 ^{bc} \pm 30,2
Rodelika	209,73 \pm 102,68	629,7 ^{ab} \pm 91,3	52,05 \pm 21,43	216,17 \pm 75,21	217,71 \pm 92,78	632,94 \pm 115,52	31,8 ^{bc} \pm 23,7
Solvita	179,22 \pm 102,68	482,1 ^{bc} \pm 91,3	20,57 \pm 21,43	193,18 \pm 75,21	329,08 \pm 92,78	608,69 \pm 115,52	138,6 ^a \pm 23,7
KS-MOG-DH-RxR	121,77 \pm 102,68	279,0 ^c \pm 91,3	46,04 \pm 21,43	108,71 \pm 75,21	162,94 \pm 92,78	420,08 \pm 115,52	8,7 ^c \pm 23,7
KS-MOG-SAT505	303,73 \pm 102,68	952,3 ^a \pm 91,3	14,52 \pm 21,43	135,32 \pm 75,21	333,65 \pm 92,78	741,33 \pm 115,52	86,1 ^{ab} \pm 23,7
KS-MOG-CHE-HKÖ	305,71 \pm 102,68	629,0 ^{ab} \pm 91,3	27,45 \pm 21,43	95,21 \pm 75,21	346,62 \pm 92,78	389,57 \pm 115,52	26,0 ^{bc} \pm 23,7
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors						
Jahr	0,2533	0,0449	0,1444	0,7936	0,0831	0,4671	0,7078
Sorte	0,7760	0,0406	0,7747	0,7064	0,6564	0,1677	0,0314
Verfahren	0,2808	0,3009	0,6137	0,7726	0,8599	0,3845	0,8011
Sorte*Verfahren	0,5938	0,0522	0,3097	0,2387	0,5071	0,1192	0,2819

Tabelle 25: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene Caryophyllen, Humulen, α -Curcumen, (Z)- γ -Bisabolen, α -Bisabolen, Geranyl-2-methyl-Butyrat und α -Phellandren in Peakfläche 1 Mio⁻¹ der Möhrensäfte aus Kalt- und Heißvermahlung von sechs verarbeiteten Möhrensarten und -zuchtlinien über drei Verarbeitungsjahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ ((Fisher's Least Significant Difference Test (LSD))).

Sorte	Caryo- phyllen	Humulen	α - Curcumen	(Z) γ - Bisabolen	α - Bisabolen	α - Phellandren
Trafford F1	245,5 ^c \pm 264,1	543,1 ^a \pm 54,5	12,21 \pm 52,35	120,16 \pm 107,62	54,87 \pm 29,66	36,15 \pm 23,97
Rodelika	1464,8 ^a \pm 205,4	163,0 ^b \pm 37,7	91,23 \pm 40,71	30,71 \pm 19,48	65,08 \pm 25,26	6,63 \pm 23,97
Solvita	1093,0 ^{ab} \pm 205,4	147,7 ^b \pm 37,7	144,16 \pm 40,71	120,16 \pm 76,20	47,40 \pm 18,40	66,00 \pm 18,43
KS-MOG-DH-RxR	502,3 ^{bc} \pm 205,4	89,8 ^b \pm 37,7	80,51 \pm 40,71	46,57 \pm 29,53	85,63 \pm 33,24	27,45 \pm 18,43
KS-MOG-SAT505	1478,7 ^a \pm 205,4	171,9 ^b \pm 37,7	43,32 \pm 40,71	43,53 \pm 27,61	44,13 \pm 17,13	48,46 \pm 18,43
KS-MOG-CHE-HKÖ	1401,4 ^a \pm 205,4	150,4 ^b \pm 37,7	61,79 \pm 40,71	17,16 \pm 10,88	18,98 \pm 7,37	47,55 \pm 18,43
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors					
Jahr	0,2030	0,1633	0,7218	0,1583	0,0352	0,1722
Sorte	0,0121	0,0068	0,4354	0,4134	0,3034	0,4818
Verfahren	0,0924	0,0907	0,9805	0,1231	0,0947	0,2991
Sorte*Verfahren	0,4115	0,0920	0,8307	0,4043	0,1728	0,5978

Tabelle 26: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene β -Pinen und α -Bisabolen in Peakfläche 1 Mio⁻¹ nach Verarbeitungsjahren (2020, 2021 und 2023) über die Möhrensäfte aus Kalt- und Heißvermahlung von sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien. Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ ((Fisher's Least Significant Difference Test (LSD))).

Jahr	β -Pinen	α -Bisabolen
2020	574,7 ^{ab} \pm 91,3	45,9 ^{ab} \pm 17,9
2021	772,1 ^a \pm 47,5	93,3 ^a \pm 18,5
2023	504,4 ^b \pm 77,6	25,7 ^b \pm 8,5

Da die Analysedaten des in Flaschen konservierten Endprodukts „Feldfrischer Möhrensaff“ nur einjährig (Jahr 2021) vorlagen, konnte kein Vergleich mit den Tank-Mix-Proben durchgeführt werden. Die analytischen Ergebnisse sind daher in Tabelle 27 als einfache Mittelwerte \pm Standardfehler dargestellt.

Tabelle 27: Mittelwerte \pm Standardfehler der Zuckergehalte [$^{\circ}$ BRIX], Carotenoidgehalte [mg β -Carotin 100 ml $^{-1}$], Phenolgehalte [mg GAE 100 ml $^{-1}$], DPPH-Werte [μ mol TX ml $^{-1}$] und FRAP-Werte [μ mol L $^{-1}$] sowie der Terpene der Tank-Mix Proben aus 2020 und 2021 und dem Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“ aus dem Jahr 2021.

	Tank-Mix 2020	Tank-Mix 2021	Feldfrischer Möhrensaft
Zuckergehalt ($^{\circ}$ BRIX)	9,4 \pm 0,1	11,3 \pm 0,3	9,5 \pm 0,03
Carotenoidgehalt [mg β -Carotin 100 ml $^{-1}$]	10,6 \pm 0,1	11,0 \pm 0,07	11,0 \pm 0,02
Phenolgehalt [mg GAE 100 ml $^{-1}$]	30,4 \pm 0,3	29,2 \pm 0,04	29,0 \pm 0,44
DPPH [μ mol TX ml $^{-1}$]	1,38 \pm 0,03	1,57 \pm 0,04	1,67 \pm 0,04
FRAP [μ mol L $^{-1}$]	2696,7 \pm 59,4	2751,11 \pm 105,3	3009,4 \pm 16,05
Terpene [Peakfläche 1 Mio$^{-1}$]			
α -Pinen	904,97	399,66	0,0
Sabinen	362,53	0,0	35,29
β -Pinen	1789,48	772,23	366,72
n-Octanal	193,05	89,50	33,11
o-Cymen	589,70	274,07	124,42
D-Limonen	2115,28	948,64	520,21
γ -Terpinen	2138,27	877,30	506,25
Terpinolen	0,00	0,0	1304,04
Bornyl Azetat	475,58	166,17	94,17
Caryophyllen	2091,63	700,23	705,92
cis- α -Bergamotten	148,45	39,41	62,72
Humulen	306,36	87,41	80,47
α -Curcumen	144,61	101,58	392,52
β -Bisabolen	133,49	23,35	85,17
(Z) γ -Bisabolen	289,27	41,85	117,61
(E) γ -Bisabolen	16,60	300,92	754,61
α -Bisabolen	332,69	45,83	231,14
Geranyl 2-methyl Butyrat	108,95	20,83	76,40
α -Phellandren	0,00	0,0	31,61

4.2.1.3 Vergleich geschmacksrelevanter Inhaltsstoffe von Frischmöhren und Möhrensäften

Da sich weder für die Phenole und das antioxidative Potenzial (DPPH und FRAP) noch für den Carotenoidgehalt signifikante Einflüsse des Saftverfahrens und keine Interaktionen zwischen Sorte und Saftverfahren ergaben, lag der Fokus im Folgenden auf den geschmacksrelevanten Inhaltsstoffen.

Im Vergleich der Säfte mit den Frischmöhren gab es keine signifikanten Unterschiede in den Zuckergehalten. Die Ergebnisse der Varianzanalyse (ANOVA) sind nachfolgend aufgeführt (Tabelle 28).

Table 28: P-Werte aus der Varianzanalyse (ANOVA) der Zuckergehalte in Frischware und den Säften aus Heiß- und Kaltvermahlung aller untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien über alle Versuchsjahre.

p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors für den Zuckergehalt in Frischmöhren und Säften	
Jahr	0,4411
Sorte	0,3139
Verfahren	0,5712
Sorte*Verfahren	0,8228

Die von der Fa. Voelkel angegebene Saftausbeute lag durchschnittlich bei 68,7%. Für die Messung der Terpene in Frischmöhren wurden 3 g Möhrenraspel verwendet, welche unter Einbezug der Saftausbeute 2,06 ml Saft entsprechen. Für die Bestimmung der Terpene in Möhrensäften wurden 2 ml Saft verwendet. Die Daten der Frischmöhren sind daher prinzipiell mit denen der Säfte vergleichbar. Im Vergleich dargestellt werden jene Terpene, bei denen sich signifikante Sorte*Verfahren-Interaktionen oder ein signifikanter Einfluss des Verfahrens ergaben. Hierbei handelte es sich um die Terpene Sabinen, cis- α -Bergamotten, β -Bisabolen, (E)- γ -Bisabolen, Terpinolen und Geranyl-2methyl-Butyrat. Die Unterschiede in den Mittelwerten der Terpene der Frischmöhren sind statistisch bedingt (siehe 3.3.1.3).

Die Sorten reagierten hinsichtlich der Terpenegehalte unterschiedlich auf die Versaftung. Hierbei ist zu beachten, dass die heißvermahlene Säfte der Sorte Trafford F1 nur einjährig (Jahr 2020) vorliegen. In den heißvermahlene Säften der Sorte Trafford F1 waren signifikant höhere Peaks von cis- α -Bergamotten, β -Bisabolen, (E)- γ -Bisabolen, Terpinolen und Geranyl-2methyl-Butyrat enthalten als in den kaltvermahlene Säften und den Frischmöhren. Die Sabinen-Peaks in den heißvermahlene Säften der Hybride Trafford F1 waren signifikant höher als in der Frischware. Die kaltvermahlene Säfte unterschieden sich nicht signifikant von der Frischware und dem heißvermahlene Saft. (Tabelle 29 und Tabelle 30).

Die kaltvermahlene Säfte der Sorte Rodelika ($1131,6 \pm 162,5$ Peakfläche 1Mio^{-1}) zeigten signifikant höhere Sabinen-Peaks als ihre heißvermahlene Säfte ($443,7 \pm 162,5$) und Frischware ($38,0 \pm 126,7$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Der Terpinolen-Peak war in den kaltvermahlene Säften ($2029,2 \pm 526,3$ Peakfläche 1Mio^{-1}) ebenfalls signifikant höher als in den Frischmöhren ($399,9 \pm 415,9$). Die heißvermahlene Säfte ($989,0 \pm 526,3$ Peakfläche 1Mio^{-1}) unterschieden sich nicht signifikant.

Die heißvermahlene Säfte der Sorte Solvita ($1178,5 \pm 227,2$ Peakfläche 1Mio^{-1}) hatten signifikant höhere (E)- γ -Bisabolen-Peaks als die kaltvermahlene Säfte ($74,3 \pm 227,1$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Zu den Frischmöhren ($641,7 \pm 178,2$ Peakfläche 1Mio^{-1}) gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Geranyl-2methyl-Butyrat-Peaks der Sorte Solvita waren in der Frischware ($3,1 \pm 14,2$ Peakfläche 1Mio^{-1}) niedriger als in den heißvermahlene Säften ($69,6 \pm 17,8$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die kaltvermahlene Säfte ($23,6 \pm 17,8$ Peakfläche 1Mio^{-1}) unterschieden sich nicht signifikant.

Die Sabinen-Peaks der Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR waren in den kaltvermahlene Säften ($873,1 \pm 162,5$ Peakfläche 1Mio^{-1}) höher als in den Frischmöhren ($228,0 \pm 126,7$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die heißvermahlene Säfte ($621,4 \pm 162,5$ Peakfläche 1Mio^{-1}) unterschieden sich nicht von den kaltvermahlene Säften und der Frischware. Die Geranyl-2methyl-Butyrat-Peaks von KS-MOG-DH-RxR waren in der Frischware ($6,1 \pm 14,2$ Peakfläche 1Mio^{-1}) niedriger als in den heißvermahlene Säften ($59,0 \pm 17,8$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Die kalt vermahlene Säfte ($-1,5$

$\pm 17,8$ Peakfläche 1Mio^{-1}) unterschieden sich nicht signifikant von den heißvermahlenden Säften und den Frischmöhren.

Die Frischmöhren der Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 hatte signifikant höhere Peaks von β -Bisabolen ($74,7 \pm 37,9$ Peakfläche 1Mio^{-1}) als die heißvermahlenden Säfte ($36,6 \pm 46,6$ Peakfläche 1Mio^{-1}). Zu den kaltvermahlenden Säften ($96,7 \pm 46,5$ Peakfläche 1Mio^{-1}) gab es keine signifikanten Unterschiede. Der Terpinolen-Peak war in den kaltvermahlenden Säften ($1603,0 \pm 526,3$ Peakfläche 1Mio^{-1}) höher als in den Frischmöhren ($196,6 \pm 415,9$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und zu den heißvermahlenden Säften ($881,8 \pm 526,3$ Peakfläche 1Mio^{-1}) gab es keine Unterschiede.

Die Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ hatte in den kaltvermahlenden Säften ($3420,8 \pm 526,3$ Peakfläche 1Mio^{-1}) signifikant höhere Peaks von Terpinolen als in den Frischmöhren ($850,5 \pm 415,9$ Peakfläche 1Mio^{-1}) und heißvermahlenden Säften ($-220,2 \pm 526,3$ Peakfläche 1Mio^{-1}).

Tabelle 29: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene Sabinen, cis- α -Bergamotten und β -Bisabolen in Peakfläche 1 Mio⁻¹ der Frischmöhren (FM) vom Standort GAR und der Möhrensäfte aus Kaltvermahlung (K) und Heißvermahlung (H) von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Verfahrens bzw. der Frischware und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Frischmöhren und Versaftungsverfahren innerhalb einer Sorte bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (Fisher's Least Significant Difference Test (LSD)).

Sorte*Verfahren	Sabinen			cis- α -Bergamotten			β -Bisabolen		
	FM	K	H	FM	K	H	FM	K	H
Trafford F1	169,0 ^{ab} \pm 126,7	394,4 ^{bAB} \pm 162,0	840,7 ^{aA} \pm 237,3	39,8 ^{abB} \pm 15,5	14,1 ^{aB} \pm 19,9	307,5 ^{aA} \pm 26,6	74,7 ^{abB} \pm 37,9	24,8 ^{ab} \pm 47,4	645,6 ^{aA} \pm 62,2
Rodelika	38,0 ^{ab} \pm 126,7	1131,6 ^{aA} \pm 162,5	443,7 ^{abB} \pm 162,5	21,6 ^{bA} \pm 15,5	22,9 ^{aA} \pm 19,6	-0,5 ^{cA} \pm 19,6	56,8 ^{bA} \pm 37,9	71,6 ^{aA} \pm 46,5	30,4 ^{bA} \pm 46,6
Solvita	23,8 ^{aA} \pm 126,7	274,4 ^{bA} \pm 162,5	170,4 ^{bcA} \pm 162,5	66,8 ^{aA} \pm 15,5	32,6 ^{aA} \pm 19,6	89,4 ^{bA} \pm 19,6	83,2 ^{abA} \pm 37,9	60,6 ^{aA} \pm 46,5	98,0 ^{bA} \pm 46,6
KS-MOG-DH-RxR	228,0 ^{ab} \pm 126,7	873,1 ^{aA} \pm 162,5	621,4 ^{aAB} \pm 162,5	35,0 ^{abA} \pm 15,5	1,7 ^{aA} \pm 19,6	27,6 ^{cA} \pm 19,6	68,6 ^{abA} \pm 37,9	28,5 ^{aA} \pm 46,5	94,1 ^{bA} \pm 46,6
KS-MOG-SAT505	20,5 ^{aA} \pm 126,7	-24,4 ^{bA} \pm 162,5	96,0 ^{bcA} \pm 162,5	12,6 ^{bA} \pm 15,5	3,8 ^{aA} \pm 19,6	13,5 ^{cA} \pm 19,6	167,0 ^{aA} \pm 37,9	96,7 ^{aAB} \pm 46,5	36,6 ^{bB} \pm 46,6
KS-MOG-CHE-HKÖ	92,7 ^{aA} \pm 126,7	211,0 ^{bA} \pm 162,5	-28,7 ^{cA} \pm 162,5	19,0 ^{bA} \pm 15,5	25,2 ^{aA} \pm 19,6	9,9 ^{cA} \pm 19,6	56,0 ^{bA} \pm 37,9	51,6 ^{aA} \pm 46,5	32,0 ^{bA} \pm 46,6
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors								
Jahr	0,3237			0,3146			0,8417		
Sorte	0,0026			0,0019			0,0114		
Verfahren	0,1328			0,1648			0,2453		
Sorte*Verfahren	0,0227			0,0003			0,0002		

Tabelle 30: Mittelwerte \pm Standardfehler und Varianzanalyse (ANOVA) der Terpene (E) γ -Bisabolene, Terpinolene und Geranyl-2-Methyl-Butyrat in Peakfläche 1 Mio^{-1} der Frischmöhren (FM) vom Standort GAR und der Möhrensäfte aus Kaltvermahlung (K) und Heißvermahlung (H) von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über drei Anbaujahre (2020, 2021, 2023). Mittelwerte, die durch mindestens einen identischen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Kleinbuchstaben indizieren den Vergleich zwischen den Sorten innerhalb eines Verfahrens bzw. der Frischware und Großbuchstaben indizieren den Vergleich der Frischmöhren und Versaftungsverfahren innerhalb einer Sorte bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ ((Fisher's Least Significant Difference Test (LSD))).

Sorte*Verfahren	(E) γ -Bisabolene			Terpinolene			Geranyl-2-Methyl-Butyrat		
	FM	K	H	FM	K	H	FM	K	H
Trafford F1	364,6 ^{ab} \pm 178,2	374,9 ^{abB} \pm 227,5	7950,9 ^{aa} \pm 334,3	461,8 ^{ab} \pm 415,9	440,3 ^{cdB} \pm 526,7	5059,8 ^{aa} \pm 767,3	6,8 ^{bb} \pm 14,2	5,4 ^{abB} \pm 18,4	314,5 ^{aa} \pm 22,7
Rodelika	339,4 ^{aa} \pm 178,2	533,8 ^{abA} \pm 227,1	746,7 ^{bca} \pm 227,2	399,9 ^{ab} \pm 415,9	2029,2 ^{abA} \pm 526,3	989,0 ^{baB} \pm 526,3	5,0 ^{ba} \pm 14,2	36,8 ^{abA} \pm 17,8	35,3 ^{ca} \pm 17,8
Solvita	641,7 ^{aAB} \pm 178,2	74,3 ^{bb} \pm 227,1	1178,5 ^{ba} \pm 227,2	270,6 ^{aa} \pm 415,9	46,6 ^{da} \pm 526,3	411,1 ^{ba} \pm 526,3	3,1 ^{bb} \pm 14,2	23,6 ^{abAB} \pm 17,8	69,6 ^{bca} \pm 17,8
KS-MOG-DH-RxR	399,3 ^{aa} \pm 178,2	473,7 ^{abA} \pm 227,1	249,3 ^{ca} \pm 227,2	463,0 ^{aa} \pm 415,9	1453,9 ^{bdA} \pm 526,3	776,4 ^{ba} \pm 526,3	6,1 ^{bb} \pm 14,2	-1,5 ^{baB} \pm 17,8	59,0 ^{bca} \pm 17,8
KS-MOG-SAT505	579,1 ^{aa} \pm 178,2	970,7 ^{aa} \pm 227,1	544,7 ^{bca} \pm 227,2	196,6 ^{ab} \pm 415,9	1603,0 ^{bca} \pm 526,3	881,8 ^{baB} \pm 526,3	52,4 ^{aa} \pm 14,2	39,1 ^{aa} \pm 17,8	91,1 ^{ba} \pm 17,8
KS-MOG-CHE-HKÖ	350,3 ^{aa} \pm 178,2	923,7 ^{aa} \pm 227,1	478,4 ^{ca} \pm 227,2	850,5 ^{ab} \pm 415,9	3420,8 ^{aa} \pm 526,3	-220,2 ^{bb} \pm 526,3	8,8 ^{ba} \pm 14,2	36,6 ^{abA} \pm 17,8	31,4 ^{ca} \pm 17,8
Faktor	p-Wert des F-Tests des entsprechenden Faktors								
Jahr	0,0231*			0,0481			0,8335		
Sorte	0,0001			0,0612			0,0008		
Verfahren	0,0001			0,0023			0,0644		
Sorte*Verfahren	0,0001			0,0010			0,0001		

*: Die signifikanten Jahresunterschiede werden nicht dargestellt, da in dieser Berechnung die Frischmöhrendaten mit einbezogen wurden. Bei den heiß- und kaltvermahlenden Säften allein war kein signifikanter Jahreseffekt zu beobachten ($p = 0,5261$).

4.2.2 Sensorik

4.2.2.1 Frischmöhren 2020

Bei insgesamt zwölf von 14 mit der QDA-Methode bewerteten Attributen der Frischmöhren, verkostet als Raspel, konnten signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Möhrensorten und -zuchtlinien festgestellt werden (vgl. Tabelle 39).

So unterschied sich die Möhrenvariante KS-MOG-DH-RxR bei der Verkostung der Möhrenraspel mit dem Attribut Geruch Gesamtaroma, welches die Intensität eines möhrentypischen Geruchs abbildet, am Standort TAU mit einer signifikant niedrigeren Intensität von Solvita ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,001$) und KS-MOG-SAT505 ($p = 0,001$). Bei der Intensität des Gesamtgeschmacks konnte wiederum bei KS-MOG-DH-RxR eine signifikant niedrigere Intensität gegenüber Solvita ($p = 0,024$) am Standort TAU festgestellt werden. Solvita und Trafford F1 zeigten eine signifikant niedrigere Intensität als KS-MOG-SAT505 ($p < 0,001$). Auch an den Standorten KHOH konnten bei Solvita ($p = 0,008$) und Trafford F1 ($p = 0,002$) niedrigere Intensitäten gegenüber KS-MOG-HKÖ festgestellt werden. In GAR lag die Intensität des Gesamtgeschmacks von Solvita ($p = 0,022$) ebenfalls auf einem niedrigeren Niveau als bei Rodelika. Der bittere Geschmack wurde bei KS-MOG-SAT505 in TAU niedriger beurteilt als bei KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,011$) und in GAR zeigte KS-MOG-CHE-HKÖ eine geringere Bitterkeit als Solvita ($p = 0,026$). Der grüne Geschmack der Möhrenraspel wurde in TAU bei KS-MOG-DH-RxR als geringer empfunden als bei Solvita ($p = 0,004$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,001$). In GAR zeigte Trafford F1 einen geringeren grünen Geschmack als Solvita ($p = 0,004$). Sowohl in TAU zeigte Solvita eine höhere Seifigkeit im Geschmack gegenüber KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,003$) als auch in KHOH ($p < 0,001$). Auch gegenüber Rodelika wurde die Seifigkeit von Solvita ($p = 0,050$) höher bewertet. In TAU konnten KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,050$) und KS-MOG-SAT505 ($p = 0,008$) mit einer höheren Süße gegenüber Trafford F1 unterschieden werden. KS-MOG-DH-RxR hatte ein geringeres brennendes Mundgefühl in TAU als Solvita ($p = 0,021$) und Rodelika ($p < 0,001$). Die Knackigkeit der Möhrenraspel war in GAR bei Rodelika höher als bei Trafford F1 ($p = 0,046$) und in KHOH bei Solvita höher als bei den Varianten KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,016$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,041$) und Trafford F1 ($p = 0,003$). Außerdem zeigte Trafford F1 eine geringere Knackigkeit als KS-MOG-SAT505 ($p = 0,029$). Am Standort GAR war die Knackigkeit von Solvita mit $p = 0,008$ höher als von KS-MOG-CHE-HKÖ. Das Mundgefühl saftig unterschied sich in TAU zwischen einem geringeren Empfinden bei KS-MOG-HKÖ gegenüber Solvita ($p = 0,040$). In KHOH war Trafford F1 gegenüber Solvita ($p < 0,001$), KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,031$), KS-MOG-SAT505 ($p = 0,022$) und Rodelika ($p = 0,004$) weniger saftig. Die Intensität der Orangefärbung war in TAU bei KS-MOG-DH-RxR gegenüber allen anderen Genotypen in geringerem Maße vorhanden (Solvita: $p = 0,006$, KS-MOG-CHE-HKÖ: $p < 0,001$, KS-MOG-SAT505: $p < 0,001$, Rodelika: $p < 0,001$ und Trafford F1: $p < 0,001$). Am Standort GAR zeigte Trafford F1 eine geringere Farbigkeit als Solvita ($p < 0,003$), KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,001$) und Rodelika ($p < 0,001$). Außerdem war die Farbigkeit der Raspeln bei Rodelika höher gegenüber KS-MOG-SAT505 ($p = 0,014$).

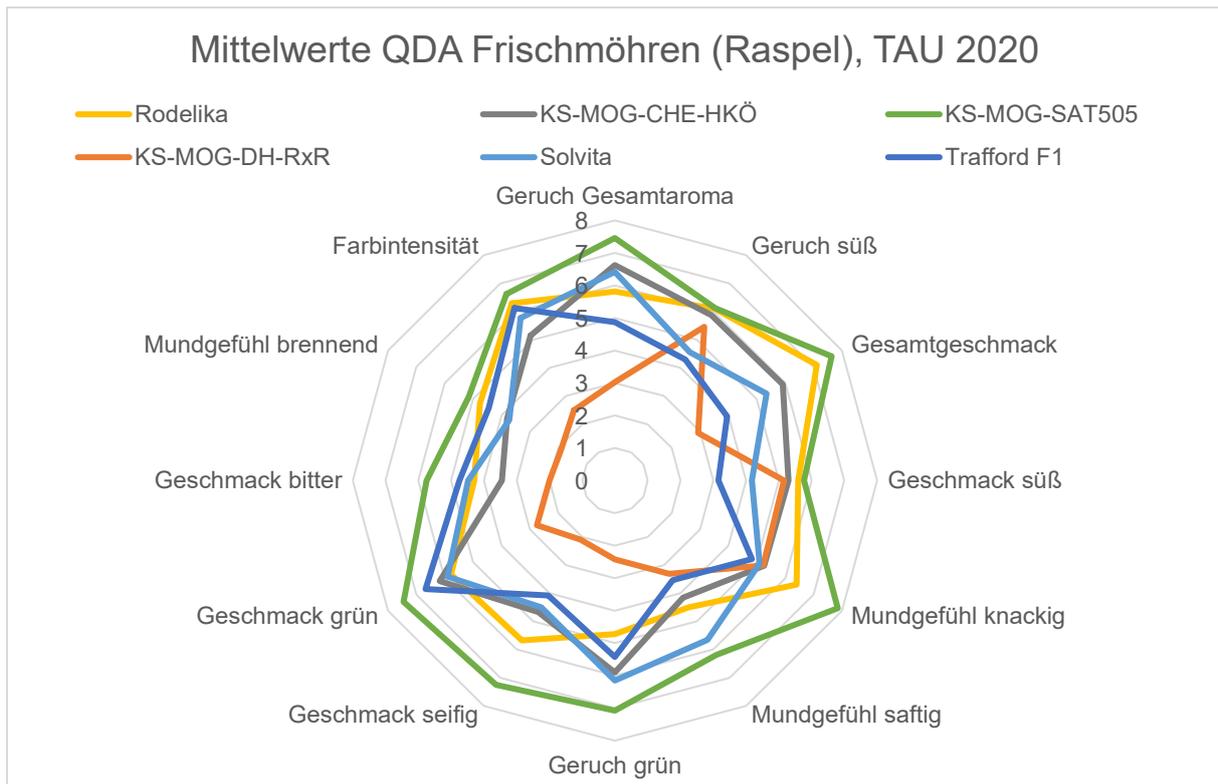


Abbildung 8: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkostet als Möhrenraspel, vom Standort TAU im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0= nicht vorhanden bis 10= stark vorhanden bewertet.

Bei der grafischen Darstellung der Mittelwerte der sensorischen Attribute der Frischmöhren (Raspel) in Abbildung 8 fiel am Standort TAU bei KS-MOG-DH-RxR die sehr geringe Bewertung in allen Merkmalen auf. Insbesondere negative Merkmale waren verschwindend gering ausgeprägt, während bei den positiven Attributen der süße Geruch und Geschmack hervorstachen. Gegenteilig wurde KS-MOG-SAT505 bewertet mit sowohl den höchsten Bewertungen der positiven Merkmale als auch im negativen Bereich. Rodelika demgegenüber wurde zwar in den Ausprägungen der positiven Merkmale etwas niedriger bewertet als KS-MOG-SAT505, dafür jedoch in den eher unerwünschten Merkmalen deutlich geringer.

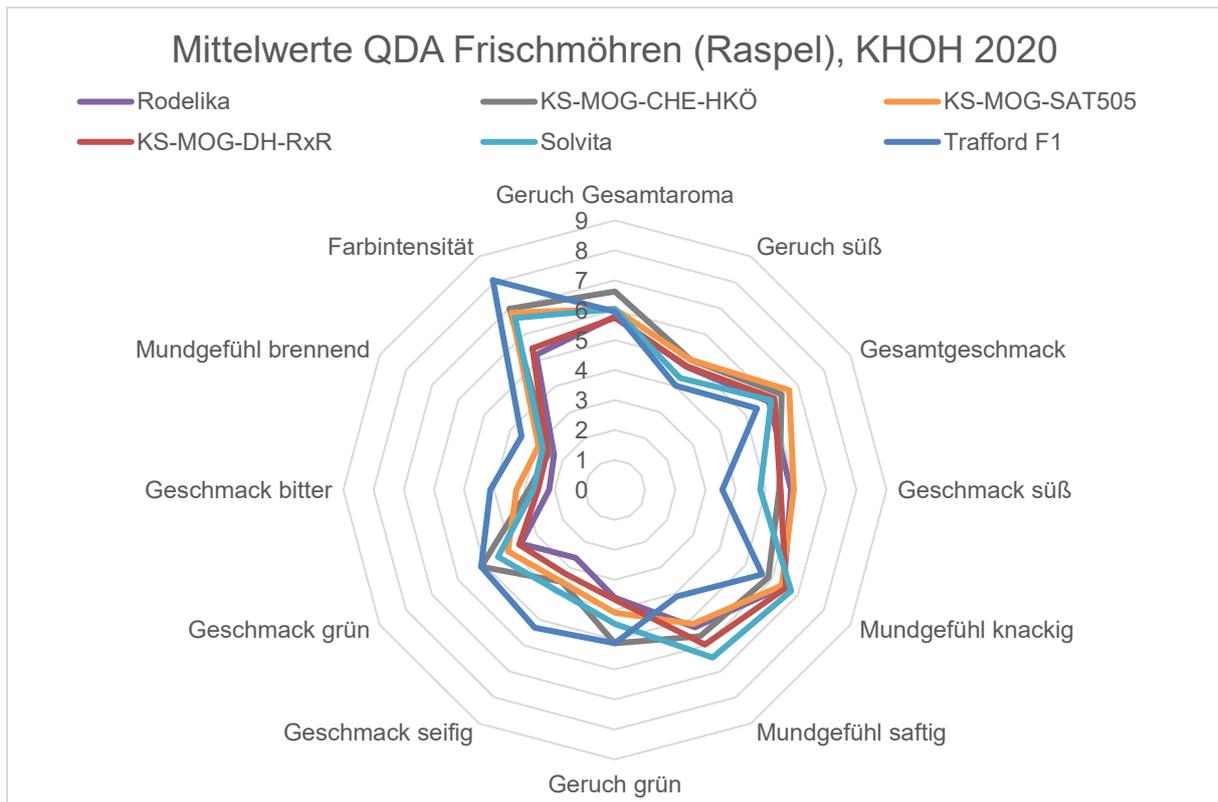


Abbildung 9: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als Möhrenraspel, vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0 = nicht vorhanden bis 10 = stark vorhanden bewertet.

Das Spinnendiagramm in Abbildung 9 zeigt die sehr eng beieinander liegenden Bewertungen der einzelnen Möhrensorten und -zuchtlinien vom Standort KHOH. Dennoch war auffällig, dass Trafford F1 bei den positiven Merkmalen die geringsten Bewertungen brachte und im negativen Bereich die höchsten Bewertungen anzeigte. Wiederum konnten für KS-MOG-DH-RxR und Rodelika die geringsten Ausprägungen der unerwünschten Merkmale festgestellt werden.

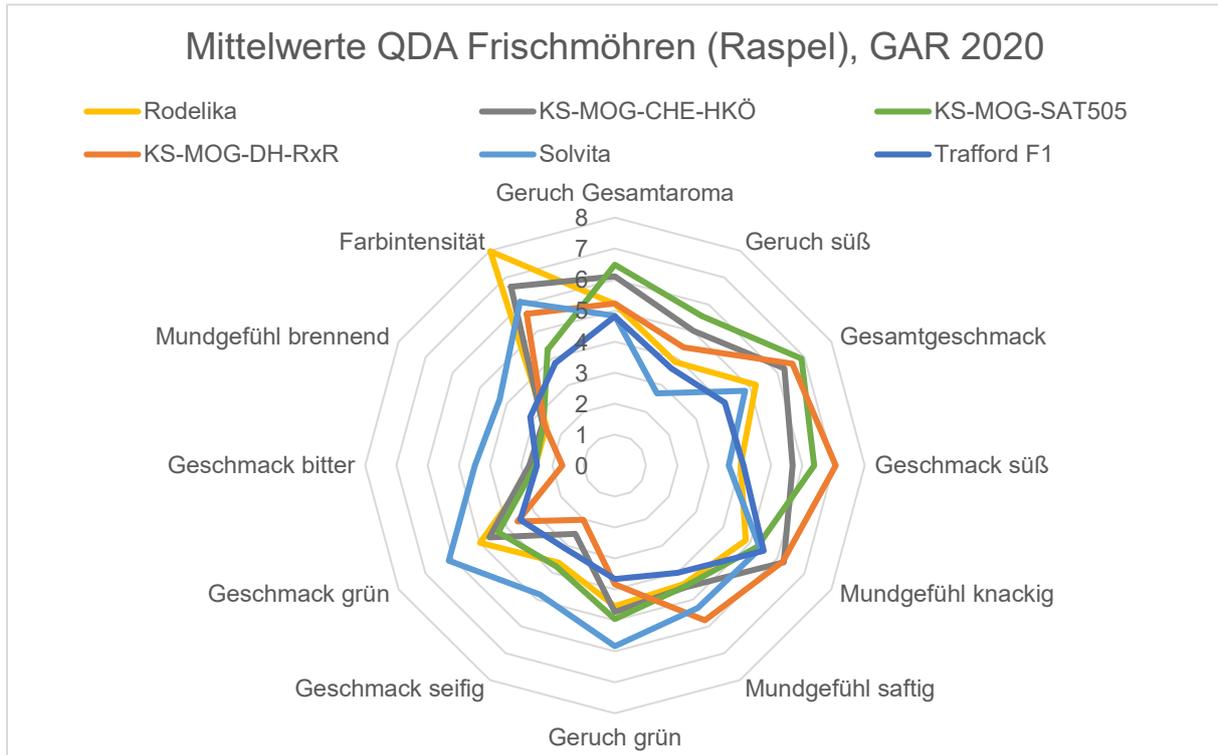


Abbildung 10: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als Möhrenraspel, vom Standort GAR im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0 = nicht vorhanden bis 10 = stark vorhanden bewertet.

Am Standort GAR hoben sich KS-MOG-DH-RxR, KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-SAT505 bei den Frischmöhren (Raspel) positiv von den anderen Varianten ab (Abbildung 10). Hier war auffällig die geringe Ausprägung positiver Attribute und höchste Ausprägung negativ konnotierter Merkmale bei der Sorte Solvita.

Die sensorische Bewertung der in Form von frisch gepresstem Saft verkosteten Frischmöhren des Jahres 2020 (QDA) zeigte folgende signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten und Zuchtlinien (Tabelle 40 im Anhang). Solvita zeigte am Standort TAU einen intensiveren Geruch als KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$) und Rodelika ($p = 0,019$), und Trafford F1 zeigte einen intensiveren Geruch als KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,002$). Der grüne Geruch war bei Solvita am stärksten ausgeprägt, so gab es signifikante Unterschiede in TAU gegenüber KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$), in KHOH gegenüber KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,004$) und in GAR gegenüber KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,001$), KS-MOG-SAT505 ($p = 0,010$), Rodelika ($p = 0,003$) und Trafford F1 ($p = 0,004$). Der süße Geruch war bei Solvita hingegen am geringsten ausgeprägt und zeigte in KHOH signifikante Unterschiede zu KS-MOG-SAT505 ($p = 0,026$) und Rodelika ($p = 0,036$), in GAR zu KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,017$) und KS-MOG-SAT505 ($p = 0,003$). Bei der Bewertung der Intensität eines möhrentypischen Gesamtgeschmacks wurde KS-MOG-DH-RxR in TAU geringer als Solvita ($p = 0,024$) bewertet, Solvita und Trafford F1 hingegen geringer als KS-MOG-SAT505 ($p < 0,001$). Auch in KHOH zeigten Solvita und Trafford F1 eine geringere Geschmacksintensität als KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,008$ bzw. $p = 0,020$). In GAR war der Gesamtgeschmack von Solvita geringer als bei Rodelika ($p = 0,022$). Die Bitterkeit war bei Solvita signifikant höher als bei KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,003$ TAU), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,001$ TAU), KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$ GAR), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,020$ GAR) und Trafford F1 ($p = 0,027$ GAR). Außerdem wurde in GAR bei KS-MOG-SAT505 ($p = 0,005$)

und Rodelika ($p = 0,014$) ein stärker bitterer Geschmack gegenüber KS-MOG-DH-RxR festgestellt. KS-MOG-DH-RxR zeigte in TAU einen signifikant geringeren grünen Geschmack als alle anderen Varianten (Solvita: $p < 0,001$, KS-MOG-CHE-HKÖ: $p < 0,001$, KS-MOG-SAT505: $p < 0,001$, Rodelika: $p = 0,009$ und Trafford F1: $p < 0,001$). Die Seifigkeit von Solvita war in TAU ausgeprägter vorhanden bei KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,003$) und in KHOH als bei den Genotypen KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$) und Rodelika ($p = 0,050$). Eine geringere Süße im Geschmack zeigte Solvita in TAU gegenüber KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$), KS-MOG-SAT505 ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,020$) und Rodelika ($p < 0,001$). Auch Trafford F1 wurde weniger süß beurteilt als KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,041$), KS-MOG-SAT505 ($p = 0,015$) und Rodelika ($p < 0,001$). Zusätzlich hob sich mit stärker süßem Geschmack die Sorte Rodelika von KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,011$) ab. Am Standort GAR war Solvita signifikant weniger süß als KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,029$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,008$). Ein geringer brennendes Mundgefühl als alle anderen Sorten und Zuchtlinien zeigte KS-MOG-DH-RxR am Standort GAR gegenüber Solvita ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,001$), KS-MOG-SAT505 ($p = 0,033$), Rodelika ($p = 0,004$) und Trafford F1 ($p < 0,001$). In KHOH zeigte Trafford F1 ein stärker brennendes Mundgefühl als KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,042$) und Rodelika ($p = 0,025$). In GAR war das brennende Mundgefühl bei Solvita signifikant stärker ausgeprägt als bei den fünf Vergleichsvarianten KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,020$), Trafford F1 ($p = 0,042$), KS-MOG-SAT505 ($p < 0,001$) und Rodelika ($p = 0,031$). Die Farbintensität von KS-MOG-DH-RxR war in TAU gegenüber allen Vergleichsvarianten signifikant niedriger (Solvita: $p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ: $p < 0,001$, KS-MOG-SAT505: $p = 0,002$, Rodelika: $p = 0,003$ und Trafford F: $p < 0,001$). In KHOH setzte sich Solvita mit intensiverer Farbigkeit von KS-MOG-DH-RxR ($p = 0,019$), Rodelika ($p = 0,013$) und Trafford F1 ($p < 0,001$) ab, wobei KS-MOG-CHE-HKÖ intensivere Farbigkeit als Solvita ($p = 0,049$) zeigte und KS-MOG-SAT505 weniger intensive Farbigkeit als Trafford F1 ($p = 0,003$) erkennen ließ. In GAR hingegen war die Farbigkeit von Trafford F1 geringer ausgeprägt als bei Solvita ($p < 0,001$), KS-MOG-CHE-HKÖ ($p = 0,006$) und Rodelika ($p = 0,029$). Außerdem zeigte Solvita eine höhere Farbigkeit als KS-MOG-SAT505 ($p = 0,022$).

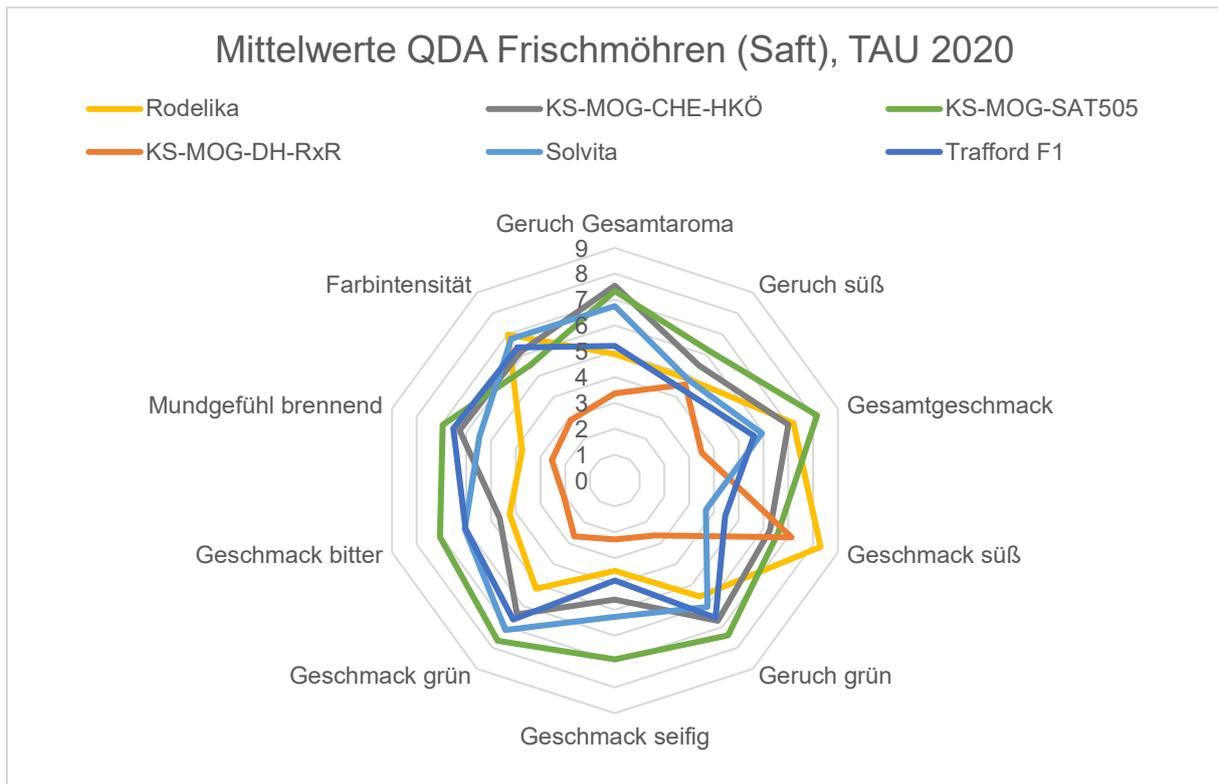


Abbildung 11: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als frisch gepresster Möhrensaft, vom Standort TAU im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0 = nicht vorhanden bis 10 = stark vorhanden bewertet.

Auch bei den Frischmöhren (verkostet als frisch gepresster Saft) des Standortes TAU wurde KS-MOG-SAT505 sowohl bei den positiven, als auch bei den negativen Geschmacksattributen am höchsten bewertet, während KS-MOG-DH-RxR wiederum den geringsten Anteil negative konnotierter Merkmale mit einem hohen Ausschlag bei der Süße anzeigte (Abbildung 11). Rodelika stach hervor insbesondere durch den ausgeprägtesten süßen Geschmack mit sehr geringem Anteil negativer Attribute.

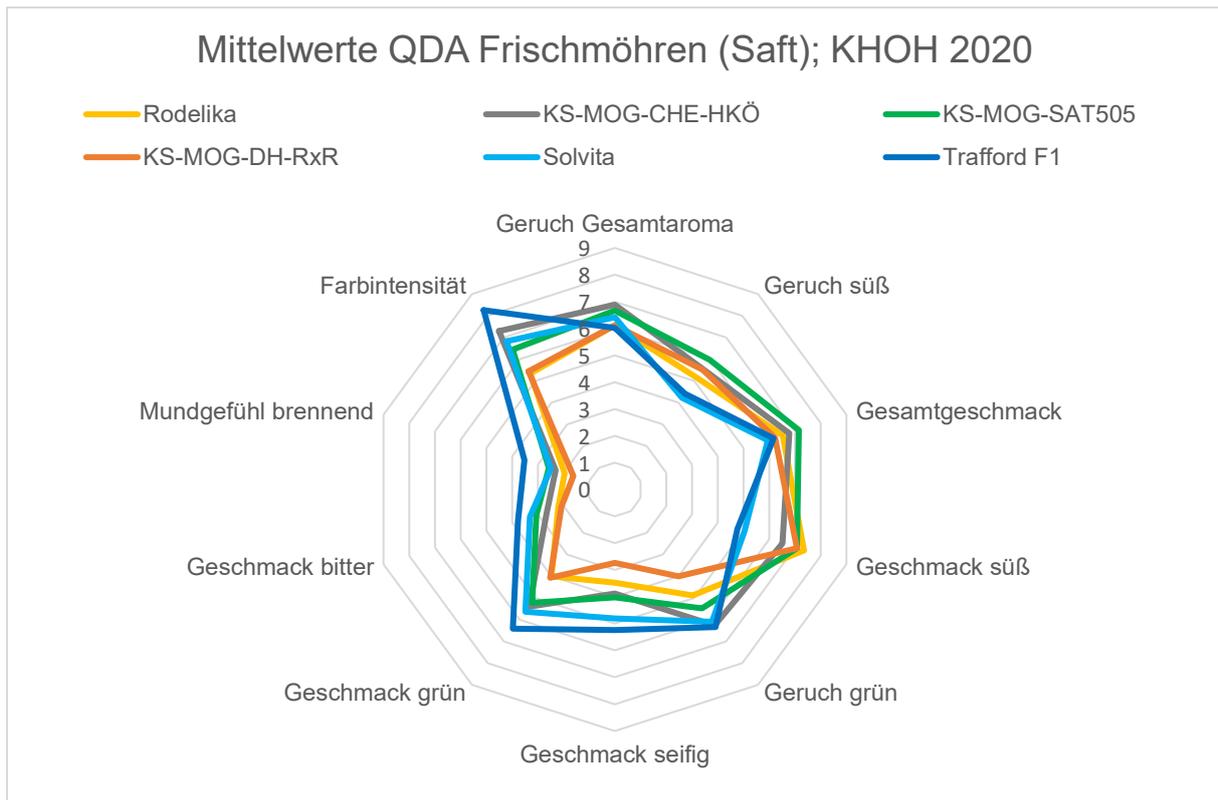


Abbildung 12: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als frisch gepresster Saft, vom Standortes KHOH im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0= nicht vorhanden bis 10= stark vorhanden bewertet.

Wie in Abbildung 12 zu erkennen ist, wurden die in Form frisch gepressten Safts verkosteten Frischmöhren vom Standort KHOH in gleicher Weise wie die Möhrenraspel bewertet. Trafford F1 und Solvita zeigten die geringste Ausprägung positiv konnotierter Merkmale und wiesen gleichzeitig die stärkste Ausprägung bei sämtlichen negativen Attribute auf. Wiederum gehörten Rodelika und KS-MOG-DH-RxR zu den vier Varianten mit der höchsten Ausprägung positiv konnotierter Merkmale und zeigten einen erkennbar geringen Anteil negativer Attribute.

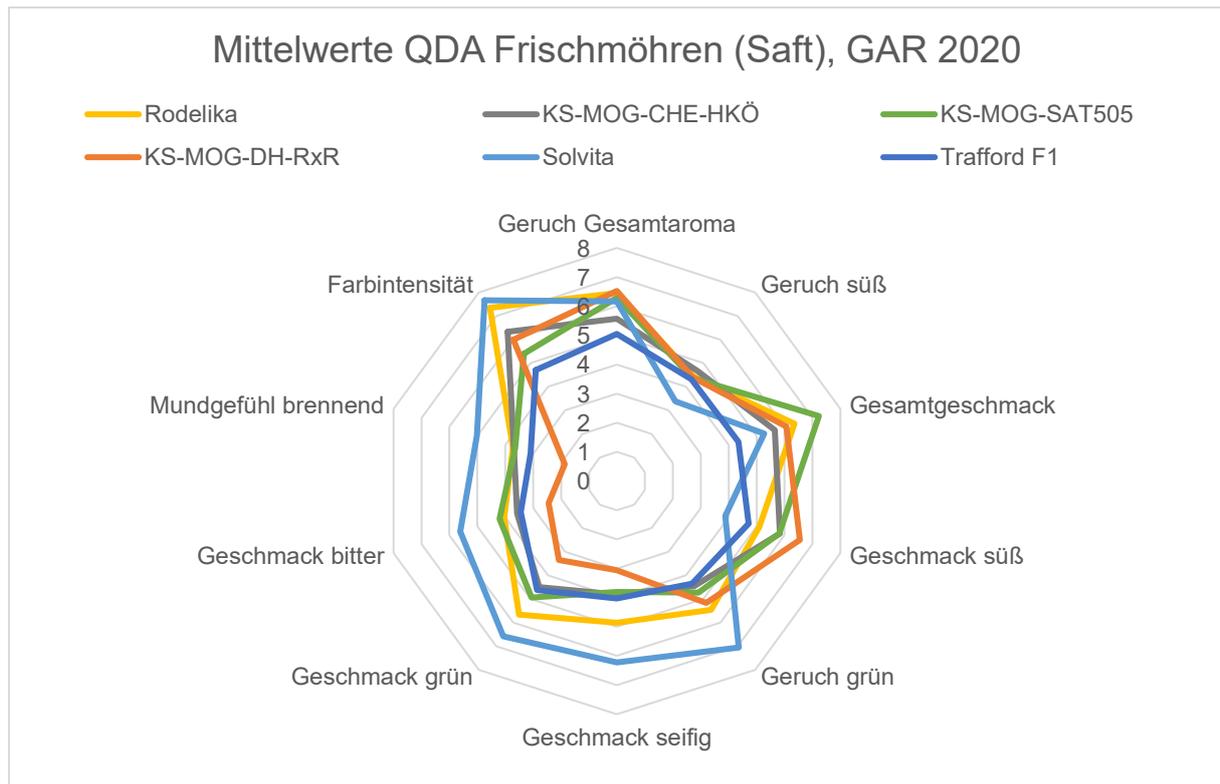


Abbildung 13: Mittelwerte der sensorischen Bewertung mittels QDA der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, verkosteten als frisch gepresster Möhrensaft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden auf einer Skala von 0= nicht vorhanden bis 10= stark vorhanden bewertet.

Die Sorte Solvita vom Standort GAR zeigte bei den als frisch gepresster Saft verkosteten Frischmöhren (wie auch schon bei den Raspelproben) den höchsten Anteil negativer Bewertungsattribute und den geringsten Anteil positiver Merkmale (vgl. Abbildung 13).

4.2.2.2 Frischmöhren 2021

Die Frischmöhren von den zwei Versuchsstandorten KHOH und TAU sowie vom Praxisstandort GAR zeigten im Versuchsjahr 2021 in sensorischen Untersuchungen mit den Methoden RDA und RATA über alle drei Standorte und Darreichungsformen (Raspel, frisch gepresster Saft) vergleichbare sortencharakteristische Merkmalsausprägungen. Im Folgenden sind beispielhaft die Sensorikergebnisse der Frischmöhren, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR dargestellt. Eine umfassende sensorische Sortencharakterisierung über alle Standorte und Darreichungsformen ist im Rahmen einer separaten Veröffentlichung geplant.

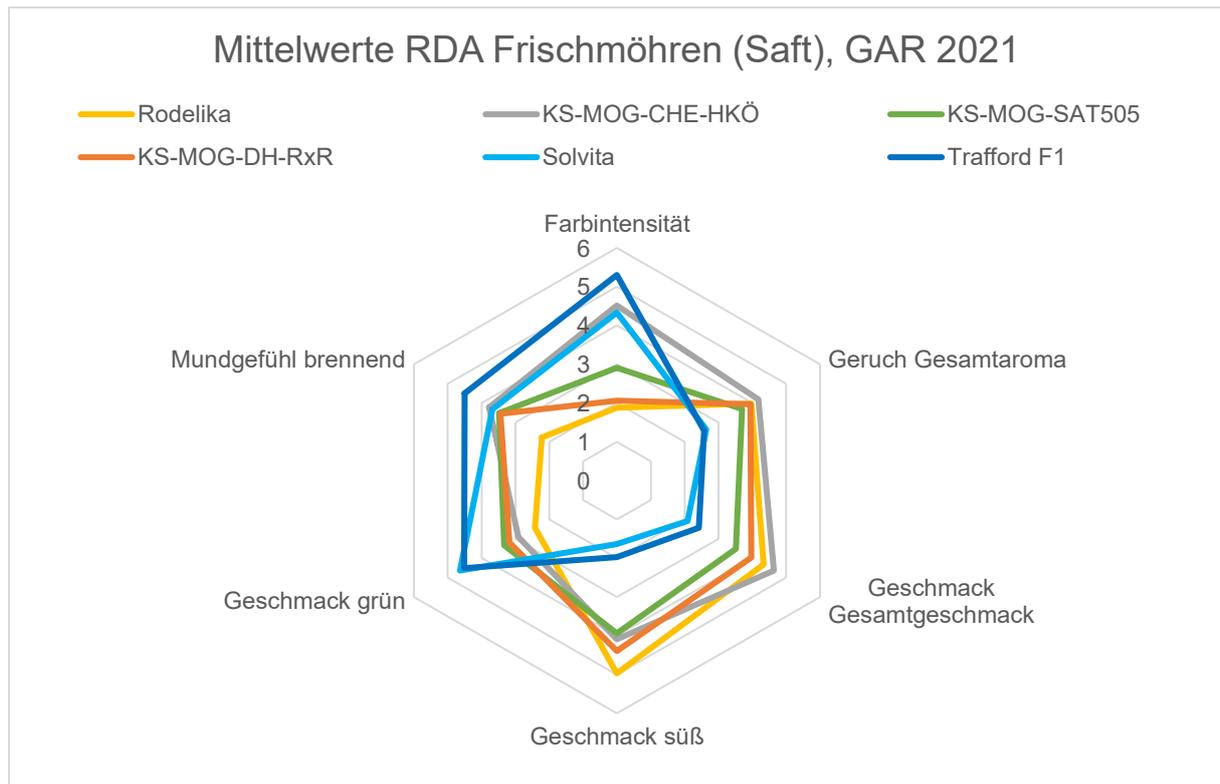


Abbildung 14: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RDA-Methode von Frischmöhren, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Dargestellt ist die Vergabe einer Rangordnung unter den sechs Sorten und Zuchtlinien mit Rang 1 bis 6 (Rang 1 = Kriterium am geringsten vorhanden, Rang 6 = Kriterium am stärksten vorhanden).

Durch die RDA-Methode wurde bei den Frischmöhren aus dem Jahr 2021 sehr anschaulich eine Gruppierung zwischen Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-DH-RxR mit einer starken Ausprägung der positiv belegten Attribute (Geruch Gesamtaroma, Geschmack Gesamtaroma, Geschmack süß) und Solvita und Trafford F1 mit einer starken Ausprägung der negativ belegten Attribute (Geschmack grün, Mundgefühl brennend) deutlich (siehe Abbildung 14). Der Gesamtgeruch der untersuchten Sorten und Zuchtlinien war gemäß Kruskal-Wallis Anova gleich. Beim Gesamtgeschmack (siehe Abbildung 15) wurden KS-MOG-CHE-HKÖ (Md= 4,73, SA = 0,33) und Rodelika (Md= 4,55, SA = 0,53) am besten bewertet, wobei sich KS-MOG-CHE-HKÖ signifikant von Solvita (Md = 2,09, SA = 0,09) unterschied. Beim süßen Geschmack führte Rodelika (Md = 5,27, SA = 0,60) und unterschied sich hier signifikant von Solvita (Md = 1,64, SA = 0,27). KS-MOG-DH-RxR (Md = 4,36, SA = 0,32) rangierte hier auf Platz zwei. Die Farbintensität der Saftes wurde für Trafford F1 am höchsten bewertet (Md = 5,18, SA = 0,38) und unterschied sich hier signifikant von Rodelika (Md = 2,18, SA = 0,77) und KS-MOG-DH-RxR (Md = 2,18, SA = 0,47). Das Attribut grüner Geschmack differenzierte die Genotypen laut Rangfolge nicht signifikant voneinander. Ein statistisch gesicherter Unterschied für das brennende Mundgefühl zeigte sich zwischen Trafford F1 (Md = 4,3, SA = 0,64) und Rodelika (Md = 2,0, SA = 0,80).

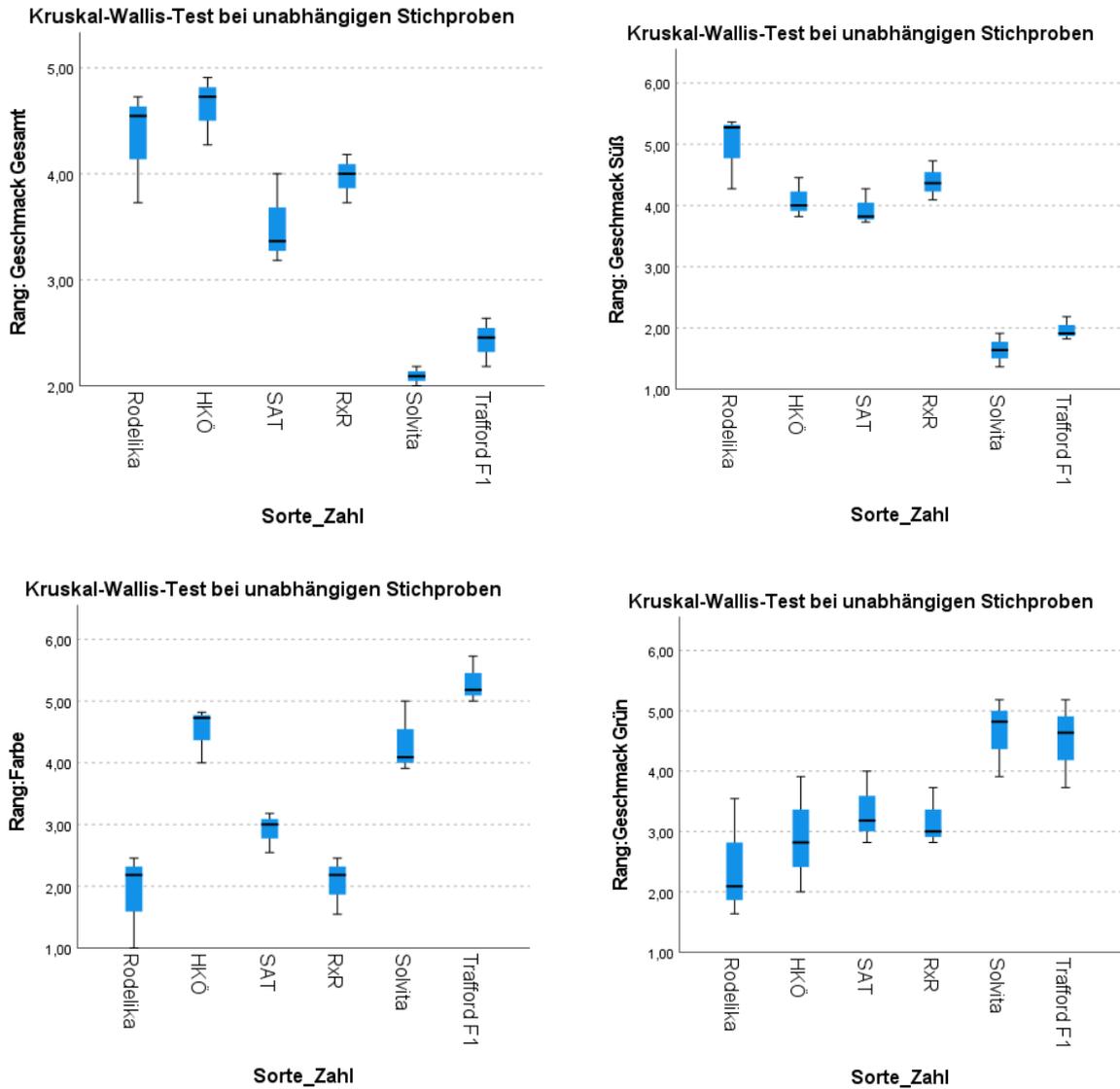


Abbildung 15: Ergebnisse der Kruskal-Wallis ANOVA der RDA-Ergebnisse für Gesamtgeschmack, süßen Geschmack, Farbintensität und grünen Geschmack der Frischmöhren vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Auf der X-Achse sind die sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien abgetragen, auf der Y-Achse der Median.

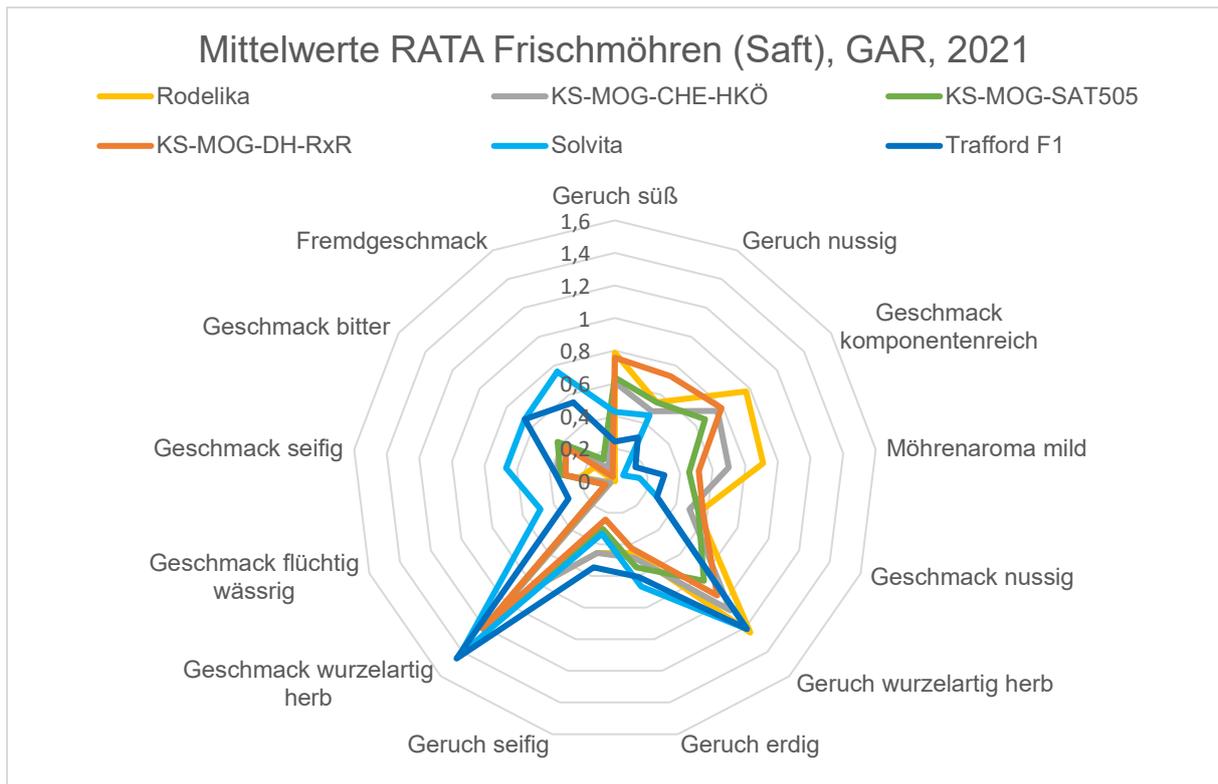


Abbildung 16: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RATA-Methode der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Dargestellt ist die Ausprägung der einzelnen Attribute von 0 = nicht vorhanden bis 3 = stark vorhanden.

In Abbildung 16 wird deutlich, dass 2021 bei sämtlichen Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR ein wurzelartiger, herber Geschmack und Geruch vorherrschte. Den stärksten wurzelartigen Geschmack zeigte Trafford F1 ($M = 1,45$, $SE = 0$) mit einem signifikanten Unterschied zu Rodelika ($M = 1,0$, $SE = 0,10$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 1,0$, $SE = 0,52$) mit den jeweils geringsten Werten. Bezüglich der Attribute herber, wurzelartiger Geruch, erdiger Geruch und bitterer Geschmack unterschieden sich die Proben nicht. Bei den weiteren negativ belegten Attributen fällt auf, dass lediglich Solvita und Trafford F1 hier höher bewertet wurden, jedoch wurde ein Mittelwert von 0,8 bei diesen Attributen von keiner Sorte überschritten. Bei Fremdgeschmack unterschieden sich Solvita und Trafford F1 signifikant von allen anderen Genotypen, im seifigen Geschmack unterschied sich lediglich Solvita ($M = 0,66$, $SE = 0,13$) von Rodelika ($M = 0,21$, $SE = 0,06$) signifikant. Im flüchtig wässrigen Geschmack wurden Trafford F1 ($M = 0,30$, $SE = 0,06$) und Solvita ($M = 0,48$, $SE = 0,06$) signifikant höher bewertet als Rodelika ($M = 0,03$, $SE = 0,03$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 0,03$, $SE = 0,03$). Im Gesamtbild fällt auf, dass auch die positiv belegten Attribute geringe mittlere Werte von 1,0 nicht überschritten. Rodelika zeigte den komponentenreichsten Geschmack ($M = 0,97$, $SE = 0,08$), unterschied sich hier jedoch nur signifikant von Trafford F1 und Solvita ($M = 0,15$, $SE = 0,30$ und $M = 0,06$, $SE = 0,30$, siehe Abbildung 17). Auch zeigte Rodelika das mildeste Möhrenaroma ($M = 0,91$, $SE = 0,14$), gefolgt von KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 0,70$, $SE = 0,19$) und KS-MOG-DH-RxR ($M = 0,52$, $SE = 0,30$).

RATA: komponentenreicher Geschmack				RATA: mildes Möhrenaroma				
Tukey-HSD ^a				Tukey-HSD ^a				
Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2			1	2	3
Solvita	3	,0606		Solvita	3	,1515		
Trafford F1	3	,1515		Trafford F1	3	,3030	,3030	
SAT	3		,6667	SAT	3	,4545	,4545	
HKÖ	3		,7576	RxR	3	,5152	,5152	,5152
RxR	3		,7879	HKÖ	3		,6970	,6970
Rodelika	3		,9697	Rodelika	3			,9091
Sig.		,967	,175	Sig.		,124	,085	,085

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

Abbildung 17: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für zwei Attribute der RATA-Prüfung der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2021.

4.2.2.3 Möhrensäfte 2021

Die Auswertung der Ergebnisse des Dreieckstests zeigte einen Einfluss des Pressverfahrens auf die sensorische Wahrnehmung des Möhrensaftes. Dieser Effekt war mit einem Signifikanzniveau α von 5 % für alle sechs Möhrensarten und -zuchtlinien und die drei Messwiederholungen statistisch gesichert.

In der ersten Messwiederholung erkannten je nach Möhrensorte oder -zuchtlinie sieben bis neun Probanden die abweichende Probe, in der zweiten Messwiederholung acht bis zehn und in der dritten Messwiederholung sieben bis zehn der zehn teilnehmenden Probanden.

Durch die Dreiecksprüfungen konnte außerdem gezeigt werden, dass der Prozess der Flaschenabfüllung keinen Einfluss auf die sensorische Wahrnehmung des Möhrensaftes hatte. So waren die Probanden mit einem gegebenen Signifikanzniveau α von 5 % nicht in der Lage, die Tankmischprobe von der in Flaschen konservierten Probe „Feldfrischer Möhrensaft“ zu unterscheiden.

Für die beiden Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung konnten vergleichbare sensorisch signifikante Unterschiede über alle Sorten und Zuchtlinien festgestellt werden, die hier am Beispiel von KS-MOG-CHE-HKÖ aufgezeigt werden.

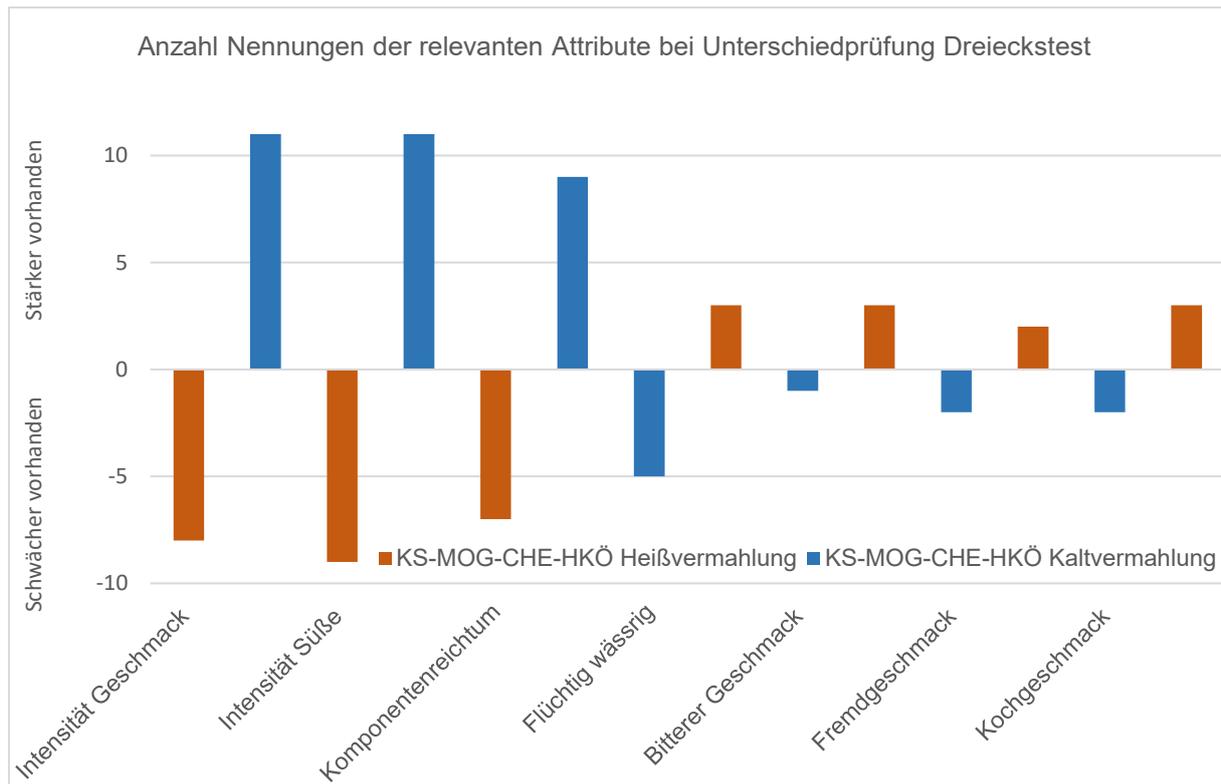


Abbildung 18: Anzahl der Nennungen relevanter Attribute zur Unterscheidung der Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung am Bsp. der Säfte von KS-MOG-CHE-HKÖ. Attribute, die „schwächer vorhanden“ benannt wurden, sind im Minusbereich abgebildet und Attribute, die „stärker vorhanden“ bewertet wurden, im Plusbereich.

Das Säulendiagramm in Abbildung 18 zeigt die Differenzierung der sieben erhobenen Geschmacksattribute in Abhängigkeit der beiden Saftverfahren Heiß- und Kaltvermahlung. Die Bewertung, welche Geschmacksattribute in welchem Verfahren schwächer bzw. stärker vorhanden waren, unterstützt die im Dreieckstest gefundene signifikante Unterscheidbarkeit zwischen den Saftverfahren. Der Saft aus Heißvermahlung von KS-MOG-CHE-HKÖ wurde im Vergleich zum Saft aus Kaltvermahlung häufig als von geringerer Intensität von Süße, Komponentenreichtum und Geschmack eingestuft, gleichzeitig eher flüchtig, wässrig, bitter, mit leichtem Fremd- oder Kochgeschmack. Der kaltvermahlene Saft zeigte umgekehrt einen Anstieg von Gesamtgeschmack, Süße und Komponentenreichtum, während eine geringere Wässrigkeit und Bitterkeit festgestellt wurde. Auch ein Fremdgeschmack oder Kochgeschmack war schwächer vorhanden.

4.2.2.4 Frischmöhren 2023

Da auch im Versuchsjahr 2023 eine vergleichbare Sortencharakteristik zwischen den beiden Darreichungsformen der Frischmöhrenproben in Form von Raspeln und frisch gepresstem Saft vorhanden war, werden im vorliegenden Projektbericht exemplarisch die Ergebnisse der Frischmöhrenverkostung in Form von frisch gepresstem Saft dargestellt. Für die Untersuchungen lagen Frischmöhrenproben vom Standort GAR vor.

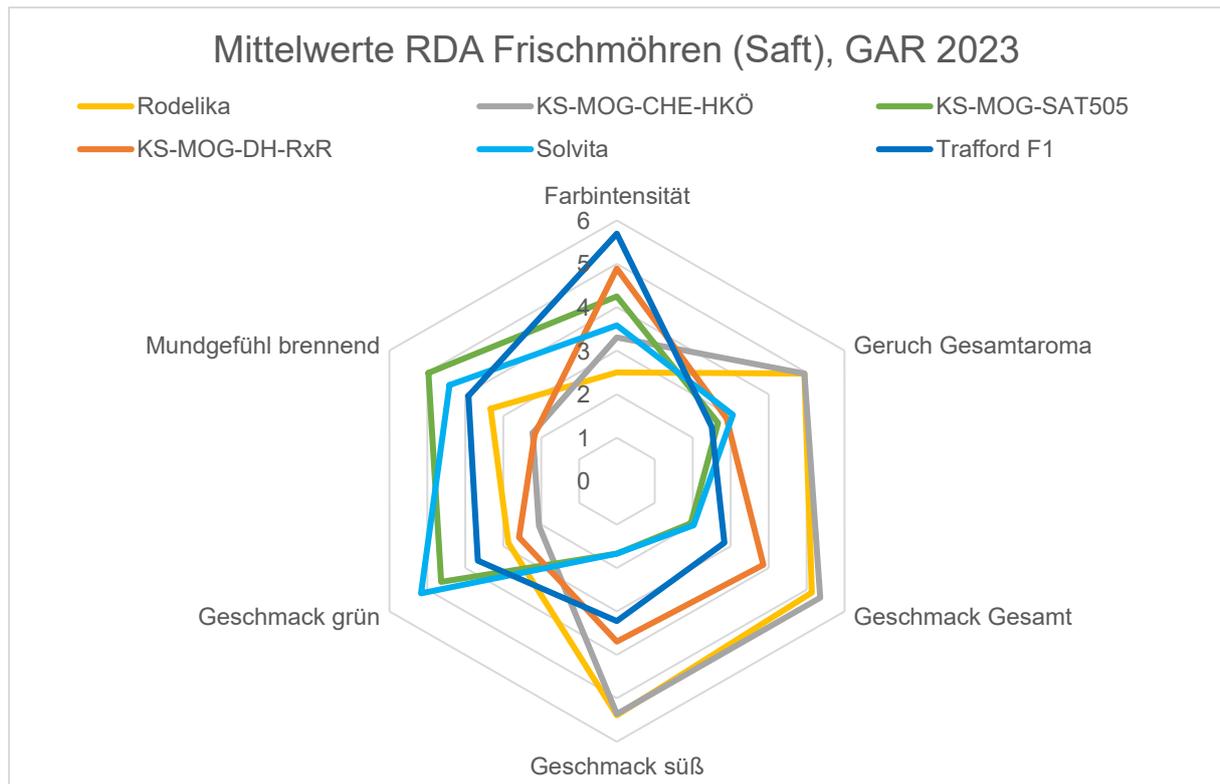


Abbildung 19: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RDA-Methode der Frischmöhren, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Dargestellt ist die Vergabe einer Rangordnung unter den sechs Sorten und Zuchtlinien mit Rang 1 bis 6 (Rang 1 = Kriterium am geringsten vorhanden, Rang 6= Kriterium am stärksten vorhanden).

Die Ergebnisse der Frischmöhrenverkostung aus dem Jahr 2023 vom Standort GAR zeigen für die RDA-Methode (Abbildung 19) durch die Kruskal-Wallis Anova für Rangsummen, dass KS-MOG-CHE-HKÖ (Md = 5,58, SA = 0,39) und Rodelika (Md = 5,33, SA=4,11) im Gesamtgeschmack führten. Dennoch ließen sich beim Gesamtgeschmack keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Gruppen auf Basis der mittleren Ränge nachweisen. Die Boxplots in Abbildung 20 zeigen Trends mit $p < 0,1$. Im Gesamtgeschmack unterschieden sich KS-MOG-SAT505 und Solvita von KS-MOG-CHE-HKÖ mit jeweils $p = 0,06$. Auch beim süßen Geschmack ließen sich Trends (Signifikanzniveau $p < 0,1$) aufzeigen. Hier unterschieden sich KS-MOG-SAT505 (Md = 1,83, SA = 0,44) und Solvita (Md = 1,50, SA = 0,29) jeweils von Rodelika (Md = 5,42, SA = 0,13) und KS-MOG-CHE-HKÖ (Md = 5,33, SA = 0,21). Bezüglich der Farbintensität führte auch 2023 Trafford F1 (Md = 5,67, SA = 0,21) und unterschied sich hier signifikant von KS-MOG-DH-RxR (Md = 1,67, SA = 0,38). Beim grünen Geschmack führten Solvita (Md = 5,17, SA = 0,17) und KS-MOG-SAT505 (Md = 4,42, SA = 0,69), wobei sich Solvita signifikant von KS-MOG-CHE-HKÖ (Md = 2,08, SA = 0,38) unterschied, welche den geringsten grünen Geschmack aller Sorten und Zuchtlinien aufwies. KS-MOG-SAT505 hinterließ das stärkste brennende Mundgefühl bei den Probanden (Md = 5,08, SA = 0,35) und unterschied sich hier signifikant von KS-MOG-RxR (Md = 2,33, SA = 0,52) mit den geringsten Werten.

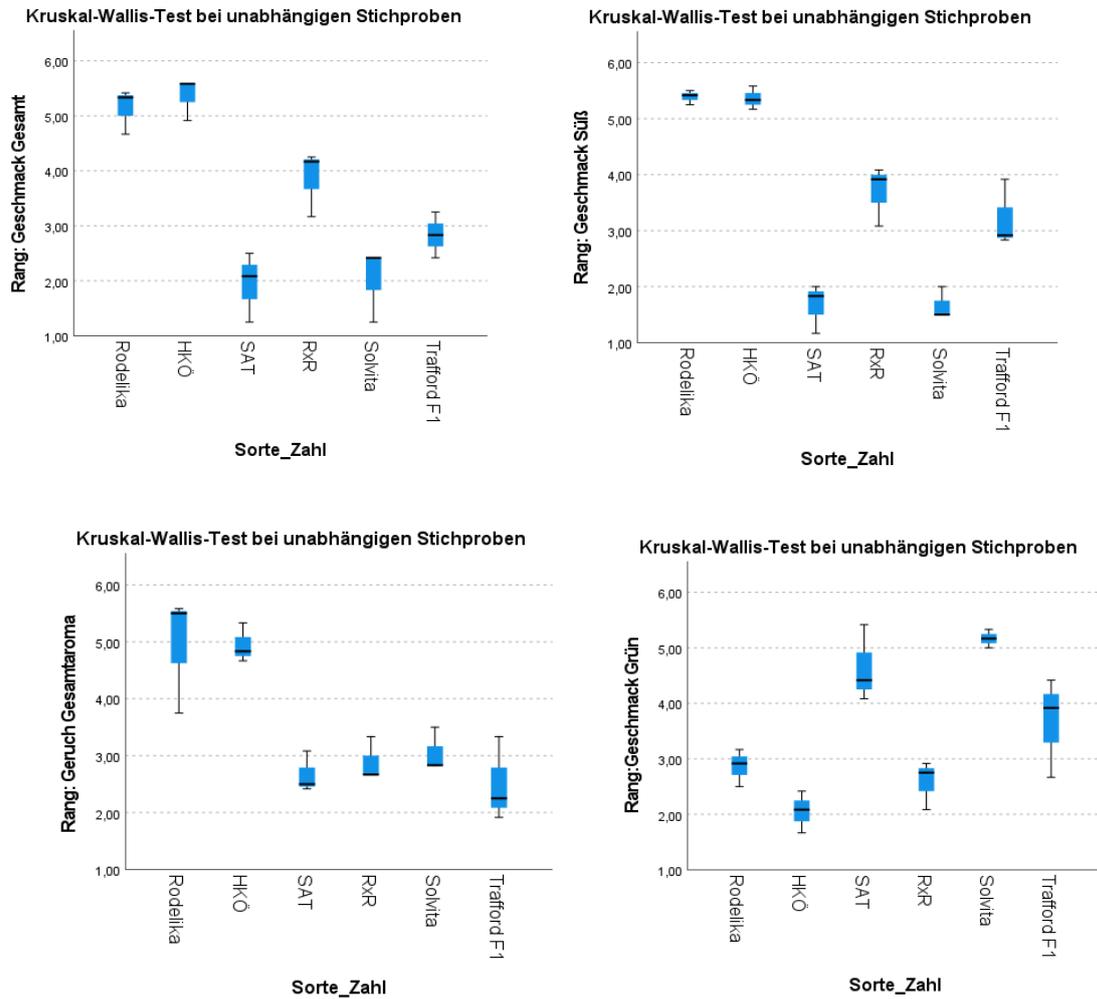


Abbildung 20: Ergebnisse der Kruskal-Wallis ANOVA der RDA-Ergebnisse für süßen Geschmack, Gesamtgeschmack, Farbintensität und grünen Geschmack der Frischmöhren vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Auf der X-Achse sind die sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien abgetragen, auf der Y-Achse der Median.

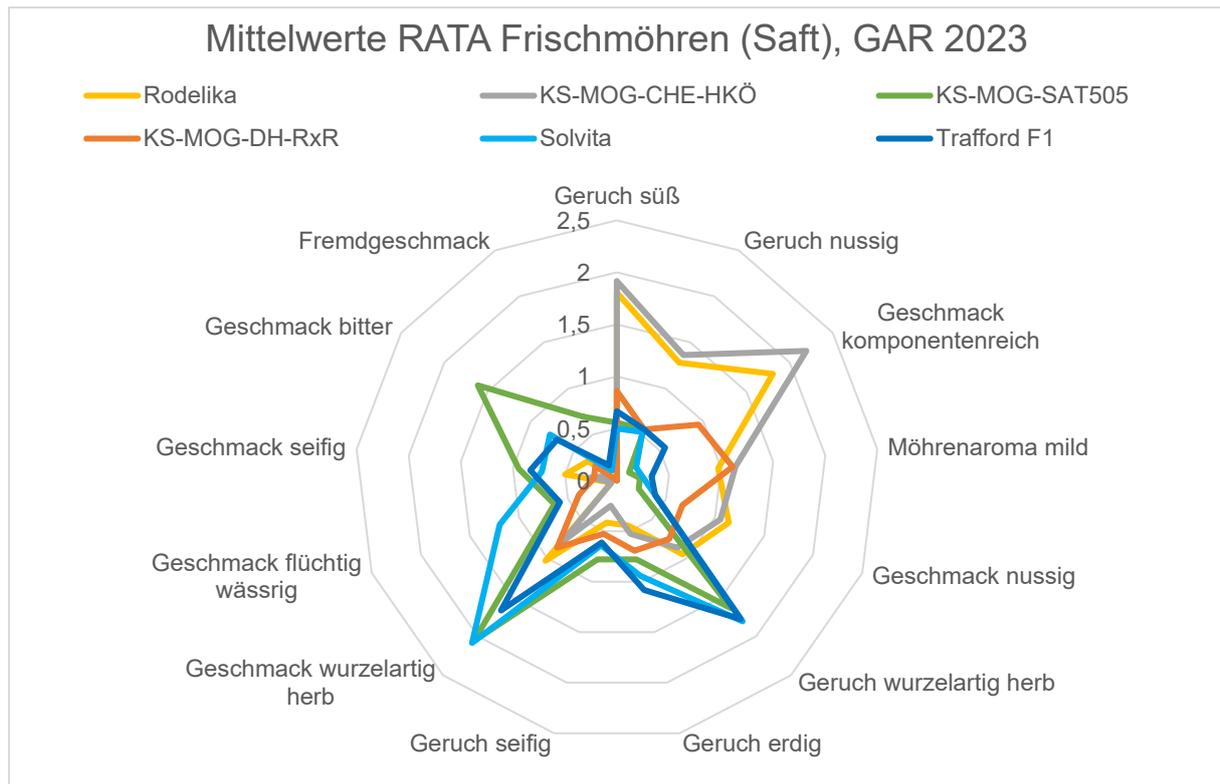


Abbildung 21: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RATA-Methode der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Dargestellt ist die Bewertung der einzelnen Attribute von 0 = nicht vorhanden bis 3 = stark vorhanden.

Im Jahr 2023 zeigte KS-MOG-CHE-HKÖ den komponentenreichsten Geschmack ($M = 2,19$ $SE = 0,10$), bildete damit eine statistische Untergruppe mit Rodelika ($M = 1,81$, $SE = 0,03$) in der RATA-Prüfung; die Mehrfachvergleiche für komponentenreichen Geschmack, wurzelartiger Geschmack, süßer Geruch und herber, wurzelartiger Geruch sind in Abbildung 22 aufgeführt. Dieses Muster fand sich auch bei süßem Geruch wieder. In allen drei Kategorien bildeten KS-MOG-CHE-HKÖ und Rodelika eine homogene Untergruppe mit den höchsten Werten und unterschieden sich signifikant von allen anderen Sorten und Zuchtlinien. Im komponentenreichen Geschmack wurde KS-MOG-SAT505 am geringsten bewertet ($M = 0,14$ $SE = 0,07$), unterschied sich jedoch nicht signifikant von Solvita und Trafford F1. Der herbe, wurzelartige Geruch war im Jahr 2023 nur noch bei drei von sechs Genotypen stark ausgeprägt, nämlich bei Solvita ($M = 1,81$ $SE = 0,07$), Trafford F1 ($M = 1,78$ $SE = 0,06$) und KS-MOG-SAT505 ($M = 1,64$ $SE = 0,15$). Ebenso verhielt es sich beim herben, wurzelartigen Geschmack: Solvita ($M = 2,01$ $SE = 0,05$), KS-MOG-SAT505 ($M = 2,01$ $SE = 0,32$) und Trafford F1 ($M = 1,67$ $SE = 1,67$) bildeten auch hier eine homogene Untergruppe mit den höchsten Werten. Auch im flüchtigen, wässrigen Geschmack unterschieden sich diese Genotypen von den restlichen dreien signifikant. KS-MOG-SAT505 zeigte den signifikant bittersten Geschmack ($M = 1,61$ $SE = 0,20$). Insgesamt teilten sich die Sorten und Zuchtlinien deutlich in zwei Gruppen, was sich in der Abbildung 21 zeigt: Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ dominierten die positiv belegten Attribute, gefolgt von KS-MOG-DH-RxR. Diese drei Genotypen wurden bei den negativ belegten Attributen insgesamt geringer bewertet als KS-MOG-SAT505, Solvita und Trafford F1, welche die negativ belegten Attribute sichtlich dominierten und bei den positiv belegten Attributen sehr gering bewertet wurden.

komponentenreicher Geschmack

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
SAT	3	,1389		
Solvita	3	,2222		
Trafford F1	3	,5556	,5556	
RxR	3		,9444	
Rodelika	3			1,8056
HKÖ	3			2,1944
Sig.		,300	,365	,365

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

süßer Geruch

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Solvita	3	,5000		
SAT	3	,5556	,5556	
Trafford F1	3	,6667	,6667	
RxR	3		,8611	
Rodelika	3			1,8056
HKÖ	3			1,9167
Sig.		,538	,068	,849

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

wurzelartig, herber Geschmack

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
HKÖ	3	,7778		
RxR	3	,8611		
Rodelika	3	1,0278	1,0278	
Trafford F1	3		1,6667	1,6667
SAT	3			2,0556
Solvita	3			2,0833
Sig.		,852	,100	,438

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

herber, wurzelartiger Geruch

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
RxR	3	,7500	
HKÖ	3	,8611	
Rodelika	3	,9444	
SAT	3		1,6389
Trafford F1	3		1,7778
Solvita	3		1,8056
Sig.		,776	,864

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Abbildung 22: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier Attribute der RATA-Prüfung der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien, untersucht als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023.

Wie im Jahr 2021 wurde ein Vergleich der aus dem Tank entnommenen Mischprobe mit dem in Flaschen konservierten „Feldfrischen Möhrensaft“ anhand der Dreiecksprüfungen vorgenommen. Dabei konnten die beiden Proben nicht unterschieden werden.

4.2.2.5 Möhrensäfte 2023

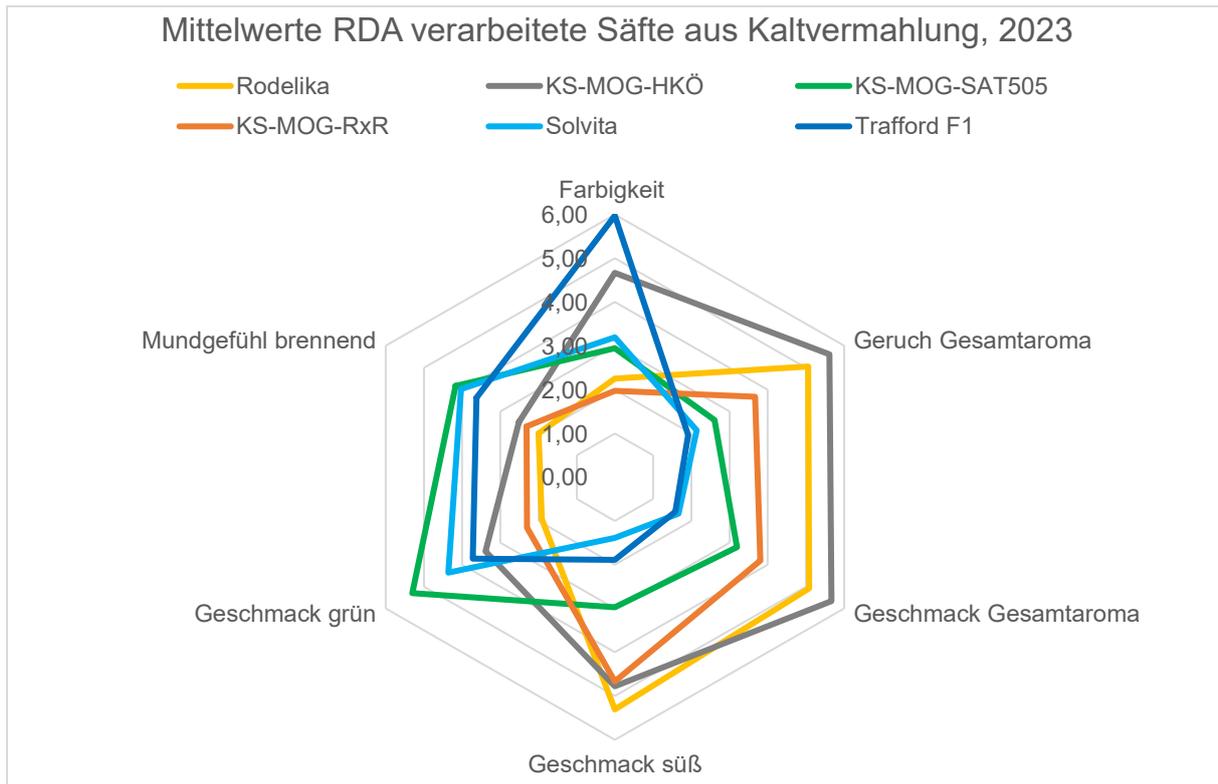


Abbildung 23: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RDA-Methode der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte im Jahr 2023. Dargestellt ist die Vergabe einer Rangordnung unter den sechs verarbeiteten Sorten und Zuchtlinien mit Rang 1 bis 6 (Rang 1 = Kriterium am geringsten vorhanden, Rang 6 = Kriterium am stärksten vorhanden).

Bei der Verkostung des verarbeiteten Saftes der Fa. Voelkel aus Kaltvermahlung von Möhren des Anbaujahres 2023 zeigen die Ergebnisse der RDA-Methode ein fast identisches Bild der Beurteilung im Vergleich zur Untersuchung der Rohware (Frishmöhren, verkostet als frisch gepresster Saft, vom Standort GAR im Anbaujahr 2023).

Auch hier führten Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ im Gesamtaroma von Geruch ($M = 5,06$ $SE = 0,03$ und $M = 5,61$ $SE = 0,07$) und Geschmack ($M = 5,08$ $SE = 0,08$ und $M = 5,67$ $SE = 0,05$) und der Süße ($M = 5,31$ $SE = 0,11$ und $M = 4,78$ $SE = 0,12$) und unterschieden sich mit $p > 0,001$ von Trafford F1, Solvita, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-DH-RxR. Beim süßen Geschmack konnten KS-MOG-DH-RxR nicht mehr von KS-MOG-CHE-HKÖ unterschieden werden, und auch zwischen Rodelika und KS-MOG-DH-RxR reduzierte sich das Signifikanzniveau von $p = 0,001$ bei den Frishmöhren auf $p = 0,004$ bei den Säften. Besonders ausgeprägt war ein grüner Geschmack bei KS-MOG-SAT505 ($M = 5,31$ $SE = 0,06$), Solvita ($M = 4,36$ $SE = 0,14$) und Trafford F1 ($M = 3,72$ $SE = 0,29$). Auffallend war die hohe Farbintensität von Trafford F1 ($M = 5,97$ $SE = 0,03$), die sich bis auf KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 4,67$ $SE = 0,05$), signifikant von den anderen Genotypen unterschied. Wie bei den Frishmöhren zeigten bei dem kaltvermahlenden Saft wiederum KS-MOG-SAT505 ($M = 4,18$ $SE = 0,31$) und Solvita ($M = 4,04$ $SE = 0,16$) das stärkste brennende Mundgefühl.

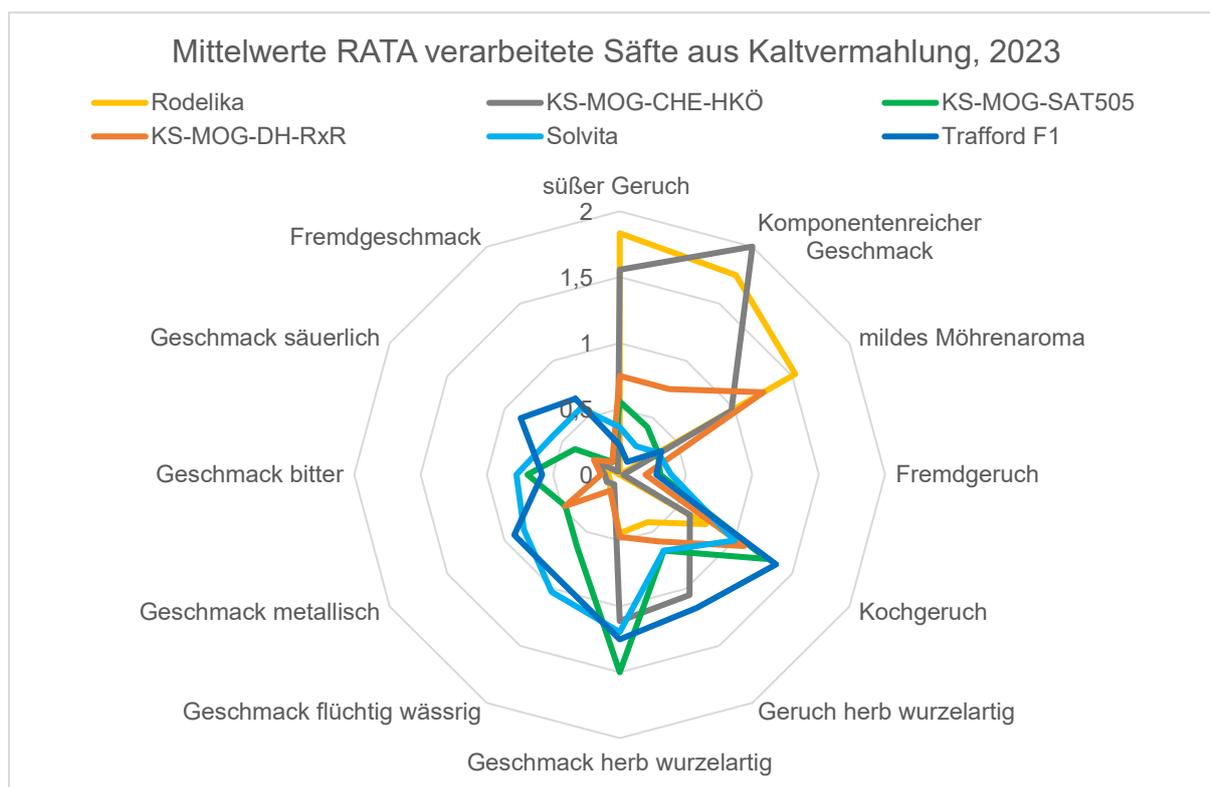


Abbildung 24: Ergebnisse der Sensorik-Auswertung mit der RATA-Methode der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023. Dargestellt ist die Bewertung der einzelnen Attribute von 0 = nicht vorhanden bis 3 = stark vorhanden.

Bei der Entwicklung der geschmacksrelevanten Attribute im Vorfeld der Sensorikuntersuchungen entschied die Panelgruppe, die den verarbeiteten Saft beschreibenden Attribute gegenüber den Attributen der Frischmöhren entsprechend anzupassen. Durch die Safftherstellung konnten weder ein nussiger Geruch, noch ein nussiger Geschmack mehr festgestellt werden. Auch die Komponenten erdiger Geruch oder seifiger Geschmack wurden im verarbeiteten Möhrensaft als nicht mehr relevant eingestuft. Dagegen wurden zusätzliche Merkmale wie ein Kochgeruch, ein metallischer und ein säuerlicher Geschmack festgestellt und in die Attributliste für die Bewertung mit der RATA-Methode aufgenommen.

Für die positiv konnotierten Attribute süßer Geruch und Komponentenreicher Geschmack konnten wiederum KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 0,52$ $SE = 0,07$ und $M = 0,67$ $SE = 0,08$) und Rodelika ($M = 0,61$ $SE = 0,02$ und $M = 0,58$ $SE = 0,03$) eine homogene Untergruppe mit der höchsten Bewertung bilden und hoben sich signifikant $p > 0,001$ von allen anderen Genotypen ab. Auffallend war bei der Bewertung der verarbeiteten Säfte, dass KS-MOG-CHE-HKÖ im Attribut flüchtig, wässriger Geschmack höher als bei der Verkostung der Frischmöhren bewertet wurde ($M = 0,37$ $SE = 0,02$) und sich hierbei signifikant von Rodelika ($M = 0,15$ $SE = 0,02$) und KS-MOG-DH-RxR ($M = 0,05$ $SE = 0,00$) unterschied. Dominierend in den negativ konnotierten Merkmalen waren wie bei den Frischmöhren KS-MOG-SAT505, Solvita, und Trafford F1. Während im neu hinzugekommenen Attribut Geschmack säuerlich zwei homogene Untergruppen mit KS-MOG-SAT505, Solvita, und Trafford F1 einerseits sowie Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-RxR andererseits gebildet werden konnten, war eine Untergruppierung bei Geschmack metallisch nicht möglich.

Geruch süß

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Tukey-HSD ^a Trafford F1	3	,0741		
Solvita	3	,1204	,1204	
KS-MOG-SAT505	3	,1852	,1852	
KS-MOG-DH-RxR	3		,2500	
KS-MOG-CHE-HKÖ	3			,5185
Rodelika	3			,6111
Sig.		,235	,129	,402

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.
a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Geschmack komponentenreich

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Tukey-HSD ^a Trafford F1	3	,0370		
Solvita	3	,0833	,0833	
KS-MOG-SAT505	3	,1389	,1389	
KS-MOG-DH-RxR	3		,2500	
Rodelika	3			,5833
KS-MOG-CHE-HKÖ	3			,6667
Sig.		,428	,069	,623

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.
a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Geschmack säuerlich

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
Tukey-HSD ^a Rodelika	3	,0278	
KS-MOG-CHE-HKÖ	3	,0370	
KS-MOG-DH-RxR	3	,0463	
Trafford F1	3		,1944
KS-MOG-SAT505	3		,2315
Solvita	3		,2593
Sig.		,948	,086

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.
a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Geschmack metallisch

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.
		1
Tukey-HSD ^a Rodelika	3	,0463
KS-MOG-DH-RxR	3	,0556
KS-MOG-SAT505	3	,1296
KS-MOG-CHE-HKÖ	3	,1481
Solvita	3	,2222
Trafford F1	3	,2870
Sig.		,196

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.
a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Abbildung 25: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier Attribute der RATA-Prüfung der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023.

4.2.3 Kupferchlorid-Kristallisation

4.2.3.1 Computerbasierte Auswertung der Kupferchlorid-Kristallisationsbilder

Für die computerbasierte Auswertung sind die Ergebnisse der Frischmöhren von den drei Standorten GAR, KHOH, TAU aus den Anbaujahren 2020, 2021 und 2023 sowie die Ergebnisse der im Jahr 2021 bei Fa. Voelkel hergestellten Möhrensäfte aufgelistet. Zuerst wurde von allen Daten eine Grafik von FratioMin versus die additive Menge erstellt, die darstellt, inwieweit die Bedingung erfüllt wurde, dass das vorhandene Qualitätssignal stärker war als die zusätzlichen Einwirkungen von Tageseinfluss und dem Einfluss von zwei Kristallisationskammern. Die jeweils zweite Grafik stellt den Median der paarweisen F-Werte versus die additive Menge dar. Dabei wurde die Unterscheidbarkeit der einzelnen Möhrenproben zueinander geprüft. Die Formen der Bilder hängen stark von der Menge des Zusatzes, also dem Probenmaterial ab (Selawry 1957, Petterson 1969, Andersen 2003, Busscher 2019), sodass anzunehmen war, dass dies auch in den F-Werten der Image Analysis zu sehen sein würde.

Der Datensatz mit dem maximalen FratioMin-Wert wird ausführlicher dargestellt. Die Daten für den Datensatz werden gelistet, und eine mögliche Clusterung wird angegeben. Für den Algorithmus und die additive Menge des Datensatz mit dem maximalen FratioMin werden die F- und die p-Werte für die Qualität, Kristallisationskammer, Tag und die Interaktionen versus dem ROI dargestellt.

4.2.3.2 Frischmöhren 2020

Standort GAR:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die Fratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven Menge.

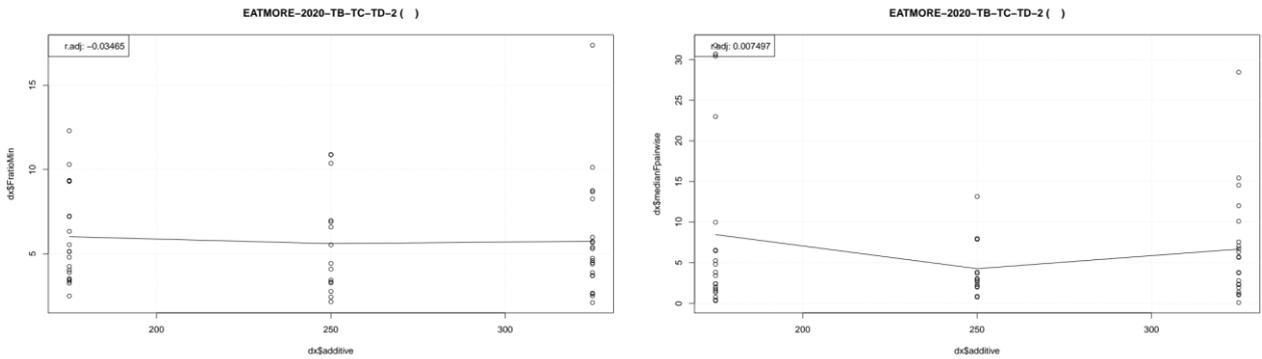


Abbildung 26: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. GAR, 2020.

Abbildung 26 zeigt die Ergebnisse für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer sowie Interaktionen). (algorithm="structure-v1cf", ROI="20-40", variable name="d29cf", additive=325). Es konnte eine Clusterung in drei Gruppen vorgenommen werden.

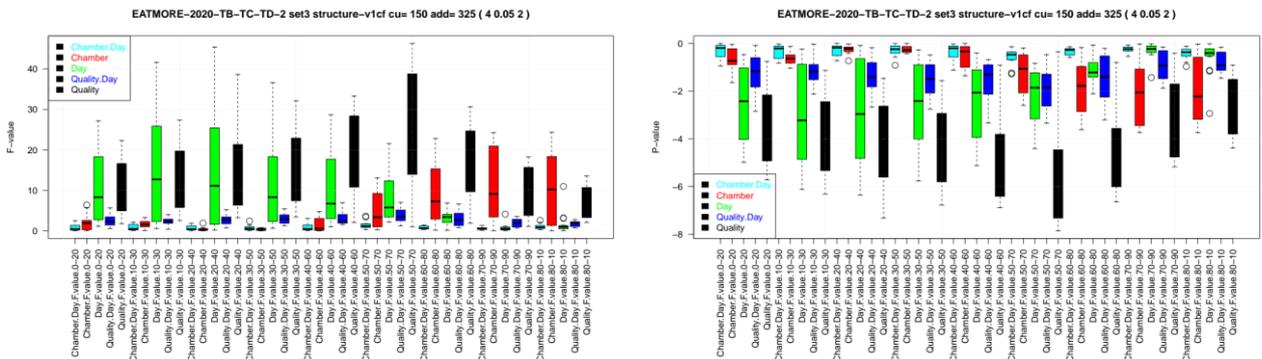


Abbildung 27: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kristallisationskammer: Rot, Qualität.Tag: Blau, Kristallisationskammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. GAR, 2020.

In Abbildung 27 kann erkannt werden, dass die Qualität (schwarz) insbesondere bei einem ROI 40-50, 50-70 und 60-80 diesen Algorithmus zeigt. Bei einem niedrigeren ROI zeigt sich ein stärkerer Einfluss des Tages (grün), während sich bei höheren ROI ein stärkerer Einfluss der Kristallisationskammern (rot) abbildet. Die beste Trennung für den höchsten Wert von FratioMin ist bei einem ROI von 20-40 zu erkennen.

Standort KHOH:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die Fratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven-Menge.

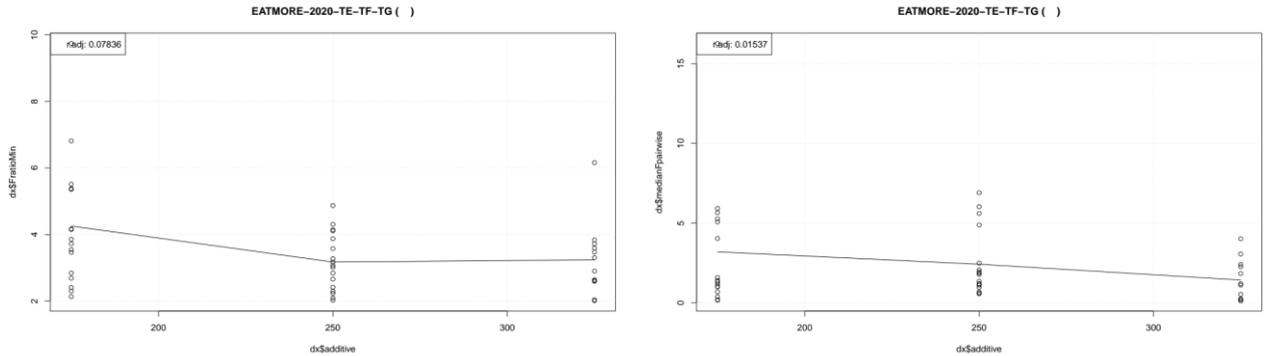


Abbildung 28: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. KHOH, 2020.

In Abbildung 28 sind die Ergebnisse für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen) abgebildet. (algorithm="structure-v1", ROI="50-70", variable="d134", additive=175). Es konnte eine Clustering in drei Gruppen vorgenommen werden.

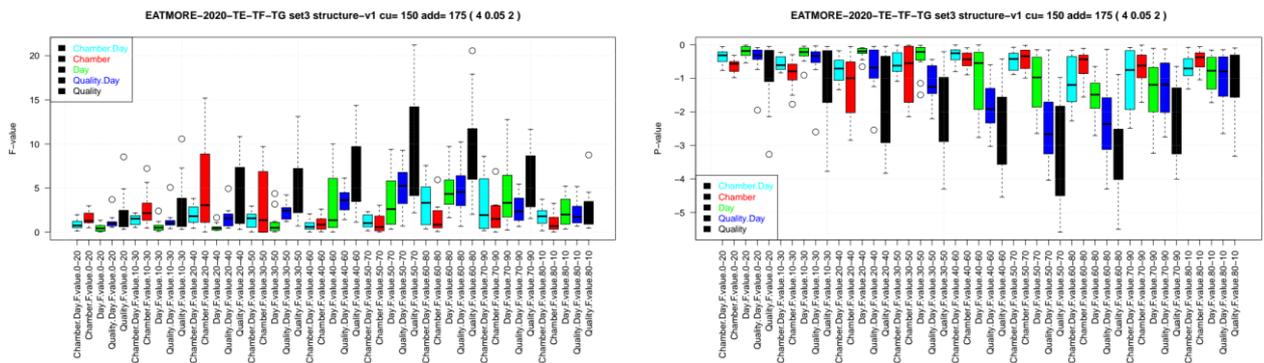


Abbildung 29: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kristallisationskammer: Rot, Qualität.Tag: Blau, Kristallisationskammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben, KHOH, 2020.

Auch am Standort KHOH ist ein sehr deutliches Signal der Qualität (schwarz) zu erkennen, d.h. dass die computerbasierte Auswertung bestätigt Qualitätsunterschiede der Möhrenproben (Abbildung 29). Der erhöhte Interaktionsterm von Qualität.Tag (blau) deutet auf eine Änderung der Proben über die drei Messtage hin; hier könnte es sich möglicherweise um Alterungseinflüsse über die Zeit handeln.

Standort TAU:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die Fratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven Menge.

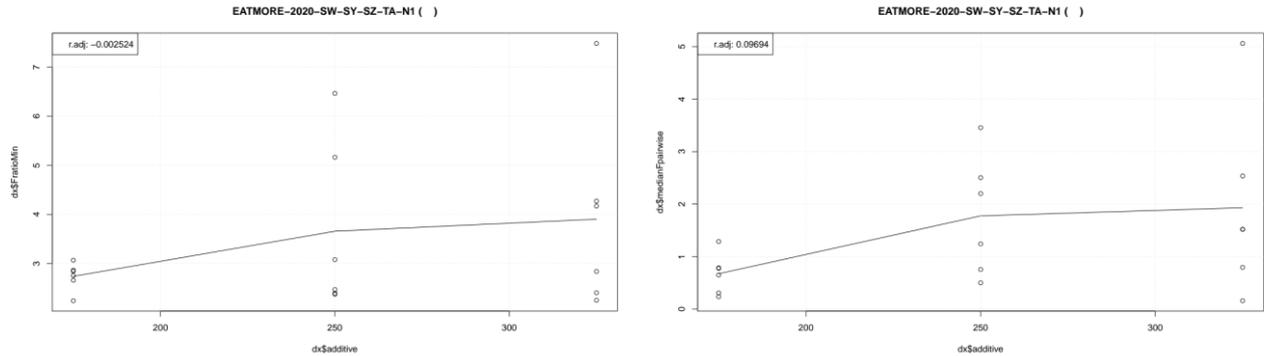


Abbildung 30: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROIs. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. TAU, 2020.

In Abbildung 30 sind die Ergebnisse für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen) abgebildet. (algorithm="structure-v1cf", ROI="80-10", variable="d150cf", additive=325).

Es konnte eine Clusterung in drei Gruppen vorgenommen werden.

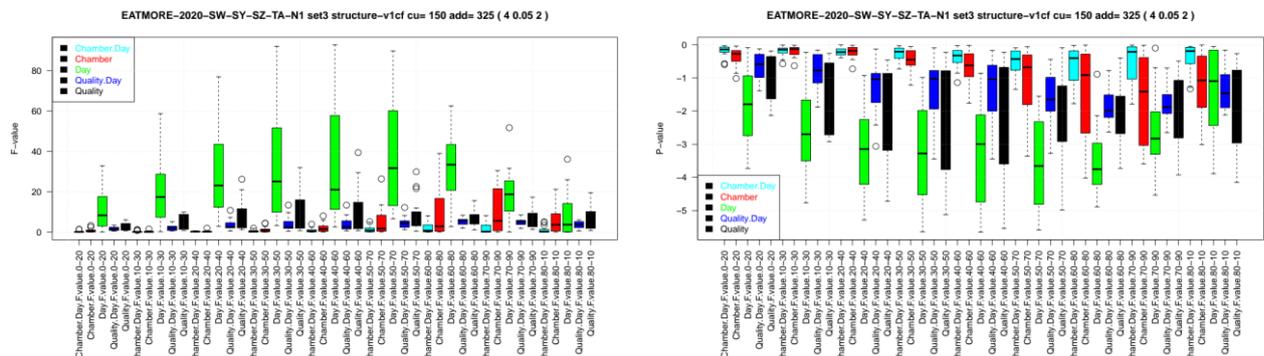


Abbildung 31: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Qualität.Tag: Blau, Kristallisationskammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben, TAU, 2020.

Die Untersuchung der Frischmöhren vom Standort TAU war im ersten Projektjahr 2020 ein Sonderfall. Hier wurden die Proben an vier Versuchstagen untersucht, jedoch mit zusätzlichen Konzentrationen, um die optimalen drei Konzentrationen des Additivs zu bestimmen. Effektiv standen für jede Möhrensorte bzw. -zuchtlinie nur zwei Tageswiederholungen zur Verfügung, die aber einer Tagesvariation von 4 Tagen unterlagen. Daher deuten die im Vordergrund stehenden grünen Balken in Abbildung 31 auf eine erhöhte Tagesvariation hin. Dennoch ist anhand der schwarzen Balken ebenfalls eine klare Unterscheidung der Möhrenvarianten durch die Qualität erkennbar.

4.2.3.3 Frischmöhren 2021

Standort GAR:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die F-ratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven Menge.

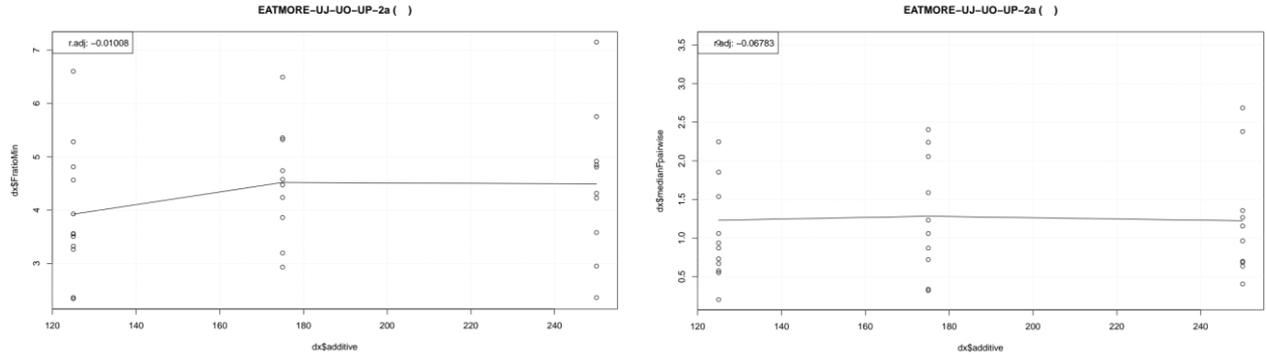


Abbildung 32: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianPairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.

Mit einem Maximum bei 3,0 sind die medianPairwise F-Werte im Vergleich zu den anderen Anbau Ergebnissen sehr gering.

In Abbildung 32 sind die Ergebnisse für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen) abgebildet. (algorithm="polar-angular-Texture-2ndorder", ROI="20-40", variable="sum_variance", additive=250). Es konnte eine Clustering in drei Gruppen vorgenommen werden.

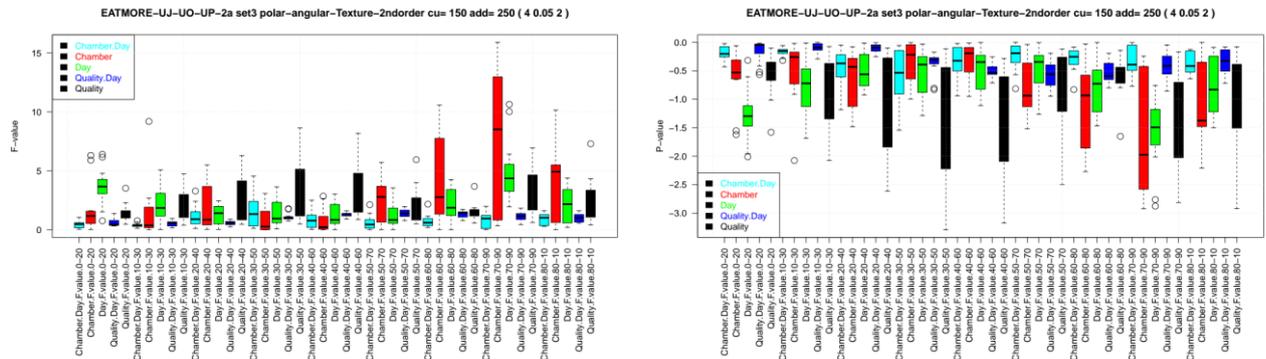


Abbildung 33: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort GAR, 2021.

Die F-Werte für die Qualität (schwarz) sind bei einem ROI von 20-40, 30-50 und 40-60 am deutlichsten ausgeprägt (Abbildung 33).

Standort KHOH:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die F-ratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven Menge.

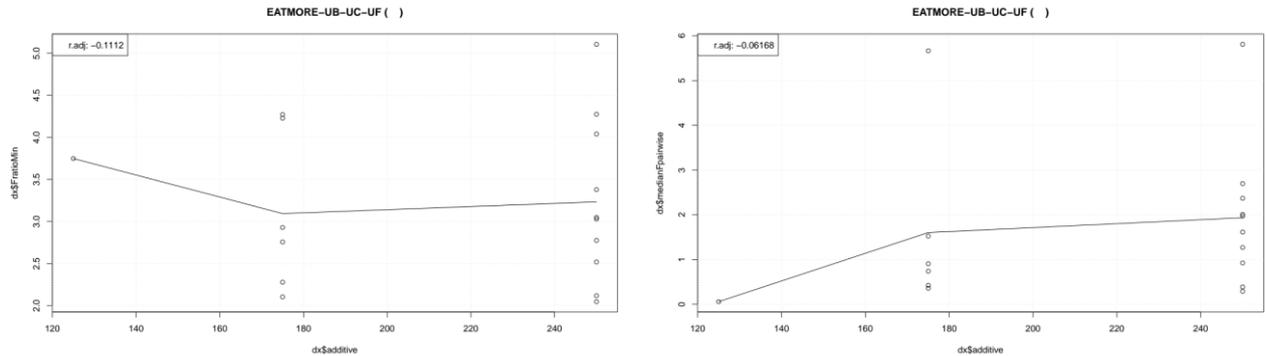


Abbildung 34: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.

Abbildung 34 zeigt die Ergebnisse für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen). (algorithm="",ROI="70-90", variable="sum_entropy", additive=250). Es konnte eine Clustering in drei Gruppen vorgenommen werden, die nachfolgend in Abbildung 35 zu sehen ist.

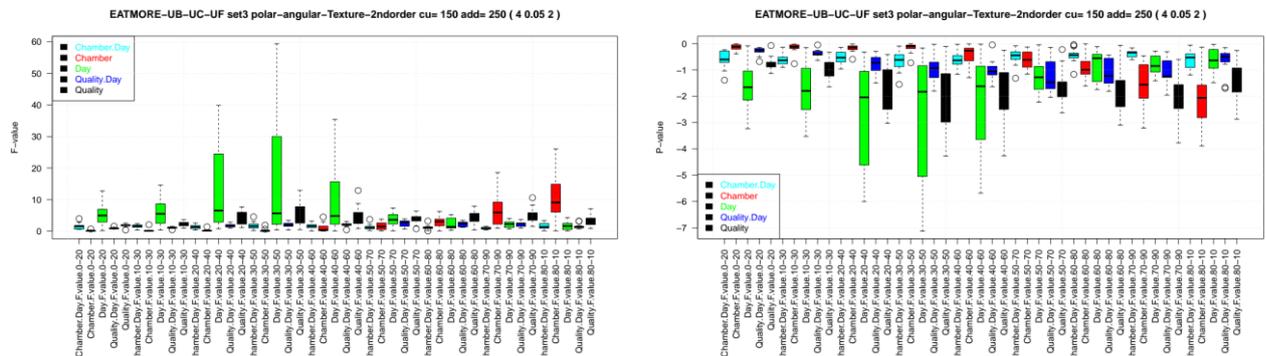


Abbildung 35: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort KHOH, 2021.

Für den Algorithmus polar-angular-Texture-2ndorder bei den Möhrenproben von KHOH zeigen die F- und p-Werte das Verhalten, das starke Tageseinflüsse (Grün) bei den niedrigen ROI und die Kristallisationskammereinflüsse (Rot) stärker bei größeren ROI 70-90 und 80-100 vorhanden sind, während die Qualität (schwarz) am stärksten im mittleren ROI Bereich von 50-70 bis ROI 70-90 ausgeprägt ist.

Standort TAU:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die F-ratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven Menge.

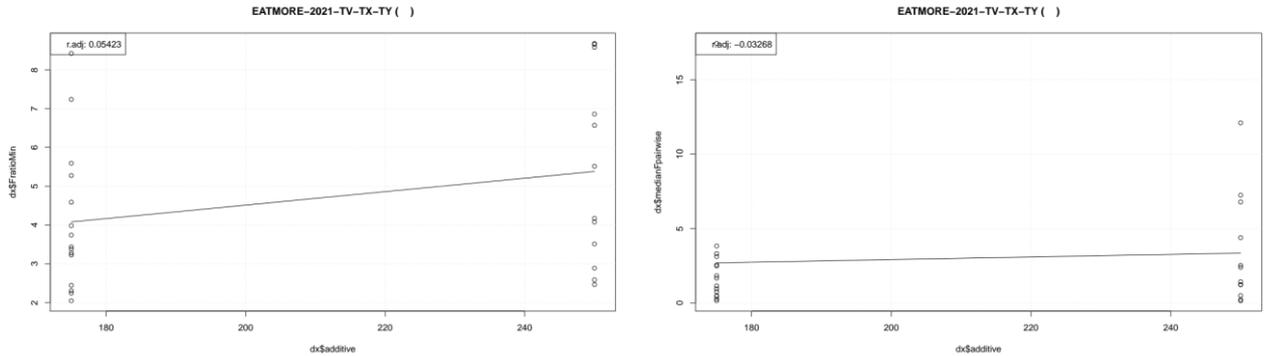


Abbildung 36: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.

Die Ergebnisse werden für den höchsten Wert von FratioMin (Beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen) abgebildet (Abbildung 36, algorithm="structure-v1cf", ROI="50-70", variable="d0cf", additive=250).

Es konnte eine Clustering in drei Gruppen vorgenommen werden (Abbildung 37).

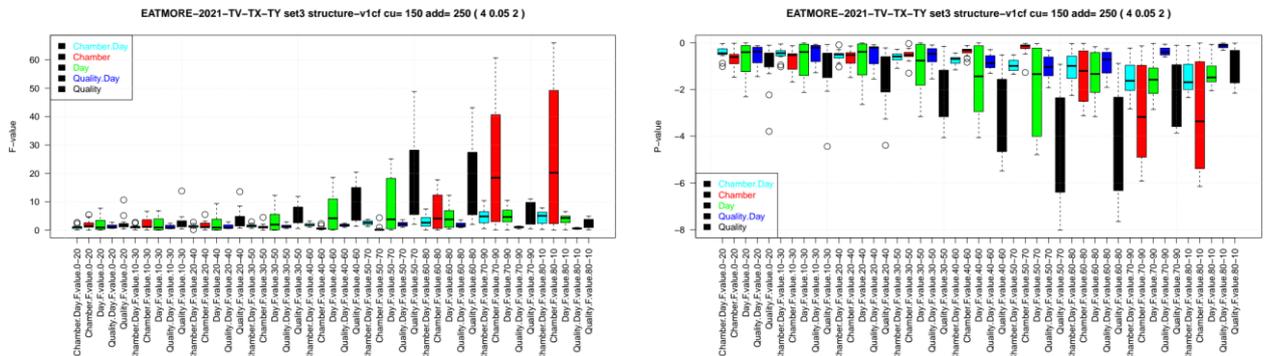


Abbildung 37: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort TAU, 2021.

Am Standort TAU konnte die computerbasierte Auswertung sehr eindeutig alle Möhrensorten nach Qualität trennen.

4.2.3.4 Frischmöhren 2023

Standort GAR:

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Die F-ratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additiven Menge (Abbildung 38).

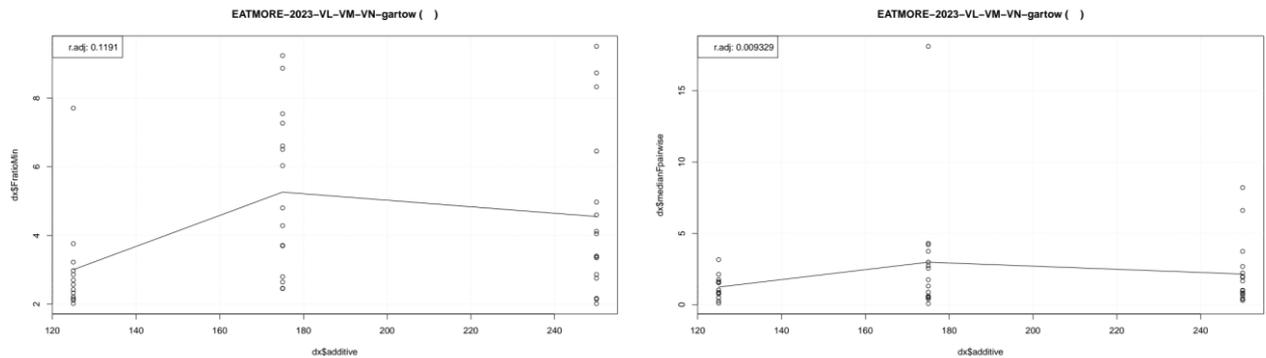


Abbildung 38: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianPairweise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.

Die Ergebnisse werden für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen) abgebildet. (algorithm="structure-v1", ROI="40-60", variable="d48", additive=250).

Es konnte eine Clustering in drei Gruppen vorgenommen werden (Abbildung 39).

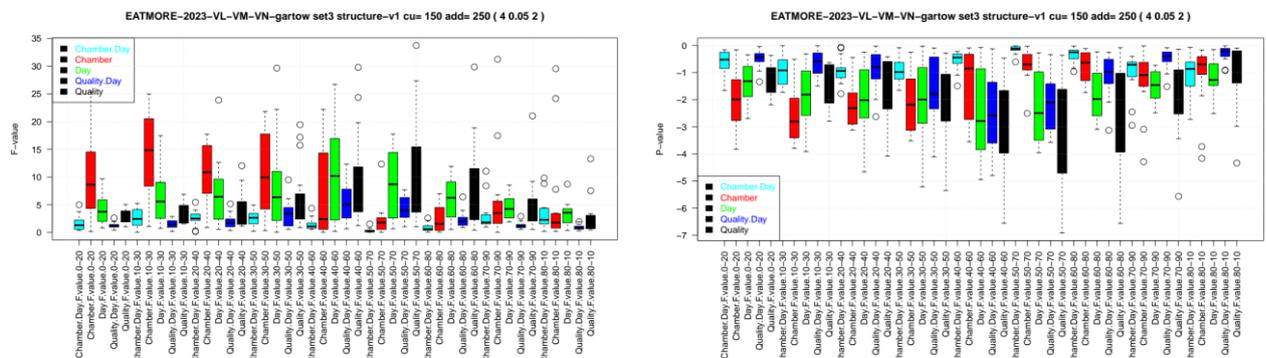


Abbildung 39: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Standort GAR, 2023.

Im Bereich der unteren ROI-Werten ist ein starker Einfluss von Kristallisationskammer (rot), Tag (grün) und Quality.Tag (blau) zu sehen. Erst ab einem ROI von 40-60 bis ROI 70-90 wird das Qualitätssignal (schwarz) stärker.

4.2.3.5 Möhrensäfte 2021

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung gefunden werden. Die F-ratio-Werte und der Median der paarweisen F-Werte korrelierten nicht mit der additive Menge (Abbildung 40).

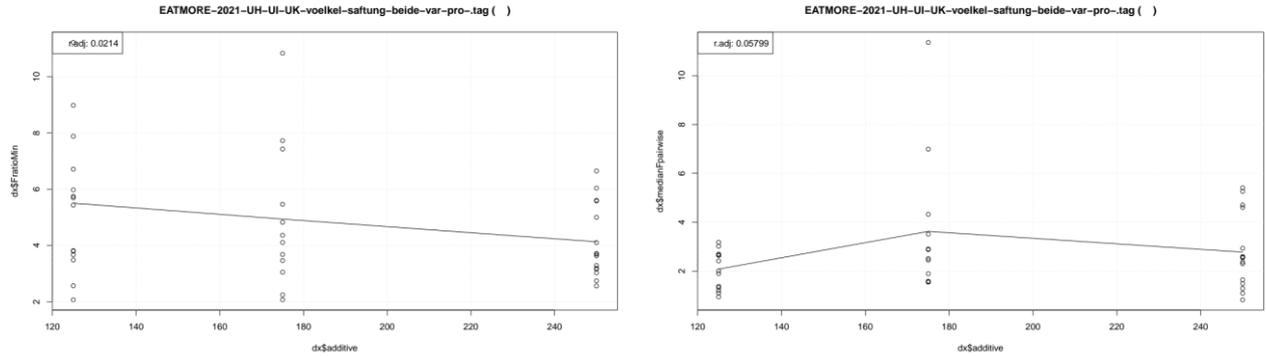


Abbildung 40: Links: FratioMin versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI. Rechts: medianFpairwise versus additive Menge für alle Algorithmen und ROI.

Die Ergebnisse werden für den höchsten Wert von FratioMin (beste Trennung des Qualitätssignals von Tag und Kristallisationskammer, sowie Interaktionen) abgebildet. (algorithm="structure-v2", ROI="60-80", variable="Isplit", additive=125). Es konnte eine Clusterung für sechs Gruppen vorgenommen werden (Abbildung 41).

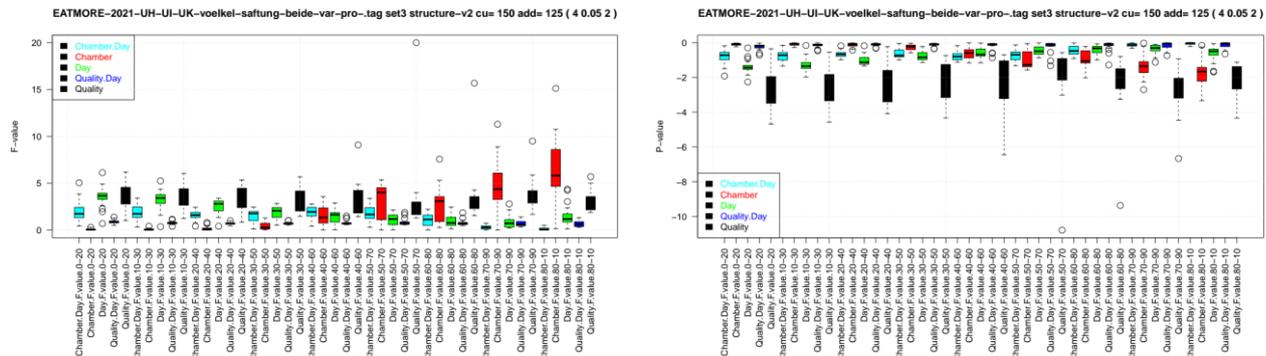


Abbildung 41: Links: F-Werte der ANOVA über alle Proben versus ROI für Qualität: Schwarz, Tag: Grün, Kammer: Rot, Quality.Tag: Blau, Kammer.Tag: Cyan. Rechts: p-Werte der ANOVA über alle Proben. Verarbeiteter Saft Fa. Voelkel, 2021.

Das Signal für Qualität (schwarz) ist bei der Saftverarbeitung über den gesamten ROI-Bereich vorhanden, während es beim Sortenvergleich der frischen Möhren auf ROI im mittleren Bereich eingeschränkt vorhanden war.

Die computerbasierte Auswertung lässt klare Unterscheidungen der Kristallbilder über den gesamten Versuchszeitraum erkennen, dabei ist das Signal der Qualitätsunterschiede in höherem Maße vorhanden als die Tagesabhängigkeiten oder der Einfluss der Kristallisationskammern.

4.2.3.6 Visuelle Auswertung der Kupferchlorid-Kristallisationsbilder

4.2.3.7 Frischmöhren 2020

Tabelle 31: Minimum (Min), Maximum (Max), Median, Interquartilabstand (Iqr) Mittelwert (Mean), Standardabweichung (Sd), Standardfehler (Se) und Konfidenzintervall Ci für die Berechnung des Friedman-Tests der Frischmöhren vom Standort TAU im Anbaujahr 2020 der Kristallbildauswertung durch das visuelle Experten-Panel.

Sorte/Zuchtlinie	Variable	n	Min	Max	Median	Iqr	Mean	SD	SE	CI
KS-MOG-CHE-HKÖ	Rang	28	1	5	4	1,25	3,571	1,136	0,215	0,441
KS-MOG-DH-RxR	Rang	28	1	5	3	2	3	1,217	0,23	0,472
KS-MOG-SAT505	Rang	28	1	4	1	1	1,786	1,101	0,208	0,427
Rodelika	Rang	28	1	6	2	1	2,536	1,319	0,249	0,511
Solvita	Rang	28	1	6	5	1	5,25	1,076	0,203	0,417
Trafford F1	Rang	28	2	6	5,5	2	4,857	1,38	0,261	0,535

Auf Grundlage der Auswertung der Kristallbilder der untersuchten Möhrengenotypen vom Standort TAU im Anbaujahr 2020 durch das Experten-Panel wurde eine mittlere Rangordnungszahl errechnet (Median in Tabelle 31). Daraus ergab sich eine Rangfolge der sechs Sorten und Zuchtlinien von qualitativ „hoch“ bis „gering“:

KS-MOG-SAT505 - Rodelika - KS-MOG-DH-RxR - KS-MOG-CHE-HKÖ - Trafford F1 - Solvita

Die paarweisen Vergleiche zur Ermittlung der qualitativen Rangfolge sowie der Clusterbildung zeigten signifikante Unterschiede zwischen mehreren Proben (vgl. Abbildung 42).

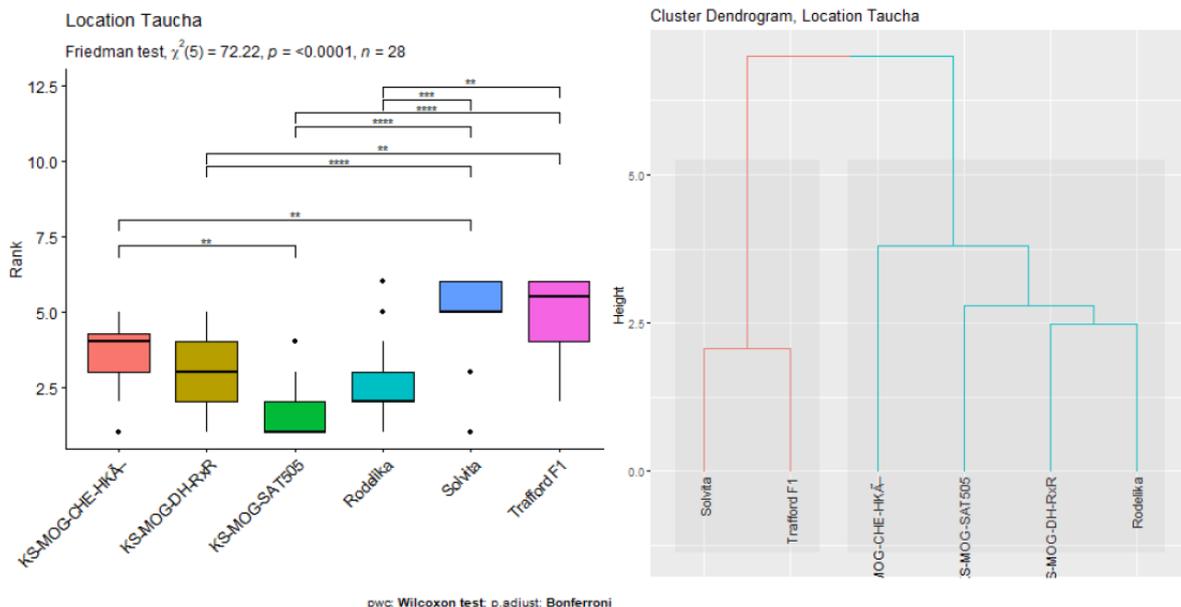


Abbildung 42: Qualitative Rangfolge der mit dem visuellen Experten-Panel ausgewerteten Kristallbilder der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort TAU im Anbaujahr 2020 und deren Clusterbildung.

Am Standort TAU unterschied sich KS-MOG-CHE-HKÖ mit $p < 0,01$ von KS-MOG-SAT505 und Solvita. KS-MOG-DH-RxR zeigte genauso wie Rodelika eine signifikante Unterscheidung zu Solvita ($p < 0,001$) und Trafford F1 ($p < 0,01$). Auch das qualitative Ranking von KS-MOG-SAT505 unterschied sich von Solvita und Trafford F1 ($p < 0,001$). Im Dendrogramm (Abbildung

42, rechts) bilden Trafford F1 und Solvita ein eigenes Cluster, welches auf vergleichbaren visuellen Bewertungskriterien beruht. Dies gilt ebenfalls für die zweite Clusterbildung von KS-MOG-SAT505, KS-MOG-DH-RxR und Rodelika und etwas abseits des zweiten Clusters KS-MOG-CHE-HKÖ.

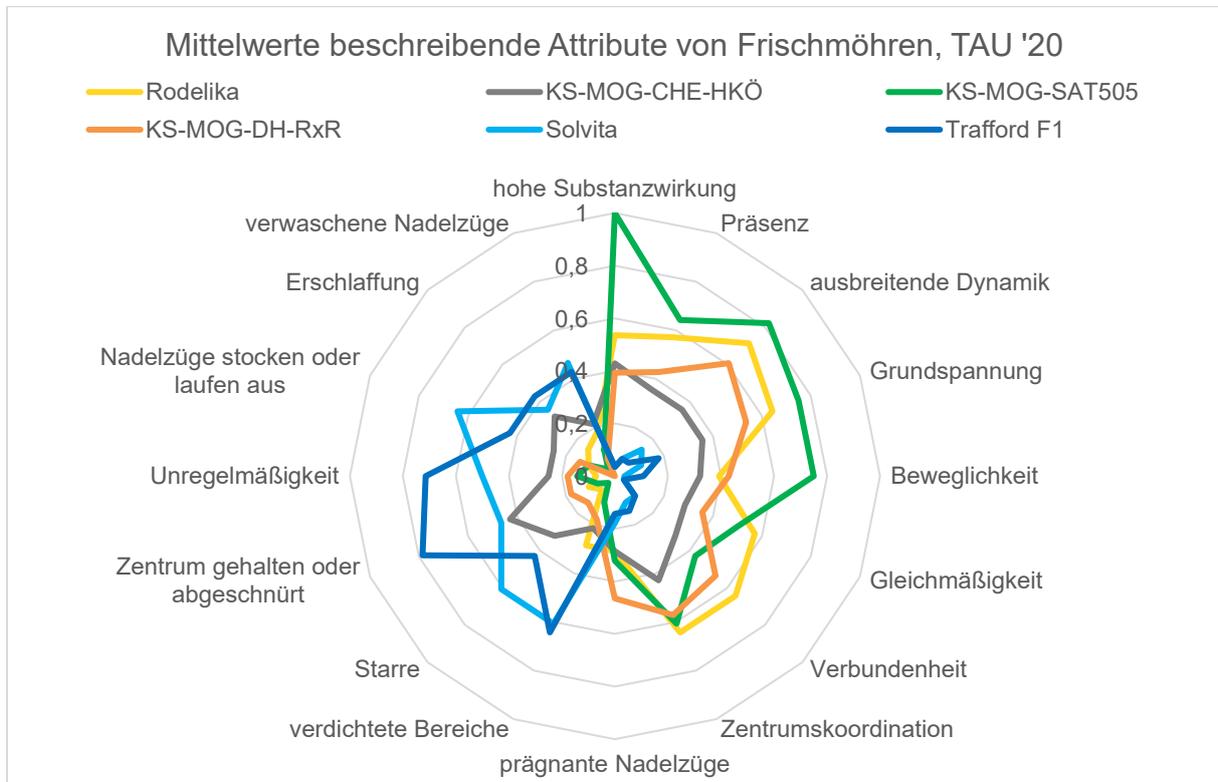


Abbildung 43: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort TAU im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Das Spinnendiagramm in Abbildung 43 stellt 16 ausgewählte Bildmerkmale dar. Die Grafik gruppiert die positiv konnotierten Bildmerkmale von hoher Substanzwirkung bis prägnante Nadelzüge auf der rechten Seite, während die negativ konnotierten Bildmerkmale von verdichtete Bereiche bis verwaschene Nadelzüge auf der linken Seite aufgetragen sind. Die Rangfolge der Gesamtqualität aus Tabelle 31 stimmt sehr gut mit den einzelnen beschreibenden Merkmalen überein. So hatte die am höchsten bewertete Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 die höchste Bewertung bei hoher Substanzwirkung, Präsenz, ausbreitende Dynamik und Beweglichkeit, während Rodelika insbesondere durch Gleichmäßigkeit, Verbundenheit und Zentrumskoordination der einzelnen Bilder auffiel. KS-MOG-DH-RxR, deren Gesamtqualität auf Rang drei bewertet wurde, zeigte einen etwas geringeren Ausschlag bei den Nennungen der positiv konnotierten Merkmale. Bei allen drei genannten Möhrenvarianten war gleichzeitig ein sehr geringes Maß an negativ konnotierten Merkmalen vorhanden. Die auf Platz vier bewertete Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ zeigte sowohl ein Vorhandensein positiver Bildmerkmale, als auch einen leicht erhöhten Ausschlag bei den Negativattributen. Deutlich grenzten sich Solvita und Trafford F1 davon im Spiderweb ab. Hier sind sehr geringfügige positive Nennungen zu erkennen, während negative Bildmerkmale überwogen. Bei Trafford F1 traten die beiden Attribute Unregelmäßigkeit bei der Bildgestaltung und ein zusammengezogenes Kristallisationszentrum in den Vordergrund.

Tabelle 32: Minimum, Maximum, Median, Interquartilabstand Mittelwert, Standardabweichung, Standardfehler und Konfidenzintervall χ^2 für die Berechnung des Friedmann-Tests der Frischmöhren Standort KHOH 2020 der Kristallbildauswertung durch das visuelle Experten-Panel.

Sorte/Zuchtlinie	Variable	n	Min	Max	Median	Iqr	Mean	SD	SE	CI
KS-MOG-CHE-HKÖ	Rang	35	1	5	3	3	3,4	1,397	0,236	0,48
KS-MOG-DH-RxR	Rang	35	2	5	3	2	3,2	0,933	0,158	0,321
KS-MOG-SAT505	Rang	35	1	5	2	1	2,457	1,12	0,189	0,385
Rodelika	Rang	35	1	6	1	2	2,086	1,652	0,279	0,567
Solvita	Rang	35	1	6	6	1	5,343	1,259	0,213	0,432
Trafford F1	Rang	35	2	6	5	2	4,514	1,337	0,226	0,459

Auf Grundlage der Auswertung der Kristallbilder der untersuchten Möhrengenotypen vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020 durch das Experten-Panel wurde eine mittlere Rangordnungszahl (Median in Tabelle 32) errechnet. Daraus ergab sich eine Rangfolge der sechs Sorten und Zuchtlinien von qualitativ „hoch“ bis „gering“:

Rodelika - KS-MOG-SAT505 - KS-MOG-DH-RxR - KS-MOG-CHE-HKÖ - Trafford F1 – Solvita.

Die paarweisen Vergleiche zur Ermittlung der qualitativen Rangfolge sowie der Clusterbildung zeigten signifikante Unterschiede zwischen mehreren Proben (vgl. Abbildung 44, links).

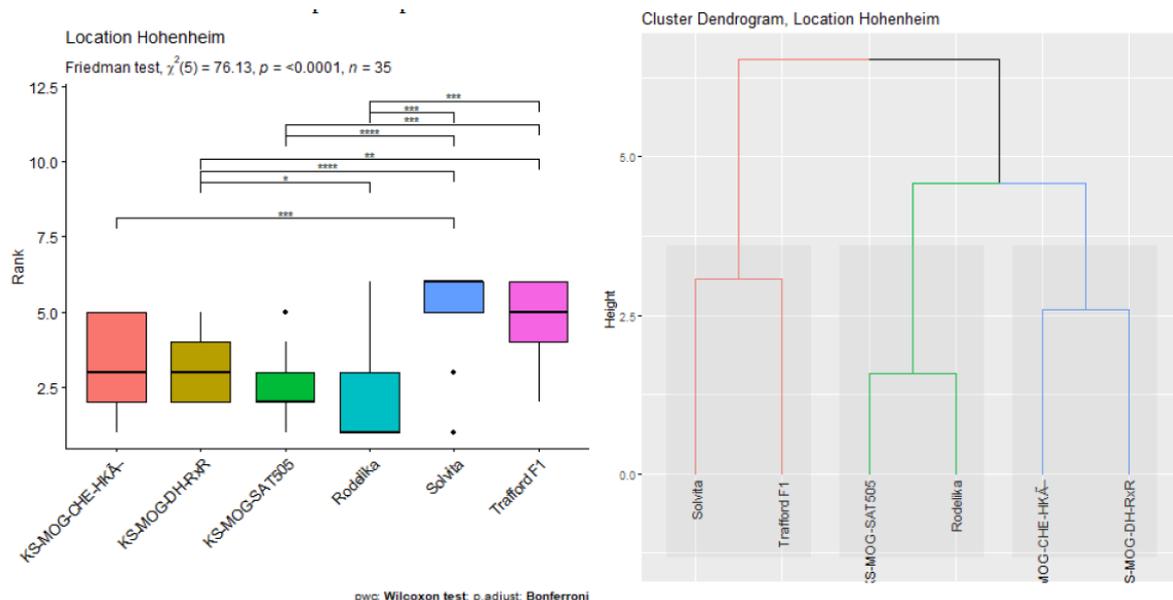


Abbildung 44: Qualitative Rangfolge der mit dem visuellen Experten-Panel ausgewerteten Kristallbilder der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020 und deren Clusterbildung.

Am Standort KHOH (Abbildung 44) unterschieden sich KS-MOG-CHE-HKÖ, Rodelika, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-DH-RxR signifikant von Solvita ($p < 0,001$), und Trafford F1 differenzierte statistisch gesichert zu Rodelika, KS-MOG-SAT505 ($p < 0,001$) und KS-MOG-DH-RxR ($p < 0,01$). Wie bei den Frischmöhrenproben vom Standort TAU zeigten Solvita und Trafford F1 auch am Standort KHOH die am schwächsten bewertete Qualität. Außerdem war zwischen Rodelika und KS-MOG-DH-RxR ein Unterschied ($p < 0,05$) festzustellen. Das Dendrogramm im rechten Teil von Abbildung 44 wiederum für Trafford F1 und Solvita eine eigene Clusterbildung auf vergleichbaren visuellen Bewertungskriterien. Zusätzlich bildeten

Rodelika und KS-MOG-SAT505 und separat auch KS-MOGDH-RxR und KS-MOG-CHE-HKÖ jeweils ein Cluster, welches mit den Rangbewertungen (siehe Tabelle 7) übereinstimmte.

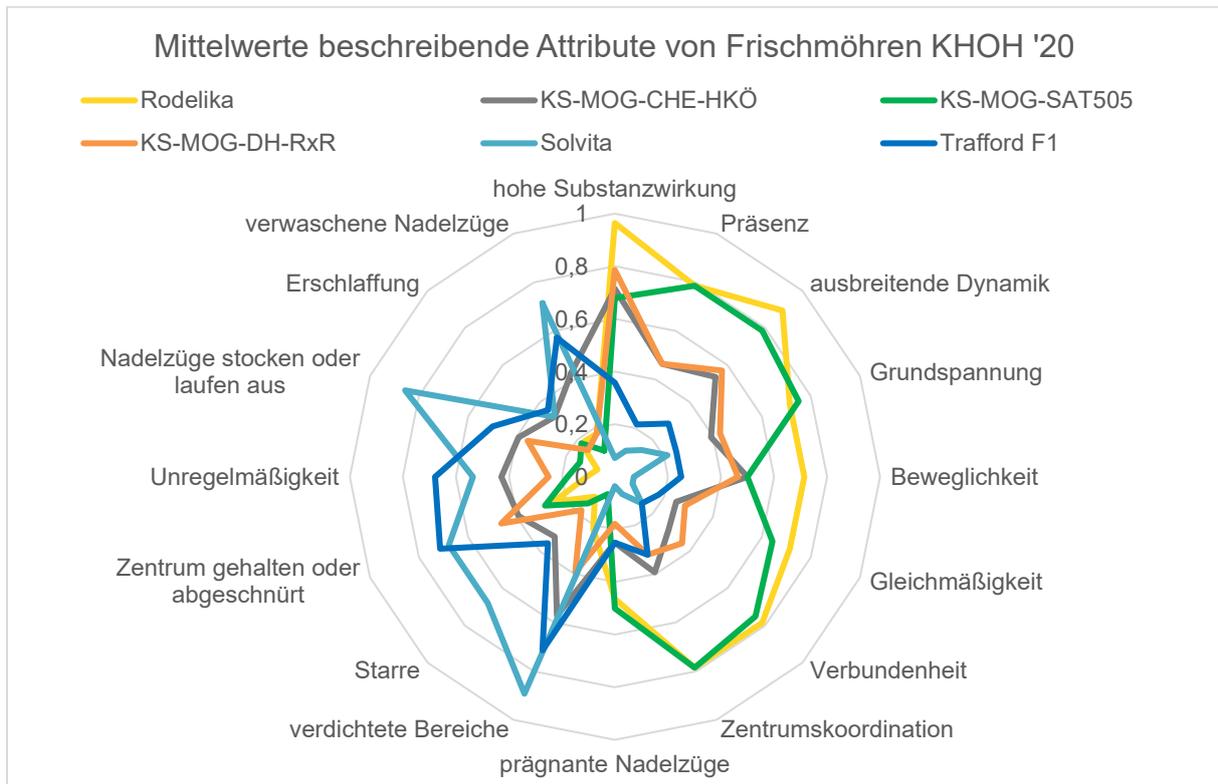


Abbildung 45: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Auch bei den Frischmöhrenproben vom Standort KHOH (Abbildung 45) war ein ähnliches Bewertungsbild der Einzelmerkmale wie bei TAU festzustellen. Hier dominierten die positiv konnotierten Bildmerkmale von Rodelika vor denen der Zuchtlinie KS-MOG-SAT505, beide Möhrenvarianten ließen wiederum kaum Negativattribute erkennen und hoben sich positiv gegenüber den anderen Genotypen ab. KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-CHE-HKÖ zeigten ein ähnliches Niveau bei den positiven Merkmalen. KS-MOG-CHE-HKÖ hatte allerdings eine höhere Anzahl an negativ ausgeprägten Merkmalen als KS-MOG-DH-RxR. Umgekehrt sah es bei Solvita und Trafford F1 aus. Bei beiden Genotypen dominierten die negativen Bildmerkmale im Vergleich zur geringen Ausprägung positiver Attribute. Die Bewertungen der einzelnen Attribute stimmten mit der Beurteilung der Gesamtqualität (Tabelle 32) überein.

Tabelle 33: Minimum, Maximum, Median, Interquartilabstand Mittelwert, Standardabweichung, Standardfehler und Konfidenzintervall χ^2 für die Berechnung des Friedmann-Tests der Frischmöhren Standort GAR 2020 der Kristallbildauswertung durch das visuelle Experten-Panel.

Sorte/Zuchtlinie	Variable	n	Min	Max	Median	Iqr	Mean	SD	SE	CI
KS-MOG-CHE-HKÖ	Rang	35	1	5	4	1	3,429	1,119	0,189	0,384
KS-MOG-DH-RxR	Rang	35	1	6	2	1	2,543	1,172	0,198	0,722
KS-MOG-SAT505	Rang	35	1	6	3	1	3,086	1,245	0,211	0,428
Rodelika	Rang	35	2	6	5	1,5	4,857	1,061	0,179	0,365
Solvita	Rang	35	1	6	6	1	5,314	1,255	0,212	0,431
Trafford F1	Rang	35	1	5	1	1	1,771	1,285	0,17	0,442

Auf Grundlage der Auswertung der Kristallbilder der untersuchten Möhrengenotypen vom Standort GAR im Anbaujahr 2020 durch das Experten-Panel wurde eine mittlere Rangordnungszahl (Median in Tabelle 33) **Tabelle 32** errechnet. Daraus ergab sich eine Rangfolge der sechs Sorten und Zuchtlinien von qualitativ „hoch“ bis „gering“:

Trafford F1 - KS-MOG-DH-RxR - KS-MOG-SAT505 - KS-MOG-CHE-HKÖ - Rodelika - Solvita

Die paarweisen Vergleiche ergaben verschiedene statistisch gesicherte Unterschiede, die Abbildung 46 als Boxplot (links) und Dendrogramm (rechts) illustriert.

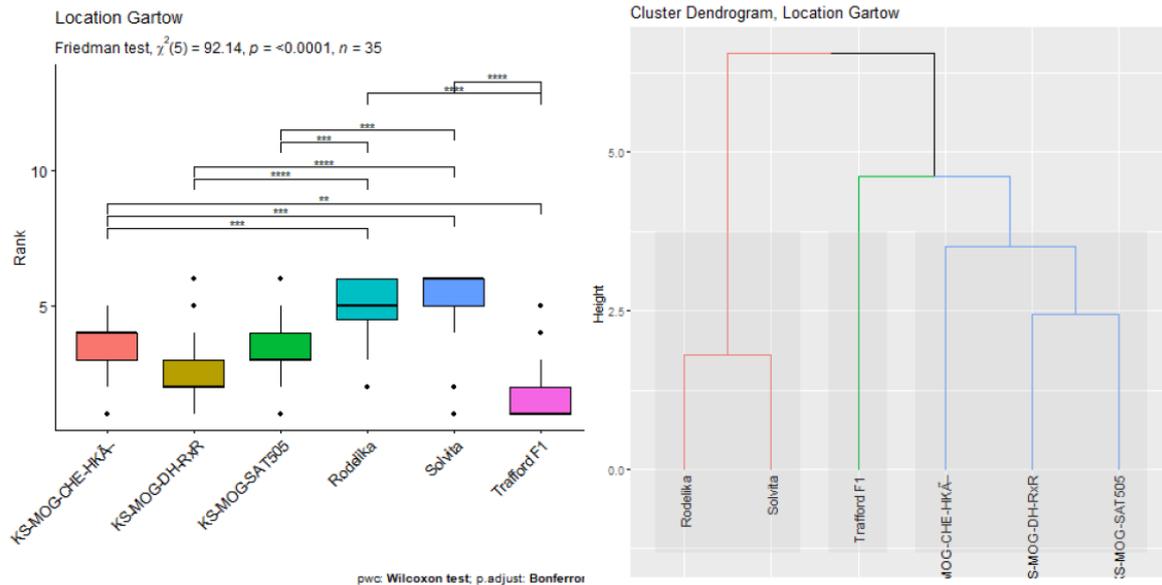


Abbildung 46: Qualitative Rangfolge der mit dem visuellen Experten-Panel ausgewerteten Kristallbilder der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2020 und deren Clusterbildung.

Die qualitative Bewertung der Frischmöhren vom Standort GAR (Abbildung 46) durch das Experten-Panel ergab eine stark abweichende Rangfolge der Genotypen (Tabelle 33) im Vergleich zu den Rangfolgen der Standorten TAU und KHOH. Trafford F1 erschien hier auf Rang 1 mit einer signifikanten Unterscheidung zu Solvita und Rodelika ($p < 0,001$) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($p < 0,01$). KS-MOG-CHE-HKÖ unterschied sich ebenfalls von Solvita und Rodelika ($p < 0,001$) wie auch die beiden Zuchtlinien KS-MOG-Dh-RxR und KS-MOG-SAT505. Das Dendrogramm zeigt in Abbildung 46, dass Rodelika und Solvita am Standort GAR ein eigenes Cluster bildeten. Ebenso wurden KS-MOG-DH-RxR, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ gruppiert, während Trafford F1 ein mehr oder weniger separates Cluster bildete. Die Clusterbildung passte mit der Rangordnung (Tabelle 33) zusammen.

Die Ausprägung der der qualitativen Bewertung zu Grunde liegenden Einzelbildmerkmale ist im Spinnendiagramm in Abbildung 47 dargestellt. Die Bewertung der Einzelbildmerkmale der Frischmöhren vom Standort GAR fiel weniger eindeutig aus als bei den Proben von TAU und KHOH. Dies ist auch.

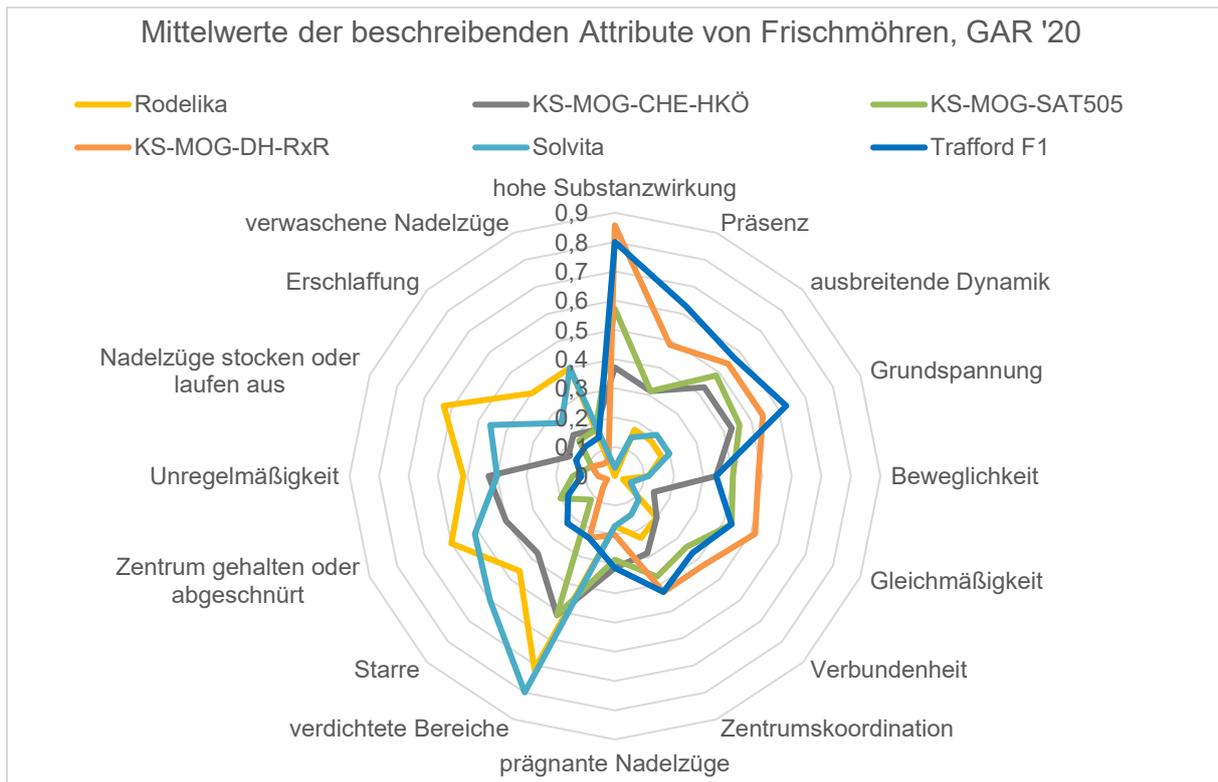


Abbildung 47: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2020. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Im Vergleich zur Bewertung an den Standorten TAU und KHOH zeigte Rodelika in GAR eine sehr geringe Qualität, insbesondere durch wenig vorhandene positiv konnotierte Bildmerkmale. Zusammen mit Solvita weisen die Ausprägungen der Attribute am Standort GAR auf einen geringen Ausreifungsgrad dieser beiden Sorten hin. Umgekehrt reduzierten sich bei Trafford F1 die negativ konnotierten Attribute zu Gunsten positiver Bildmerkmale. Das Qualitätsniveau ähnelte demjenigen von KS-MOG-DH-RxR, gefolgt von KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ. Bei KS-MOG-CHE-HKÖ fällt zudem auf, dass Nennungen positiver Bildmerkmale auch immer begleitet sind von solchen im negativ konnotiertem Bereich.

4.2.3.8 Frischmöhren 2021 und 2023

Die Ergebnisse der Frischmöhrenuntersuchungen des Anbaujahres 2021 zeigten bei der Auswertung der Kristallbilder durch das Experten-Panel vergleichbare Ergebnisse für alle drei Standorte. Exemplarisch werden die signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten und Zuchtlinien für den Standort KHOH aufgeführt sowie nachfolgend die Mittelwerte der bildbeschreibenden Attribute für den Standort GAR.

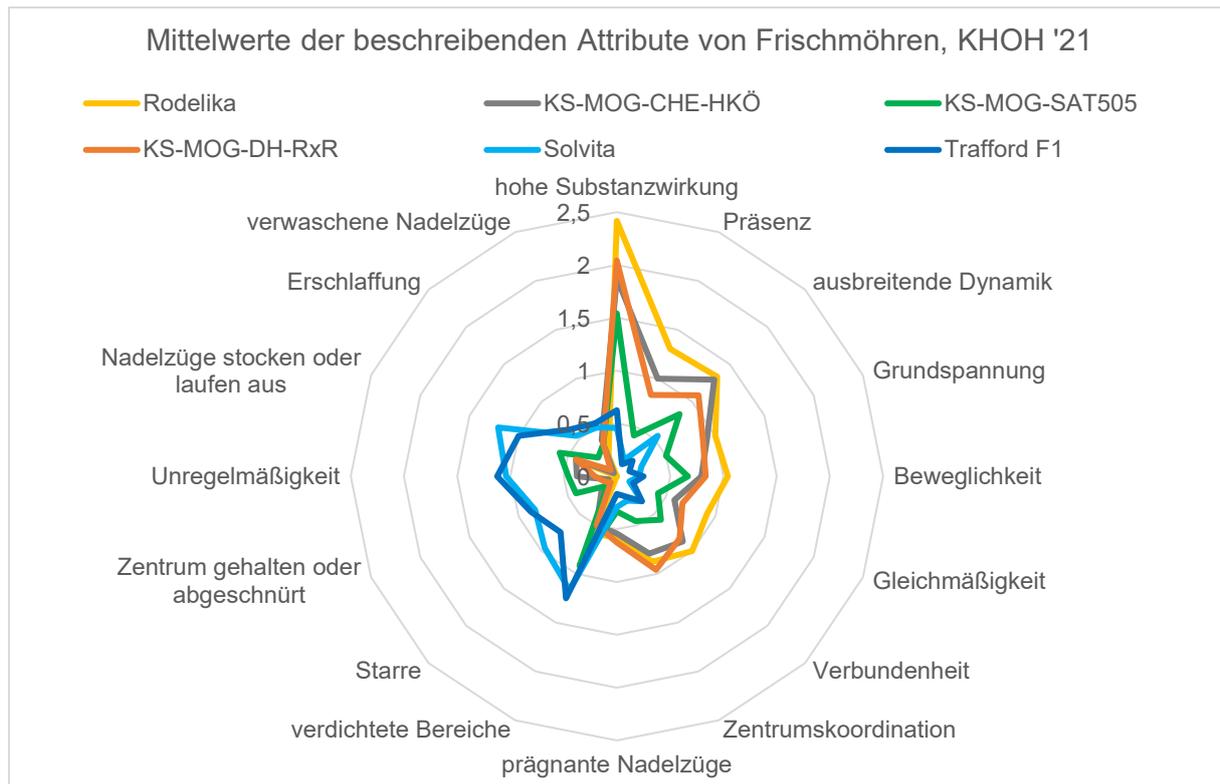


Abbildung 48: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2021. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Die Ergebnisse der Kupferchlorid-Kristallisation von Frischmöhren vom Standort KHOH des Anbaujahres 2021 sind in Abbildung 48 dargestellt. Rodelika wurde in allen positiv belegten Merkmalen der Kristallbilder am höchsten bewertet, unterschied sich jedoch in keinem der Merkmale signifikant von KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-SAT505. Die hohe Bewertung der Substanzwirkung von Rodelika ($M = 2,82$ SE = 0,12), KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 2,20$ SE = 0,18), KS-MOG-DH-RxR ($M = 1,54$ SE = 0,23) und KS-MOG-SAT505 ($M = 2,04$ SE = 0,15) unterschied sich signifikant von Solvita ($M = 0,46$ SE = 0,08) und Trafford F1 ($M = 0,6$ SE = 0,0).

Beim Merkmal Präsenz konnten Rodelika ($M = 1,25$ SE = 0,22) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 1,0$ SE = 0,013) signifikant von KS-MOG-DH-RxR ($M = 0,42$ SE = 0,08), Solvita ($M = 0,17$ SE = 0,04) und Trafford F1 ($M = 0,13$ SE = 0,0) unterschieden werden, während KS-MOG-SAT505 ($M = 0,83$ SE = 0,08) nur von Solvita und Trafford F1 zu unterscheiden war. Bei allen positiv konnotierten Merkmalen wurden Solvita und Trafford F1 als Untergruppe am geringsten bewertet und umgekehrt zeigten die negativ konnotierten Merkmale signifikant die höchsten Bewertungen. So unterschieden sich Solvita ($M = 0,83$ SE = 0,08) und Trafford F1 ($M = 0,88$ SE = 0,07) signifikant in dem Attribut Zentrum gehalten oder abgeschnürt von den anderen vier Genotypen Rodelika ($M = 0,08$ SE = 0,08), KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 0,083$ SE = 0,08), KS-MOG-SAT505 ($M = 0,13$ SE = 0,07) und KS-MOG-DH-RxR ($M = 0,42$ SE = 0,11). Auch im beschreibenden Merkmal Unregelmäßigkeit konnten Solvita ($M = 1,04$ SE = 0,08) und Trafford F1 ($M = 1,13$ SE = 0,07) von allen anderen Möhrensorten und -zuchtlinien als sich unterscheidende Untergruppe identifiziert werden (Abbildung 49).

Schlussbericht EATMORE-Verbundprojekt

Hohe Substanzwirkung

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
Solvita	3	,4583	
Trafford F1	3	,6250	
KS-MOG-DH-RxR	3		1,5417
KS-MOG-CHE-HKÖ	3		1,8750
KS-MOG-SAT505	3		2,0417
Rodelika	3		2,3333
Sig.		,982	,066

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Zentrum gehalten oder abgeschnürt

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
Rodelika	3	,0833	
KS-MOG-CHE-HKÖ	3	,0833	
KS-MOG-SAT505	3	,1250	
KS-MOG-DH-RxR	3	,4167	
Solvita	3		,8333
Trafford F1	3		,8750
Sig.		,131	,999

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Präsenz

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Trafford F1	3	,1250		
Solvita	3	,1667		
KS-MOG-DH-RxR	3	,4167	,4167	
KS-MOG-SAT505	3		,8333	,8333
KS-MOG-CHE-HKÖ	3			1,0000
Rodelika	3			1,2500
Sig.		,496	,175	,175

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Unregelmäßigkeit

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
KS-MOG-SAT505	3	,2083	
Rodelika	3	,2500	
KS-MOG-CHE-HKÖ	3	,3750	
KS-MOG-DH-RxR	3	,4583	
Solvita	3		1,0417
Trafford F1	3		1,1250
Sig.		,538	,991

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 3,000

Abbildung 49: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier ausgewählte Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH im Anbaujahr 2021.

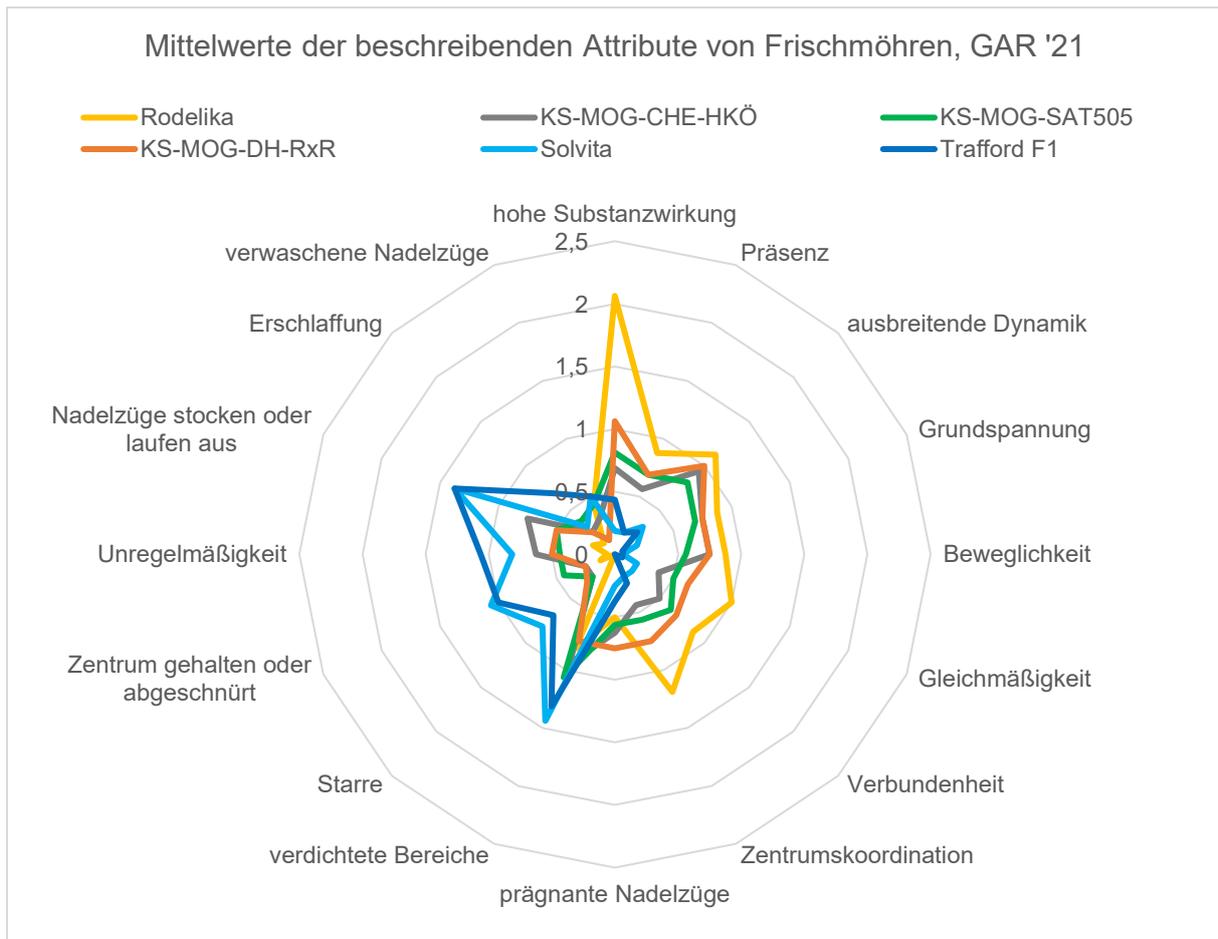


Abbildung 50: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2021. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Auch am Standort GAR wurden die positiv belegten Attribute (Abbildung 50, rechter Halbkreis) dominiert von der Sorte Rodelika. Sie zeigte in der Panelauswertung der Kristallbilder die höchste Bewertung für Substanzwirkung ($M = 2,06$, $SE = 0,06$) und Zentrumskoordination ($M = 1,19$, $SE = 0,06$) und wurde auch bei Gleichmäßigkeit ($M = 1,0$, $SE = 0,25$) und Verbundenheit ($M = 0,89$, $SE = 0$) der Bilder am besten bewertet. In diesen Attributen wurde Rodelika gefolgt von KS-MOG-DH-RxR, welche stets Rang zwei für die positiv belegten Attribute innehatte. KS-MOG-CHE-HKÖ lag für die Attribute hohe Substanzwirkung ($M = 0,69$, $SE = 0,06$), Gleichmäßigkeit ($M = 0,34$, $SE = 0$), Verbundenheit ($M = 0,5$, $SE = 0$) und Zentrumskoordination ($M = 0,55$, $SE = 0,06$) auf Rang vier. KS-MOG-SAT505 belegte diesen Rang für ausbreitende Dynamik ($M = 0,81$, $SE = 0,06$), Grundspannung ($M = 0,69$, $SE = 0,06$) und Beweglichkeit ($M = 0,56$, $SE = 0,06$). Trafford F1 und Solvita zeigten die Ausprägungen für positiv belegte Attribute sehr eng am Zentrum mit geringeren Werten als die vier anderen Genotypen ($M < 0,4$) in den positiv konnotierten Kategorien. In diesen Kategorien bildeten sich insgesamt zwei Untergruppen in absteigender Bewertung: Rodelika, KS-MOG-DH-RxR, KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-SAT505 als führende Gruppe, dann Solvita und Trafford F1. Bei den negativ belegten Attributen zeigte sich das gegenteilige Bild: Trafford F1 und Solvita dominierten hier, besonders in der Bewertung von verdichtete Bereiche (Solvita: $M = 1,44$, $SE = 0,06$; Trafford F1: $M = 1,31$, $SE = 0,19$), einem gehaltenen Zentrum und stockenden/auslaufenden Nadelzügen (Solvita: $M = 1,34$, $SE = 0$; Trafford F1: $M = 1,34$, $SE = 0,34$).

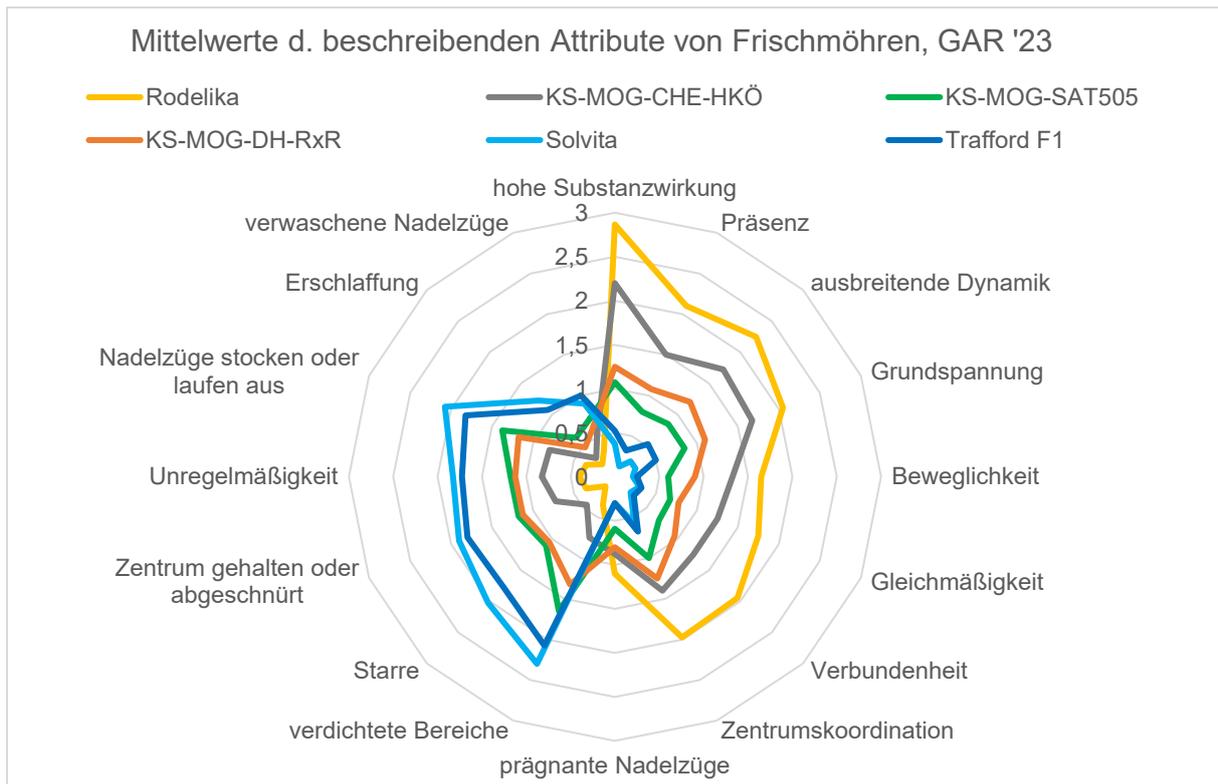


Abbildung 51: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2023. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Die Ergebnisse der Kupferchlorid-Kristallisation von Frischmöhren aus dem Jahr 2023 sind in Abbildung 51 zusammengefasst. Rodelika wurde in allen positiv belegten Merkmalen der Kristallbilder am höchsten bewertet, unterschied sich jedoch in keinem der Merkmale signifikant von KS-MOG-CHE-HKÖ. Die hohe Bewertung der Substanzwirkung von Rodelika ($M = 2,82$ SE = 0,12) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 2,20$ SE = 0,18) unterschied sich signifikant von allen anderen Genotypen, welche eine homogene Untergruppe ohne signifikante Unterschiede zueinander bildeten. In der ausbreitenden Dynamik waren die Werte von KS-MOG-DH-RxR so hoch ($M = 1,2$ SE = 0,35), dass sie sich nicht mehr signifikant von KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 1,72$ SE = 0,17) unterschied, aber immer noch von Rodelika ($M = 2,25$ SE = 0,21). Möhren der Sorte Solvita prägten sich bezüglich der ausbreitenden Dynamik ($M = 0,25$ SE = 0,04) am schwächsten aus, was der Ausprägung in allen der positiv konnotierten Merkmale dieses Jahres entspricht. Solvita, Trafford F1 und KS-MOG-SAT505 bildeten für hohe Substanzwirkung, Präsenz und ausbreitende Dynamik eine homogene Untergruppe mit den geringsten Werten. Für Beweglichkeit, Gleichmäßigkeit, Verbundenheit und Zentrumskoordination befand sich auch KS-MOG-DH-RxR in dieser homogenen Untergruppe, wobei sich hier KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-DH-RxR nicht mehr signifikant von KS-MOG-CHE-HKÖ unterschieden. KS-MOG-DH-RxR bewegte sich bei allen Merkmalen dementsprechend eher im Mittelfeld, KS-MOG-SAT505 rangierte in den positiv konnotierten Merkmalen auf dem vierten Rang. Trafford F1 und Solvita dominierten die negativ belegten Merkmale. Diese beiden Sorten bildeten für die Attribute Starre (Solvita: $M = 2,02$ SE = 0,13, Trafford F1: $M = 1,78$ SE = 0,17) und Erschlaffung (Solvita: $M = 1,22$ SE = 0,14, Trafford F1: $M = 1,08$ SE = 0,2) eine homogene Untergruppe mit den höchsten Werten, wobei sich Solvita hier mit den höchsten Werten signifikant von allen anderen Genotypen unterschied (siehe Abbildung 52). Bei den Attributen verdichtete Bereiche, Zentrum gehalten oder abgeschnürt

und Nadelzüge stocken oder laufen aus bildeten sich oft mehrere homogene Untergruppen. Hier unterschied sich KS-MOG-SAT505 beispielsweise nicht mehr signifikant von Solvita und Trafford F1, woran deutlich wird, dass die Bewertungen für die Qualität dieser Sorte 2023 deutlich geringer als in den Anbaujahren 2020 und 2021 ausfiel.

Hohe Substanzwirkung

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
Solvita	5,00	,38	
Trafford F1	5,00	,53	
SAT	5,00	1,08	
RxR	5,00	1,25	
HKÖ	5,00		2,20
Rodelika	5,00		2,83
Sig.		,06	,30

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Ausbreitende Dynamik

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.			
		1	2	3	4
Solvita	5,00	,25			
Trafford F1	5,00	,53	,53		
SAT	5,00	,85	,85		
RxR	5,00		1,20	1,20	
HKÖ	5,00			1,73	1,73
Rodelika	5,00				2,25
Sig.		,31	,20	,45	,45

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Gleichmäßigkeit

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Solvita	5,00	,30		
Trafford F1	5,00	,33		
SAT	5,00	,68	,68	
RxR	5,00	,78	,78	
HKÖ	5,00		1,25	1,25
Rodelika	5,00			1,75
Sig.		,25	,10	,20

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Starre

Tukey-HSD^a

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.			
		1	2	3	4
Rodelika	5,00	,15			
HKÖ	5,00	,45	,45		
RxR	5,00		1,05	1,05	
SAT	5,00		1,10	1,10	
Trafford F1	5,00			1,78	1,78
Solvita	5,00				2,03
Sig.		,87	,19	,11	,93

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Abbildung 52: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier ausgewertete Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2023.

4.2.3.9 Möhrensäfte 2021 und 2023

Beim Vergleich der beiden Saftverfahren der Fa. Voelkel im Jahr 2021 wurde zur Signifikanzprüfung der t-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Hierbei wurden für jedes Attribut die Mittelwerte von den acht auswertenden Panelisten mit jeweils zwölf Auswertungssheets für die Bewertung der beiden Saftverfahren zu Grunde gelegt. Tabelle 34 bildet hierbei das statistische Verfahren am Beispiel des Bewertungskriteriums Zentrumskoordination ab. Für 13 von 16 Bewertungsattributen konnte dabei ein signifikanter Unterschied zwischen der Heiß- und Kaltvermahlung festgestellt werden.

Die Unterschiede der beiden Saftverfahren sind in Abbildung 53 deutlich zu erkennen.

Table 34: t-Test für unabhängige Stichproben zur Feststellung von Unterschieden zwischen den beiden Saffherstellungsverfahren (Heiß- und Kaltvermahlung) der Fa. Voelkel bei der Bewertung der Kristallisationsbilder durch ein Experten-Panel, hier am Beispiel Zentrumskoordination.

Gruppenstatistiken

	Verarbeitung	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Zentrumskoordination	Voelkel Kaltvermahlung	12	,6275	,28665	,08275
	Voelkel Heißvermahlung	12	,3358	,17069	,04927

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T	df	Signifikanz		Mittlere Differenz	Differenz für Standardfehler	95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Sig.			Einseitiges p	Zweiseitiges p			Unterer Wert	Oberer Wert
Zentrumskoordination	Varianzen sind gleich	3,536	,073	3,028	22	,003	,006	,29167	,09631	,09194	,49140
	Varianzen sind nicht gleich			3,028	17,930	,004	,007	,29167	,09631	,08928	,49406

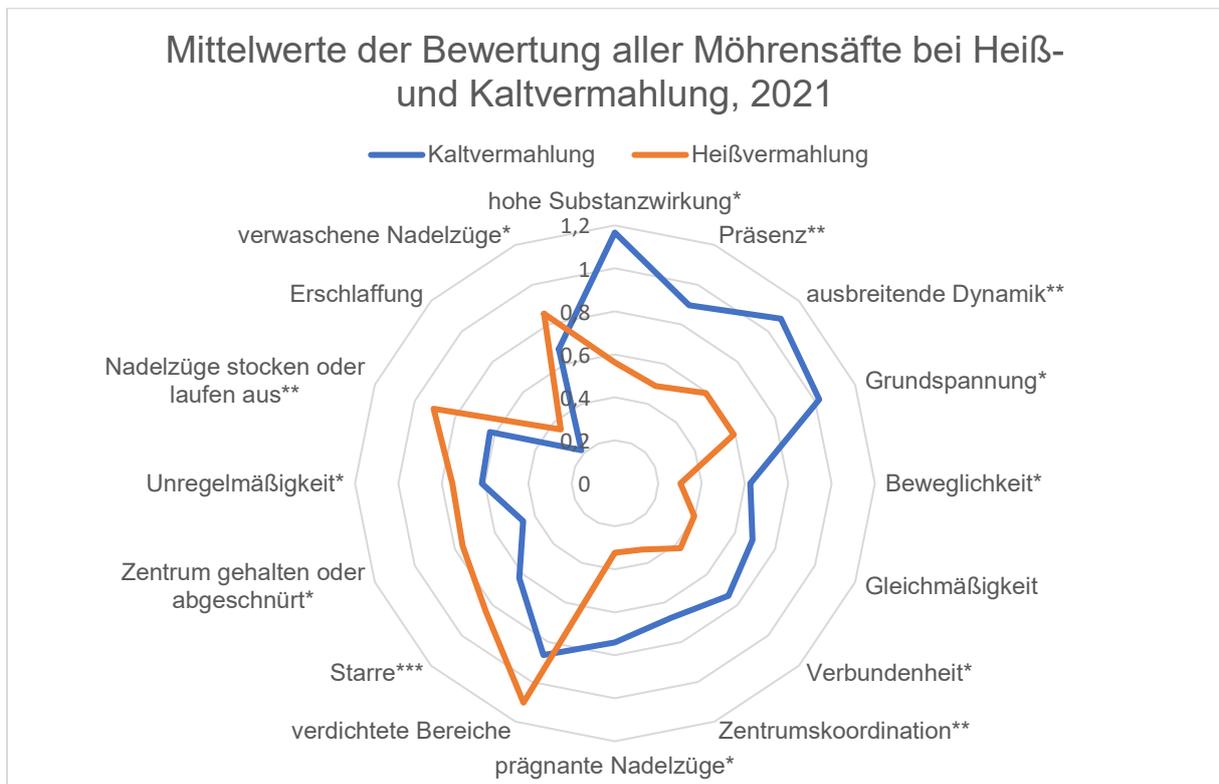


Abbildung 53: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien, jeweils zusammengefasst in den Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung im Jahr 2021. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Bei der Kaltvermahlung waren die neun positiv konnotierten Bildmerkmale (auf der rechten Seite des Spinnendiagramms in Abbildung 53) deutlich stärker ausgeprägt und die sieben negativ konnotierten Bildmerkmale in geringerem Maße vorhanden. Bei der Heißvermahlung dreht sich die Beschreibung um. Unter Berücksichtigung dieser 16 Bildelemente zeigte die Kaltvermahlung insgesamt eine höhere Qualität als die Heißvermahlung, was auf eine

schonendere Verarbeitung hindeutet. Bis auf die Attribute Gleichmäßigkeit, verdichtete Bereiche und Erschlaffung unterschieden sich alle anderen Merkmale signifikant.

An zwei Kristallbildern der Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ der beiden Saftverarbeitungsverfahren Kalt- und Heißvermahlung sollen einige visuelle Auswertungskriterien beispielhaft dargestellt werden.



Abbildung 54: Kristallbilder der verarbeiteten Möhrensäfte, Kaltvermahlung links und Heißvermahlung rechts am Beispiel der Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ.

So konnte bei der Kaltvermahlung (links) eine hohe Plattenbedeckung mit feinen, recht gleichmäßig abgebildeten Kristallnadeln erkannt werden, während sich bei der Heißvermahlung die Nadelstrukturen deutlich lückiger, unregelmäßiger und gröber abbildeten. Daraus folgte eine höhere Bewertung für hohe Substanzwirkung und Gleichmäßigkeit bei der Kaltvermahlung. Das Attribut Präsenz konnte ebenfalls bei dem kaltvermahlenden Saft in höherer Deutlichkeit festgestellt werden, ein Einnehmen der gesamten Glasplatte ohne jegliche Strukturabbrüche. Beim Vergleich der einzelnen Nadelzüge vom Kristallisationspunkt ausgehend in Richtung Bildrandbereich, reichte die Ausbreitung bei der Kaltvermahlung bis zum Bildrand, während bei der Heißvermahlung die einzelnen Nadelzüge schon im mittleren Bildbereich fächerartig versandeten, dadurch wurde das beschreibende negativ konnotierte Attribut Nadelzüge stocken oder laufen aus für die Heißvermahlung höher bewertet. Bei der visuellen Auswertung wurden auf diese Weise die Grundgesten der beschreibenden Attribute in den Kristallbildern miteinander verglichen und bewertet. Dabei wird allerdings nicht mit einzelnen Kristallbildern gearbeitet, sondern hinter jedem einzelnen Kristallisationsversuch standen für jede Möhrensorte und -zuchtlinie zwölf Bildwiederholungen (je vier Kristallbilder aus drei unterschiedlichen Konzentrationen). Die Zusammenschau aller Kristallbilder eines Versuches ließ eine Bewertung entstehen.

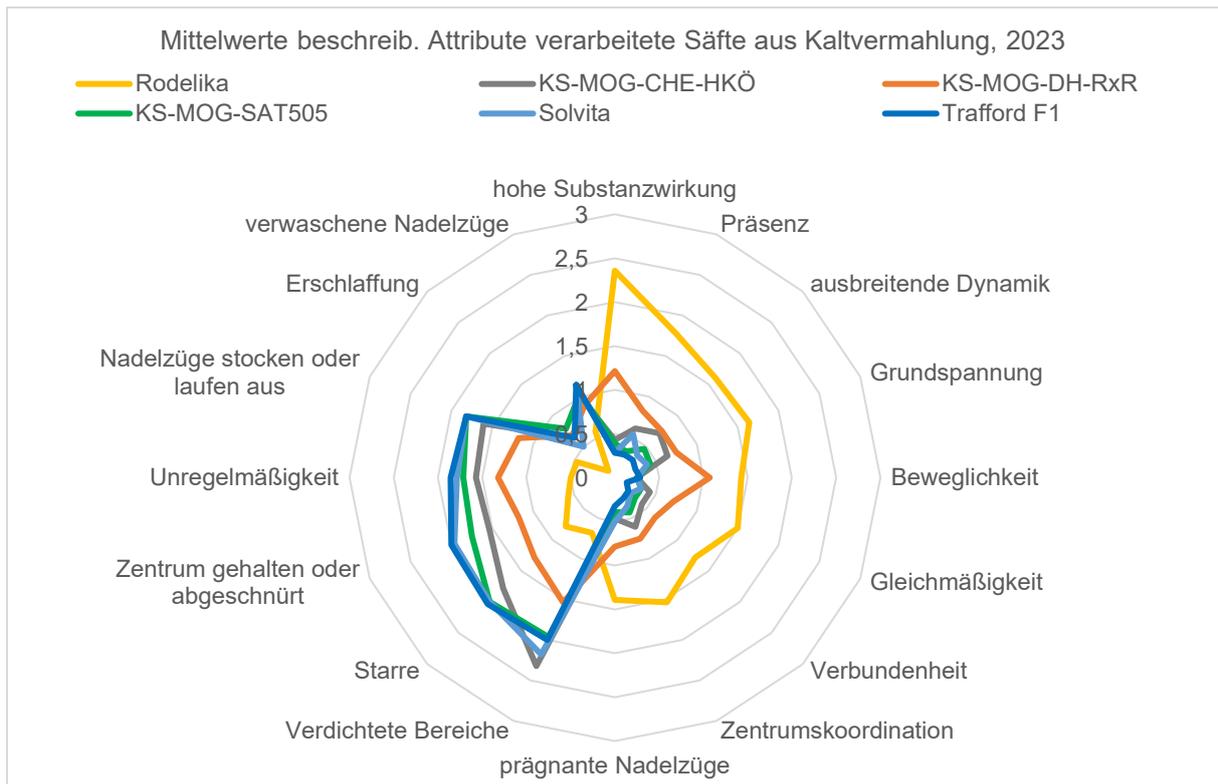


Abbildung 55: Ergebnisse aus der visuellen Bildauswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Möhrensäfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023. Die einzelnen Attribute wurden bewertet von 0 = nicht relevant bis 3 = stark vorhanden.

Bei den Möhrensäften aus Kaltvermahlung im Jahr 2023 konnten bis auf das beschreibende Merkmal hohe Substanzwirkung für alle anderen beschreibenden Attribute homogene Untergruppen gebildet werden, wobei Rodelika immer eine alleinige Untergruppe bildet und sich so klar von allen anderen Möhrensarten und -zuchtlinien abhob. Zu erkennen sind dabei die höchste Bewertung aller positiv konnotierten Merkmale und umgekehrt die niedrigste Bewertung bei den negativen Attributen. Während sich Rodelika bei den Frischmöhren in keinem positiven Merkmal von KS-MOG-CHE-HKÖ unterscheiden ließ, war der Saft der Kaltvermahlung von Rodelika in allen positiven bildbeschreibenden Attributen denjenigen von KS-MOG-CHE-HKÖ mit $p < 0,001$ qualitativ höherwertig. Im negativ konnotierten Attributbereich konnten ebenfalls bis auf das Merkmal verwaschene Nadelzüge signifikante Unterschiede zwischen Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ festgestellt werden. KS-MOG-DH-RxR konnte bei dem Merkmal Gleichmäßigkeit ($M = 0,74$ SE = 0,12) und Grundspannung ($M = 0,8$ SE = 0,09) signifikant $p = 0,009$ von Trafford F1 ($M = 0,14$ SE = 0,0 bzw. $M = 0,25$ SE = 0,06) unterschieden werden. Beim Attribut Beweglichkeit bildete KS-MOG-DH-RxR ($M = 1,11$ SE = 0,11) zusammen mit Rodelika ($M = 1,49$ SE = 0,12) eine Untergruppe und unterschied sich von Trafford F1 ($M = 0,34$ SE = 0,12) $p = 0,002$, KS-MOG-SAT505 ($M = 0,37$ SE = 0,2) $p = 0,003$, und mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ von Solvita ($M = 0,26$ SE = 0,09) und KS-MOG-CHE-HKÖ ($M = 0,23$ SE = 0,09). Auch die negativ konnotierten Merkmale zeigten sich deutlich geringer ausgeprägt als bei Trafford F1, Solvita, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ.

Schlussbericht EATMORE-Verbundprojekt

ausbreitende Dynamik

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
Tukey-HSD ^a Trafford F1	5	,3143	
Solvita	5	,3429	
KS-MOG-SAT505	5	,6000	
KS-MOG-CHE-HKÖ	5	,7429	
KS-MOG-DH-RxR	5	,8286	
Rodelika	5		1,6857
Sig.		,178	1,000

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Beweglichkeit

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.	
		1	2
Tukey-HSD ^a KS-MOG-CHE-HKÖ	5	,2286	
Solvita	5	,2571	
Trafford F1	5	,3429	
KS-MOG-SAT505	5	,3714	
KS-MOG-DH-RxR	5		1,1143
Rodelika	5		1,4857
Sig.		,958	,289

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Starre

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Tukey-HSD ^a Rodelika	5	,6571		
KS-MOG-DH-RxR	5		1,2571	
KS-MOG-CHE-HKÖ	5		1,8000	1,8000
KS-MOG-SAT505	5			1,9143
Trafford F1	5			2,0000
Solvita	5			2,0286
Sig.		1,000	,067	,811

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Zentrum gehalten oder abgeschnürt

Sorte_Zahl	N	Untergruppe für Alpha = 0.05.		
		1	2	3
Tukey-HSD ^a Rodelika	5	,5143		
KS-MOG-DH-RxR	5		1,1714	
KS-MOG-CHE-HKÖ	5		1,5143	1,5143
KS-MOG-SAT505	5		1,6286	1,6286
Trafford F1	5			1,9143
Solvita	5			1,9429
Sig.		1,000	,189	,245

Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt.

a. Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 5,000

Abbildung 56: Ergebnisse des Tukey post-hoc-Tests für vier ausgewertete Attribute der mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Säfte von sechs Sorten und Zuchtlinien im Jahr 2023.

Die am Tank entnommene Mischprobe wurde sowohl im Anbaujahr 2021 als auch 2023 in je dreimaliger Versuchswiederholung im Vergleich zur Flaschenabfüllung mit der Kupferchlorid-Kristallisation durchgeführt. Bei allen drei Wiederholungen in beiden Jahren konnten keine Unterschiede der sich abbildenden Kristallstrukturen zwischen der Tankmischprobe und der Flaschenabfüllung erkannt werden.

4.2.3.10 Gegenüberstellung Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation

Positiv- und Negativindizes:

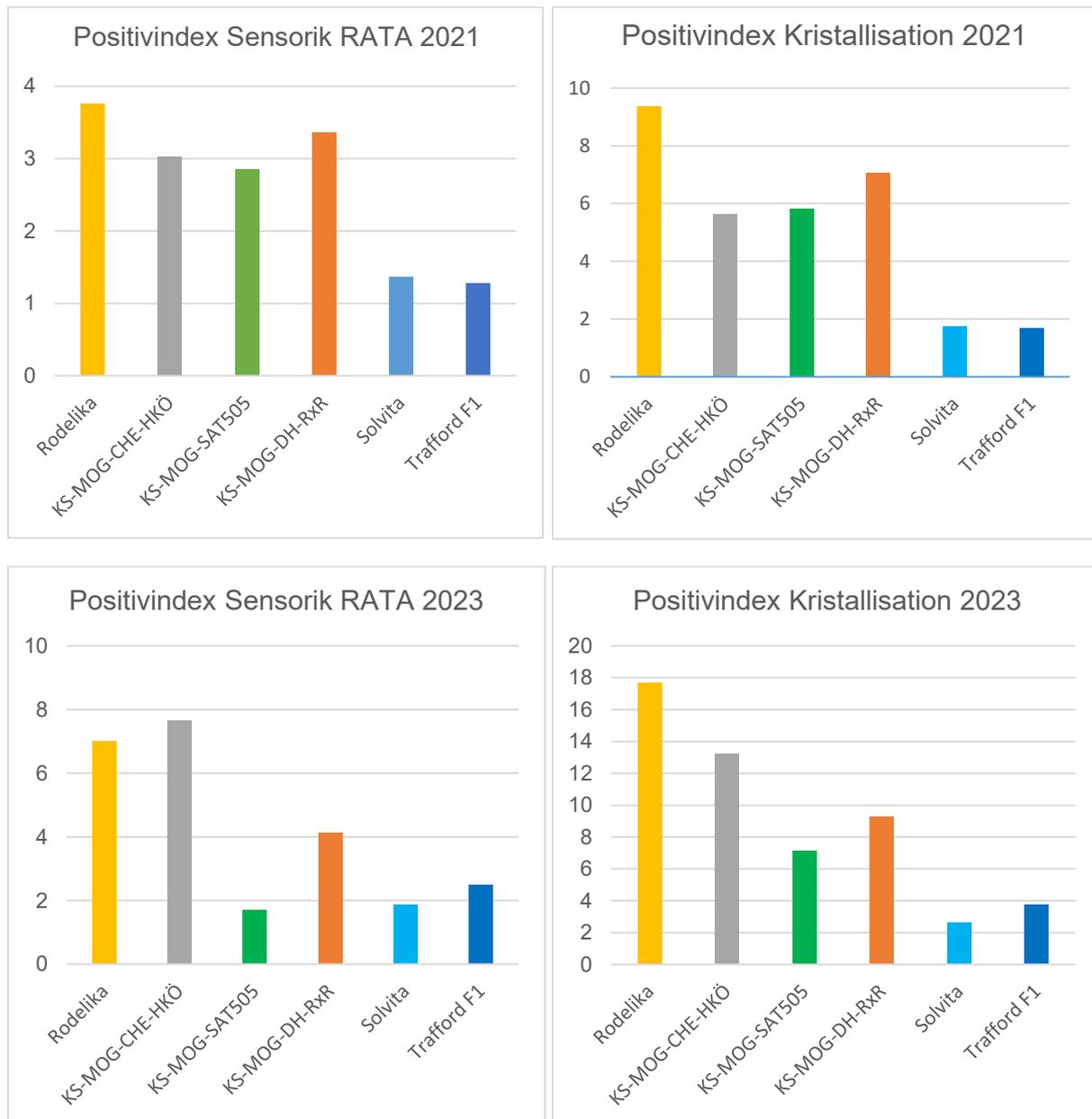


Abbildung 57: Positivindizes der Untersuchungsmethoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation für Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR in den Anbaujahren 2021 und 2023. Angezeigte Skalenniveaus richten sich nach der Höhe der jeweiligen Werte.

Die Positivindizes (Abbildung 57) der Untersuchungsmethoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren im Jahr 2021 zeigen, dass Rodelika in allen positiv belegten Merkmalen beider Methoden am höchsten bewertet wurde. KS-MOG-DH-RxR war 2021 auf Platz zwei, gefolgt von KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ mit mittleren Werten bei den positiv belegten Attributen. Somit bildeten sich 2021 in der Auswertung beider Methoden zwei Gruppen: die vier genannten höher bewerteten Genotypen abgegrenzt von Solvita und Trafford F1, welche insgesamt sehr gering bewertet wurden. In den positiven sensorischen Geschmacksattributen wurde KS-MOG-CHE-HKÖ im Jahr 2023 insgesamt besser bewertet als Rodelika, welche jedoch in der Bewertung der Kristallisationsmerkmale deutlich höher lag.

KS-MOG-DH-RxR bewegte sich in beiden Methoden im Mittelfeld und die drei Genotypen KS-MOG-SAT505, Trafford F1 und Solvita bildeten die Gruppe mit den geringsten Bewertungen.



Abbildung 58: Negativindizes der Untersuchungsmethoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation für Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR in den Anbaujahren 2021 und 2023. Angezeigte Skalenniveaus richten sich nach der Höhe der jeweiligen Werte.

Bei den Negativindizes (Abbildung 58) der Sensorik zeigten Solvita und Trafford F1 im Jahr 2021 die höchsten Werte. Die anderen Sorten und Zuchtlinien bildeten eine Gruppe mit geringen Unterschieden. Bei der Kristallisation ist das Gegenbild zum Positivindex desselben Jahres zu sehen, Solvita und Trafford F1 führten auch hier deutlich, KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-SAT505 lagen im unteren Mittelfeld und KS-MOG-DH-RxR und Rodellika zeigten kaum negativ belegte Attribute. In Jahr 2023 wurde KS-MOG-SAT505 im Geschmack für die negativ konnotierten Attribute am höchsten bewertet, gefolgt von Solvita und Trafford F1. KS-MOG-CHE-HKÖ, welche beim Positivindex der Sensorik 2023 führte, belegte hier den letzten Platz. Auch die Kristallisation zeigte im Jahr 2023 eine Führung von Solvita, Trafford F1 und

KS-MOG-SAT505 in den negativ konnotierten Attributen. Hier zeigte Rodelika wiederum die niedrigsten negativ belegten Werte.

Hauptkomponenten- und Clusteranalyse:

Aufgrund der erkennbaren Parallelen in der Bewertung der sensorischen Attribute und den Auswertungskriterien der Kupferchlorid-Kristallisation am Beispiel der Frischmöhren vom Standort GAR in den Jahren 2021 und 2023, wurde eine Dimensionsreduktion mithilfe der Hauptkomponentenanalyse (PCA mit Varimax Rotation) berechnet, um mögliche Zusammenhänge zwischen den Variablen zu prüfen. Das Ergebnis dieser PCA ist in Tabelle 35 dargestellt und zeigt eine 4-Faktoren-Lösung. Alle untersuchten Attribute konnten demnach anhand von vier unkorrelierten Faktoren gruppiert und erklärt werden. Die Faktoren wurden anhand der Attribute, die sie erklären, wie folgt benannt: **Faktor 1= Positiv belegte Attribute in Kristallisation und Sensorik**, **Faktor 2= negative Attribute aus der Sensorik (alle negativen Geruchsparameter und der flüchtig, wässrige Geschmack)** und alle negativ belegten Kristallisationsattribute, **Faktor 3= negative Geschmacksattribute**, **Faktor 4= Farbintensität**.

Tabelle 35: Komponentenmatrix der Hauptkomponentenmatrix mit Varimax-Rotation. Das dargestellte Ergebnis ist eine 4-Faktoren-Lösung. Attribute, die auf einen jeweiligen Faktor laden sind farblich markiert. Attribute der Kupferchlorid-Kristallisation sind pfirsichfarben, Attribute der Sensorik grau hinterlegt.

Attribute	Komponente				Kommunalität
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	
Zentrumskoordination	,959	-,051	-,117	-,005	0,935
Grundspannung	,954	-,213	-,189	,019	0,992
Gleichmäßigkeit	,943	-,234	-,125	-,116	0,973
Verbundenheit	,941	-,263	-,129	-,051	0,974
Präsenz	,941	-,286	-,141	,051	0,990
Ausbreitende Dynamik	,915	-,331	-,220	-,001	0,995
Beweglichkeit	,899	-,330	-,253	-,041	0,983
süßer Geruch	,898	-,091	-,308	-,120	0,924
Hohe Substanzwirkung	,891	-,303	-,175	-,103	0,926
nussiger Geruch	,873	-,077	-,195	-,230	0,859
Prägnante Nadelzüge	,834	-,380	-,191	,079	0,883
nussiger Geschmack	,826	-,188	-,454	-,143	0,944
komponentenreicher Geschmack	,804	-,194	-,509	-,102	0,953
mildes Möhrenaroma	,670	-,236	-,645	,155	0,945
Rang: Geruch Gesamtaroma	,648	-,464	-,350	-,384	0,905
Rang: Geschmack gesamt	,622	-,440	-,593	-,080	0,938
Rang: Geschmack süß	,612	-,424	-,582	-,188	0,929
Starre	-,226	,943	,186	,036	0,976
Zentrum gehalten oder abgeschnürt	-,215	,931	,197	,125	0,968
verwaschene Nadelzüge	-,090	,928	,143	,137	0,908
Unregelmäßigkeit	-,202	,928	,157	,138	0,945
erdiger Geruch	-,231	,922	,200	,105	0,955
Erschlaffung	-,281	,903	,191	-,063	0,934
Nadelzüge stocken oder laufen aus	-,371	,848	,254	,160	0,946
Verdichtete Bereiche	-,475	,830	,255	,040	0,980
flüchtiger, wässriger Geschmack	-,255	,827	,378	-,088	0,900
herber, wurzelartiger Geruch	-,249	,684	,510	-,206	0,833
seifiger Geruch	-,045	,597	,528	,313	0,735
bitterer Geschmack	-,182	,327	,886	,157	0,951
Rang: Mundgefühl Brennen	-,366	,252	,789	-,046	0,821
seifiger Geschmack	-,057	,572	,744	-,020	0,885
Fremdgeschmack	-,436	-,009	,723	,333	0,824
wurzelartig, herber Geschmack	-,326	,571	,722	-,186	0,988
Rang: Geschmack Grün	-,522	,398	,690	-,087	0,914
Rang: Farbe	-,355	,516	,070	,700	0,887
Eigenwert Faktor	23,361	5,502	2,462	1,073	
Erklärte Gesamtvarianz	55,746	15,719	7,036	3,067	

Die Übersicht in Tabelle 35 zeigt, dass die jeweiligen Bewertungsattribute aus Sensorik und Kristallisation in den Fällen von Faktor 1 und 2 so stark korrelierten, dass sie durch einen

gemeinsamen Faktor erklärt werden konnten. Dies trifft bei Faktor 1 für alle positiv konnotierten Attribute aus der Kristallisation und der Sensorik (bis auf das Attribut Farbe) zu. Bei Faktor 2 korrelierten alle negativ belegten Attribute aus der Kristallisation mit einigen negativ konnotierten Geschmacks- und Geruchsattribute aus der Sensorik so stark, dass auch sie unter einem Faktor zusammengeführt und durch ihn erklärt werden konnten. In Faktor 3 bildeten negativ konnotierte Geschmacksattribute einen eigenen Faktor. Das Attribut Farbe (im Vorfeld als Farbintensität benannt) war komplett unkorreliert mit allen anderen Attributen und wird durch einen eigenen Faktor erklärt. Bei den Kommunalitäten ist bis auf den seifigen Geruch (0,735) keiner der Werte in Tabelle 35 kleiner als 0,8. Dies spricht dafür, dass das Ergebnis die original erhobenen Variablen gut abbildet.

Mit diesem 4-Faktoren-Ergebnis wurde daraufhin eine Clusteranalyse vorgenommen. Damit wurden Assoziationen zwischen den Fällen konstruiert, in diesem Fall die sechs Möhrensarten und -zuchtlinien in den Jahren 2021 und '23. So wurde geprüft, ob und wenn ja, wie sich die Ergebnisse der sechs Genotypen über beide Jahre hinweg anhand der vier in der PCA gefundenen Gruppen an Attributen (Faktoren) gruppieren lassen. Bei der Clusteranalyse mit der Ward-Methode zeigte die visuelle Auswertung des Dendrogramms, dass in diesem Fall eine 3-Cluster-Lösung sinnvoll ist. Daraufhin wurde eine Klassifizierung mit der K-Means-Methode für drei Cluster vorgenommen, aus der sich folgende drei Gruppierungen der Möhrensarten ergaben:

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Rodelika (2021&2023)	Solvita (2021)	Solvita (2023)
KS-MOG-CHE-HKÖ (2021&2023)	Trafford F1 (2021)	Trafford F1 (2023)
KS-MOG-DH-RxR (2021&2023)	KS-MOG-SAT505 (2023)	
KS-MOG-SAT505 (2021)		

Die Gruppierung der sechs Möhrensarten und -zuchtlinien in den beiden Jahren anhand ihrer Bewertungen für Sensorik- und Kristallisationsparameter über die vier Faktoren aus der PCA ist in Abbildung 59 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt; die Gruppierung entstand je nach Ausprägung des Genotyps in den Attributen, die in die jeweilige Faktorgruppe fielen.

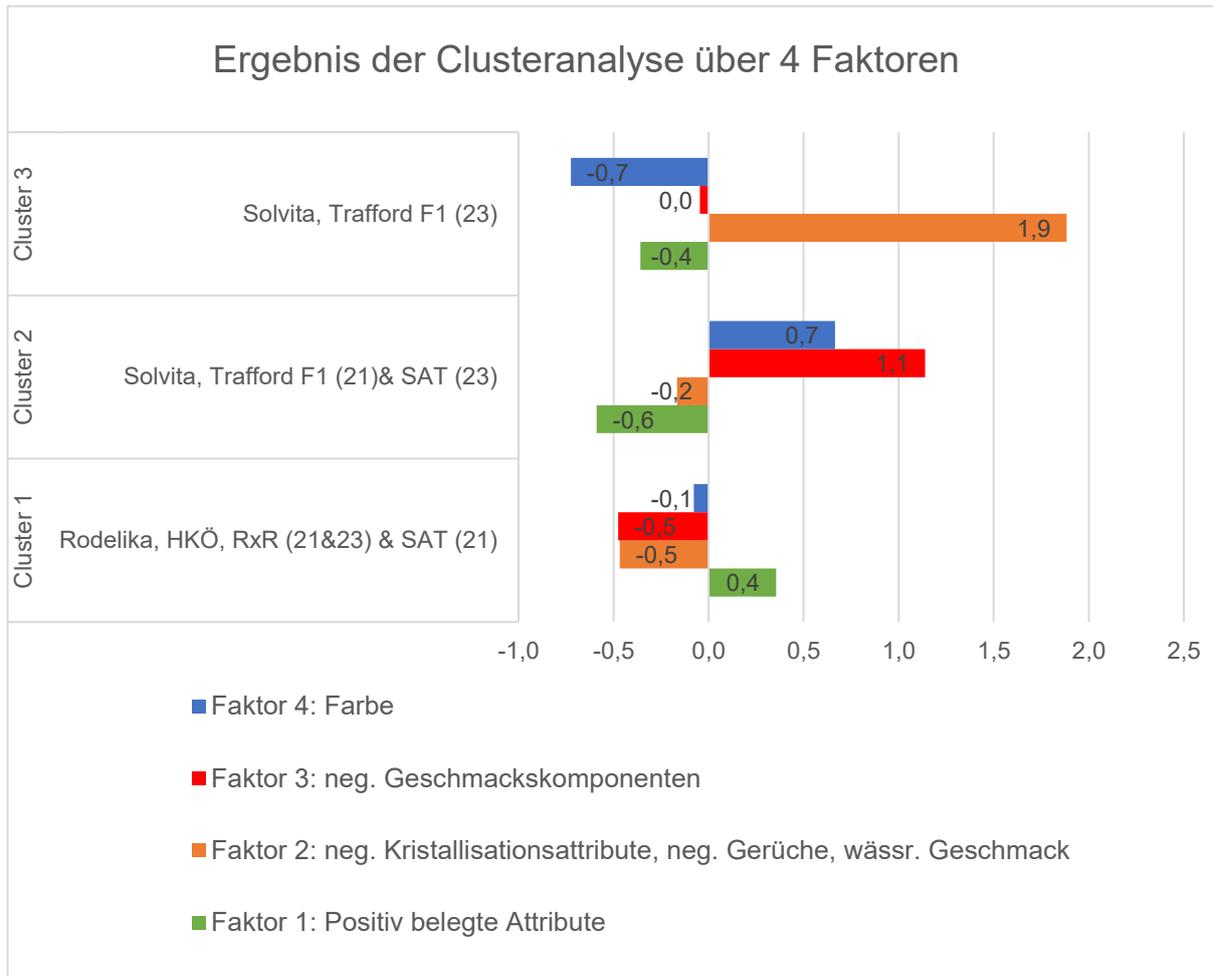


Abbildung 59: Ergebnis der Clusteranalyse der Ergebnisse von Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR in den Jahren 2021 und 2023. Neg.= negativ belegt. Die Cluster wurden anhand der 4 Faktoren aus der PCA gebildet.

Cluster 1 (Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ (HKÖ) und KS-MOG-DH-RxR (RxR)) in den Jahren 2021 und 2023 und KS-MOG-SAT505 (SAT) in 2021, zeigt positive Werte bei dem Faktor, der positiv belegte Attribute erklärt. Die genannten Genotypen wurden anhand dieser Charakteristika und Qualitätsausprägungen in zusammen gruppiert. Die negativen Werte bei den negativen Attributen zeigen, dass die negativ konnotierten Attribute der Sensorik und Kristallisation für dieses Cluster nicht ausschlaggebend waren, bzw. eine sehr geringe Bewertung dieser Attribute vorlag. Der Faktor Farbintensität ist nahe 0, das heißt, für dieses Cluster waren die Werte für diesen Faktor durchschnittlich. Cluster 2 mit Solvita und Trafford F1 im Jahr 2021 und KS-MOG-SAT505 im Jahr 2023, zeigt hohe positive Werte in negativ belegten Geschmackskomponenten (Faktor 3). Ein bitterer, seifiger, grüner und wurzelartig herber Geschmack einte diese Genotypen und war für sie stark cluster-bildend. Aber auch die intensive Farbausprägung prägte Solvita und Trafford 2021 sowie KS-MOG-SAT505 2023. Cluster 3 zeichnet sich mit Trafford F1 und Solvita im Jahr 2023 durch negativ belegte Attribute wie einen flüchtig wässrigen Geschmack, herben, wurzelartigen und seifigen Geruch aus. Auch negativ belegte Kristallisationsparameter wie Starre, ein gehaltenes Zentrum und Unregelmäßigkeit waren für diese beiden Sorten 2023 stark charakteristisch.

4.2.3.11 Einzelauswertungen der Kupferchlorid-Kristallisation

Über den gesamten Projektzeitraum wurden alle Kristallbilder anhand ihrer auftretenden Bildstrukturen auch von Einzelpersonen ausgewertet und ausführlich beschrieben. Dabei konnte bei der Einzelauswertung eine sortencharakteristische Beschreibung aller Möhrenvarianten erstellt werden. In den Versuchsjahren 2021 und 2023 konnten auf Grundlage der im Jahr 2020 erstellten Sortencharakteristiken alle codierten Frischmöhren- und Saftproben fehlerfrei erkannt und alle Sorten und Zuchtlinien richtig zugeordnet werden.

Um darzulegen, dass das Erstellen von Sortenprofilen durch die visuelle Bewertung der Kristallbilder nicht nur an eine Einzelperson gebunden ist, wurde 2023 im Rahmen einer Masterarbeit eine Studentin in die Methode der Kupferchlorid-Kristallisation eingeführt und intensiv in der visuellen Auswertung der Kristallbilder geschult. Hier konnte gezeigt werden, dass die Kristallisationsmethode erlernbar ist. Die unabhängig voneinander erstellten Qualitätsprofile der Möhrensorten und -zuchtlinien waren in beiden Einzelauswertungen (geschulte Mitarbeiterin der Universität Kassel, Masterstudentin) nahezu identisch. Daher ein herzliches Dankeschön für die zur Verfügung gestellten Ergebnisse dieser Masterarbeit.

Mit den Sortenprofilen einhergehend wurde je ein Rangordnungsvergleich für die Kristallbilder der Frischmöhren und des verarbeiteten Möhrensaftes der Fa. Voelkel erstellt. In Tabelle 36 sind die Ergebnisse der Qualität der Frischmöhren sowie des bei Fa. Voelkel mittels Kaltvermahlung verarbeiteten Saftes in zwei Konservierungsformen (in wässriger CuCl_2 -Lösung, tiefgefroren) als Einzelauswertung der Studentin (Einzel STUD), Einzelauswertung der Uni-Kassel (Einzel UNI) und der Auswertung durch das Panel gegenübergestellt. In den beiden Einzelauswertungen und der Panelauswertung zeigten sich die gleichen Gruppierungen: Die drei Genotypen Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-DH-RxR belegten in allen drei Probensets Platz 1 bis 3, während KS-MOG-SAT505, Solvita und Trafford F1 auf den Rängen 4 bis 6 blieben. Rodelika war in allen drei Untersuchungen auf dem ersten Rang.

Tabelle 36: Gegenüberstellung der Rankingergebnisse von sechs Möhrensorten und -zuchtlinien anhand der Ergebnisse aus der Kupferchlorid-Kristallisation an Frischmöhren sowie Saftproben des Jahres 2023. Auswertungen von Masterstudentin (Einzel STUD), geschulte Person der Universität Kassel (Einzel UNI) und einem geschulten Panel (Panel). Ranking von links (höchster Rang) nach rechts (niedrigster Rang) absteigend.

	Sortenranking
Frischmöhren	Einzel STUD:
	Einzel UNI:
	Panel:
Saft aus Kaltvermahlung (tiefgefroren)	Einzel STUD:
	Einzel UNI:
	Panel:
Saft aus Kaltvermahlung (in wässriger CuCl₂-Lösung)	Einzel STUD:
	Einzel UNI:
	Panel:

Stichwortartige Charakterisierung der codierten Möhrensorten – zuchtlinien und ihre Zuordnung über den Projektzeitraum in Einzelauswertung:

Nach der beschreibenden Einzelauswertung der Kristallbilder von Frischmöhren im Jahr 2020 und deren Einteilung in eine Rangfolge der sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien je Standort, wurde eine zusammenfassende Charakterisierung der einzelnen Möhrenvarianten ausgearbeitet. Insgesamt wurde am Standort GAR bei allen Möhrenvarianten eine geringere Produktqualität als an den Standorten TAU und KHOH festgestellt. Substanzwirkung und Ausreifungsgrad waren dort bei allen untersuchten Genotypen auf einem niedrigeren Niveau. Dennoch entsprachen sich die charakteristischen Beschreibungen der sechs Möhrenvarianten über alle Standorte. Auf Grundlage der im ersten Projektjahr gefundenen Charakteristik der einzelnen Genotypen, war es der geschulten Person der Universität Kassel in Einzelauswertung möglich, die codierten Probensets von Frischmöhren und Möhrensaft in den Jahren 2021 und 2023 korrekt den Sorten und Zuchtlinien zuzuordnen.

4.2.3.12 Untersuchungen mit Markersubstanzen - Pektine

Bei der Auswertung der Strukturgebung der einzelnen Matrices über einen weiten Bereich von Salz- (Kupfchloriddihydrat) und Additivmengen (Apfelpektin, Citruspektin und Möhrensaft) konnte die gleiche Abfolge der Wachstumsphänomene wie bei früheren Versuchen mit Bovinem Serum Albumin (BSA) (Busscher, 2019) beschrieben werden.

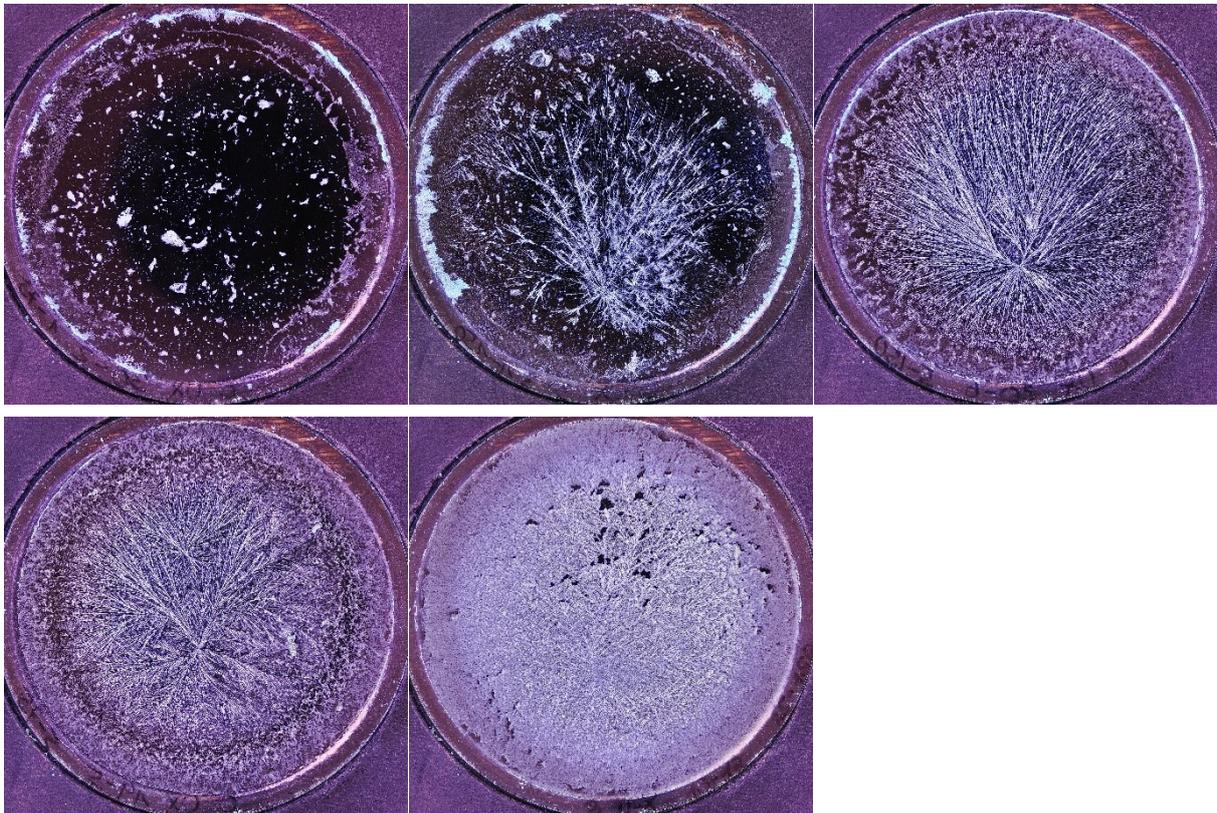


Abbildung 60: *Verschiedene Bildtypen bei der Kristallisation von Zitruspektin bei steigender Substanzmenge. Oben links Dewetting type, oben Mitte Deposit type, oben rechts Split growth type, unten links Dendritic type und unten Mitte Inhibition type.*

In Abbildung 60 sind die entstehenden Bildtypen bei steigender Zugabe von Substanzmenge gezeigt. Vom sog. Dewetting type, bei dem ein Aufreißen der zu kristallisierenden Lösung beobachtet werden konnte, den Deposit type, bei dem ungeordnete Grobstrukturen auf der Glasplatte abgelagert wurden, über den Split growth type, mit ebenfalls langnadeligen sich langsam ordnenden Strukturen, hin zu dem Dendritic type, bei dem das dendritische Kristallwachstum abgebildet wurde. Der Bereich des dendritischen Kristallwachstums

entspricht dem Bereich, in dem die Kristallbilder ihre unterschiedlichen Qualitäten ausdrücken. Auch der Bereich der Überkonzentration, der sog. Inhibition like type, bei dem der Substanzüberschuss so groß ist, dass sich nur die zu kristallisierende Substanz ohne Kristallwachstum auf der Platte niederschlägt, konnte abgebildet werden. Gerade in den Übergangsbereichen der unterschiedlichen Abbildungstypen können aufgrund der Strukturübergänge viele Informationen erhalten werden. Bei den Pektinmatrizes im Vergleich zu denen des Möhrensaftes konnten allerdings keine systematischen Informationen entnommen werden, die auf eine Charakteristik von Pektin hinweisen. Dies könnte aufgrund des für die hier dargestellten Untersuchungen leider nicht zur Verfügung stehenden Möhrenpektins aufgetreten sein. Oder es deutet darauf hin, dass sich Pektin möglicherweise nicht als eine Markersubstanz eignet und sich die festgestellten Qualitätsunterschiede bei den Möhrensorten und -zuchtlinien nicht durch unterschiedliche Pektingehalte erklären lassen.

4.2.4 Lebensmittelinduzierte Emotionen

4.2.4.1 Frischmöhren

Die Auswertung über die lebensmittelinduzierten Emotionen fokussiert bei den Frischmöhren auf die Ergebnisse der Standorte Kleinhohenheim (KHOH) und Gartow (GAR).

Ergebnisse der 12 polaren Merkmale des Empathic Food Test:

Die Jahres- und Standorteffekte überprägten meist die Unterschiede zwischen den sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien. In der Varianzanalyse der Frischmöhren der Jahre 2020 und 2021 (siehe Anhang) von den Standorten KHOH und GAR zeigten sich bei sieben der 12 Einzelmerkmale signifikante Jahreseffekte und bei vier Merkmalen signifikante Standorteffekte, aber keine Sorteneffekte. Die niedrigsten p-Werte bzgl. Sortenunterschieden lagen bei 15,2 % (Merkmal *konzentriert-unkonzentriert*) und 18,9 % (Merkmal *motiviert-unmotiviert*).

Allerdings deutet das Verhältnis der Sorten und Zuchtlinien untereinander im Hinblick auf einige Merkmale auf Unterschiede hin (vgl. Abbildung 61, Abbildung 62, Abbildung 63). Dafür wurde ein Ranking als Auswertungsmethode herangezogen.

In Abbildung 61 stellt die Ergebnisse der Frischmöhrenuntersuchungen über die Merkmale des körperlichen und mentalen Befindens (Skala 2) in Form eines Sortenrankings dar. Es ist zu erkennen, dass sich Solvita, KS-MOG-SAT505 und Trafford F1 stabil, d.h. in gleicher Rangfolge zueinander in beiden untersuchten Jahren und auf beiden Standorten unterschieden. Jeweils wurde Trafford F1 am ungünstigsten (Ranking 4 bis 6) und Solvita am günstigsten bewertet (Ranking 1 bis 3).

Andere Genotypen reagierten stark auf Standort und Jahr, nämlich Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ. KS-MOG-DH-RxR zeigte in drei von vier Fällen ein stabiles (positives) Ranking.

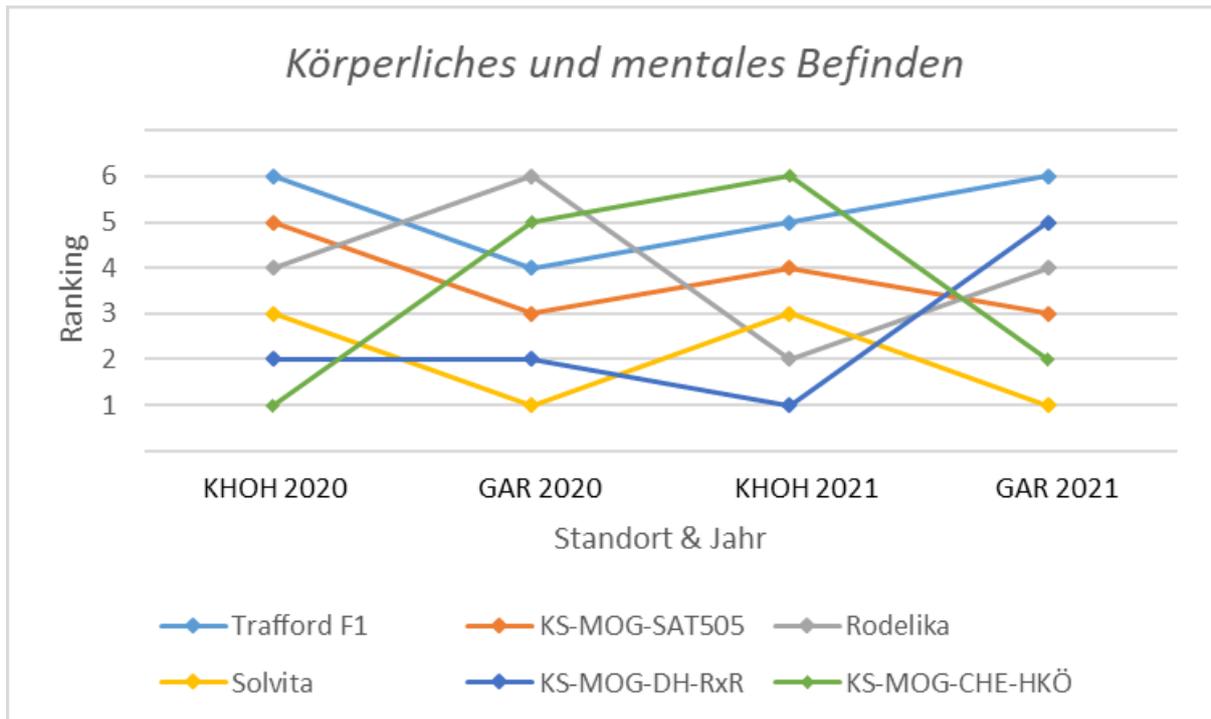


Abbildung 61: Ranking der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021) im Hinblick auf den Mittelwert für das körperliche und mentale Befinden (Skala 2) (1 = beste Bewertung, 6 = schlechteste Bewertung).

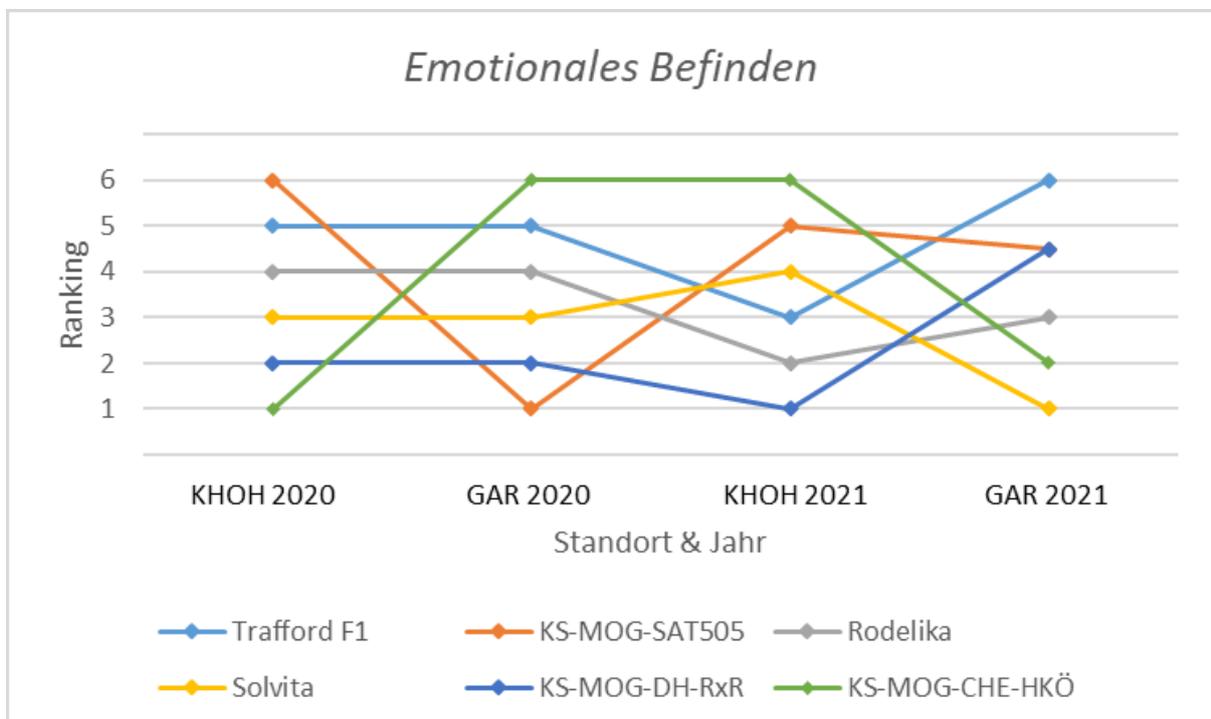


Abbildung 62: Ranking der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021) im Hinblick auf den Mittelwert für das emotionale Befinden (Skala 1) (1 = beste Bewertung, 6 = schlechteste Bewertung).

Bei den Merkmalen zum emotionalen Befinden (Skala 1) (Abbildung 62) zeigten sich ebenfalls Muster im Verhältnis der Sorten und Zuchtlinien. Im Jahr 2020 wurden auf beiden Standorten vier der sechs Sorten bzw. Zuchtlinien im Ranking gleich bewertet, nämlich Trafford F1, Solvita, Rodelika und KS-MOG-DH-RxR. Sehr variabel reagierten in beiden Jahren und auf beiden Standorten KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ. Interessant ist das Verhältnis von KS-MOG-DH-RxR und Trafford F1. Es blieb in beiden Jahren und auf beiden Standorten gleich.

Beim Merkmal *Warm* (Abbildung 63) lassen sich wenig Muster im Verhältnis der Sorten und Zuchtlinien erkennen. Offensichtlich reagierte dieses Merkmal stärker auf Standort und Jahr. Wiederzuerkennen ist allerdings das gleichbleibende Verhältnis der Varianten KS-MOG-DH-RxR und Trafford F1, das sich bereits beim emotionalen Befinden zeigte.

Im Jahr 2020 am Standort KHOH wurde die Variante KS-MOG-CHE-HKÖ signifikant wärmer als die Variante KS-MOG-SAT505 bewertet (Abbildung 64).

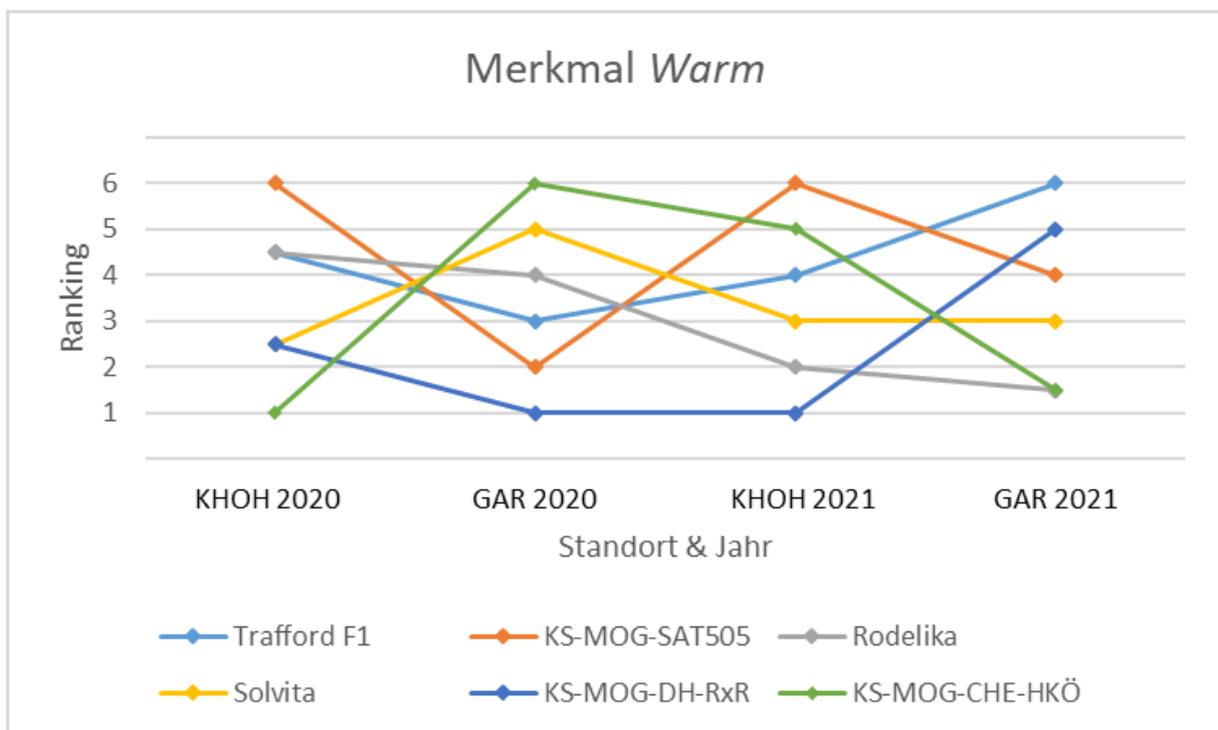


Abbildung 63: Ranking der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021) im Hinblick auf das Merkmal *Warm*. (1 = warm, 6 = kalt).

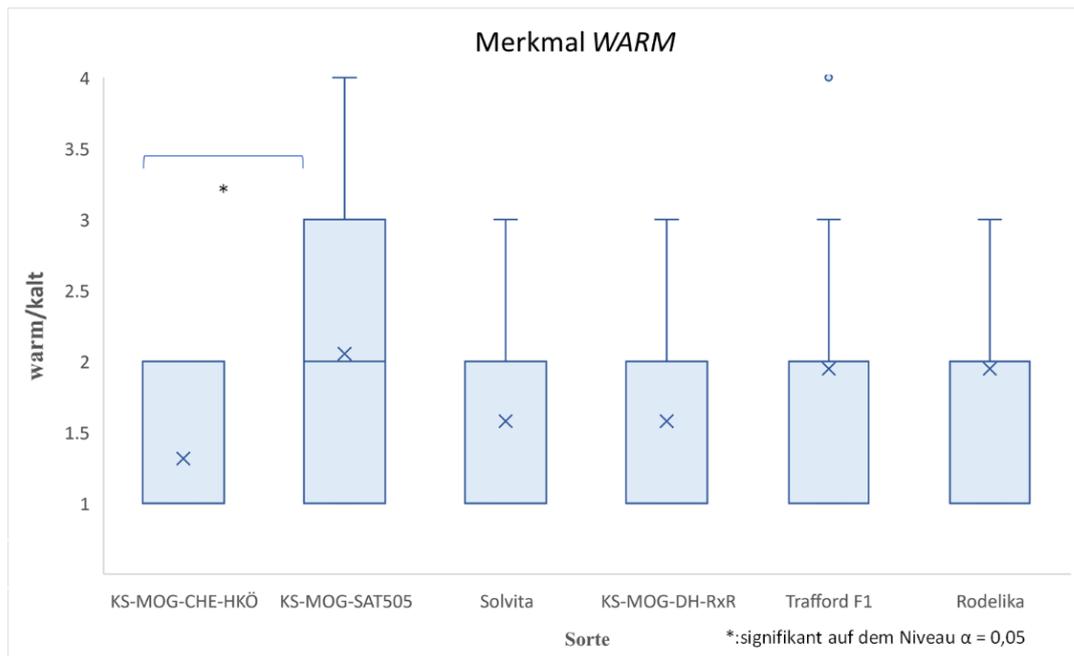


Abbildung 64: Ausprägung des Merkmals WARM der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien vom Standort KHOH aus dem Anbaujahr 2020 (1 = warm, 5 = kalt).

Ergebnisse der freien Beschreibung des Empathic Food Test:

Das Säulendiagramm in Abbildung 65 stellt beispielhaft für drei Sorten bzw. Zuchtlinien die Hauptwirkungen der freien Beschreibung dar. Es ist erkennbar, dass die Eigenschaft *Wach/Hell* u.a. am stärksten ausgeprägt war, gefolgt von den Hauptwirkungen *Guter Stand* und *Warm*. Alle weiteren (positiv konnotierten) Merkmale des körperlichen und emotionalen Befindens waren bei den Möhren schwächer ausgeprägt.

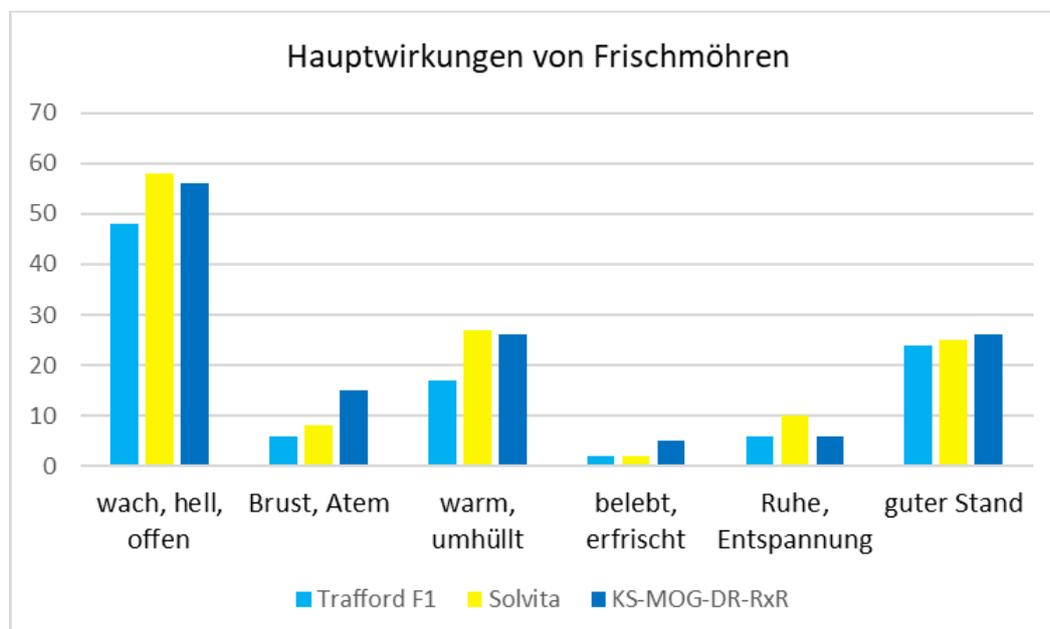


Abbildung 65: Messung lebensmittelinduzierter Emotionen. Hauptwirkungen der Frischmöhren von drei Genotypen aus den Jahren 2020 und 2021 vom Standort KHOH. Anzahl der Beobachtungen.

Um einen Vergleich der sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien mit Blick auf die Hauptwirkung der freien Beschreibung zu ermöglichen, werden in Abbildung 66 die Ergebnisse

über die drei oben genannten Hauptwirkungen von Möhren *Wach*, *Guter Stand* und *Warm* dargestellt. Alle weiteren positiv konnotierten Merkmale werden ergänzend als eine Hauptwirkung vorgestellt. Außerdem ist die Ausprägung der negativ konnotierten Merkmale beschrieben.

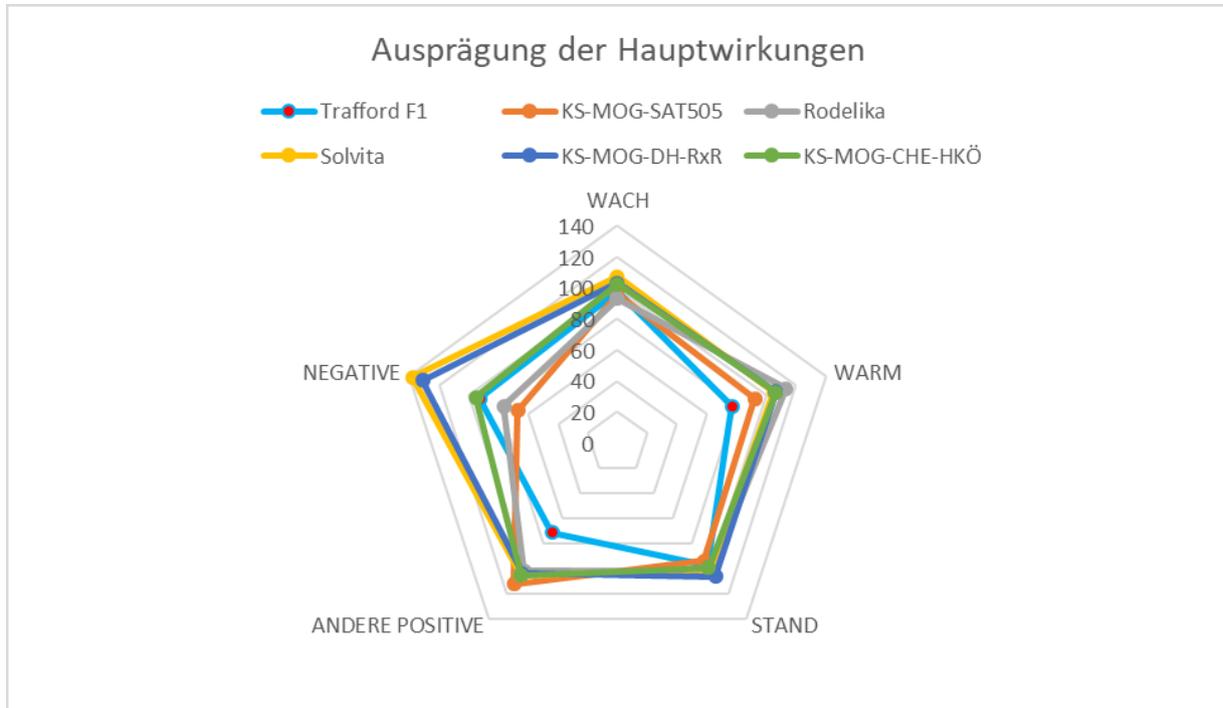


Abbildung 66: Ausprägung der Hauptwirkungen der freien Beschreibung der Frischmöhren von sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien über zwei Standorte (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahre (2020, 2021). Relative Ausprägung in Prozent bezogen auf den Mittelwert der sechs Genotypen.

Das Diagramm in Abbildung 66 illustriert, dass sich die sechs Möhrenvarianten im Hinblick auf die Hauptwirkungen *Wach* und *Guter Stand* kaum unterschieden. Die größten Unterschiede zeigten sich bei der Ausprägung negativ konnotierter Merkmale.

Die Sorte Trafford F1 fällt durch die geringste Anzahl an Beobachtungen bei den Hauptwirkungen *Warm* und *Anderen positiven Merkmale* auf. Die Ausprägung der *Anderen positiven Merkmale* kann als ein Kriterium für die Vielfalt der Wirkungen betrachtet werden.

Im Radarplot ist die Ausprägung negativ konnotierter Merkmal invers dargestellt, um eine Vergleichbarkeit den positiv konnotierten Merkmalen zu erhalten. Hohe Prozentwerte weisen auf eine geringe Ausprägung negativ konnotierter Merkmale. Die stärkste Ausprägung negativ konnotierter Merkmale wies die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 auf, die geringste Ausprägung zeigten Solvita und KS-MOG-DH-RxR. Auch bei den anderen (positiv konnotierten) Hauptwirkungen wiesen Solvita und KS-MOG-DH-RxR durchgängig hohe Werte auf.

In einer Varianzanalyse auf Basis der Ergebnisse der Jahre 2020 und 2021 der Standorte KHOH und GAR zeigt sich als deutlichster Unterschied eine statistische Tendenz ($p = 0,09$) zwischen Solvita und Trafford F1 mit einer hohen Effektstärke (Cohen's d 1,46) bei den *Negativ konnotierten* Merkmalen. Trafford F1 wies am meisten und Solvita am wenigsten *Negativ konnotierte* Merkmale auf.

Um zu dokumentieren, wie sich das Verhältnis der Genotypen unter dem Einfluss von Standort und Jahr geändert hat, werden nachfolgend die Ergebnisse der freien Beschreibung für die Hauptwirkungen *Anderen positiven Merkmale*, *Warm* und *Negativ konnotierte Merkmale*

dargestellt. Wie in Abbildung 66 gezeigt wurde, sind dies die drei Hauptwirkungen mit den größten Sortenunterschieden.

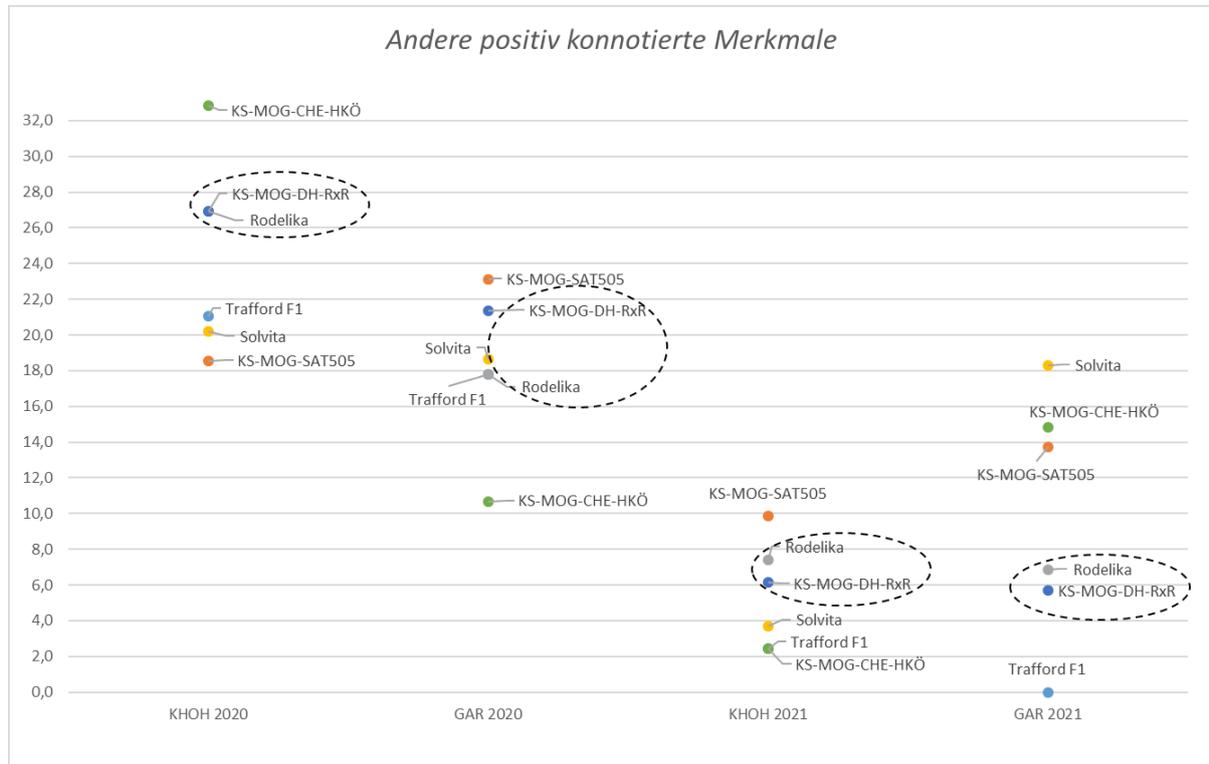


Abbildung 67: Häufigkeit der Nennung Anderer positiv konnotierter Merkmale bei Frischmöhren von zwei Standorten (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahren (2020, 2021). Vergleich von sechs Sorten und Zuchtlinien.

Abbildung 67 zeigt zum einen erhebliche Unterschiede in der Ausprägung des Merkmals *Anderer positiv konnotierte Merkmale* zwischen den Jahren und Standorten. Zum anderen sind gewisse Muster bei Sorten und Zuchtlinien zu erkennen. Zum Beispiel liegen die Ergebnisse von Rodelika und KS-MOG-DH-RxR sehr nah beieinander (siehe gestrichelte Ovale), unabhängig von Standort- und Jahreseinfluss. Die gleiche hohe Übereinstimmung von Rodelika und KS-MOG-DH-RxR ist beim Merkmal *Warm* (Abbildung 68) zu erkennen, allerdings nicht beim Merkmal *Negativ konnotierte Merkmale* (Abbildung 69).

Im Spinnendiagramm in Abbildung 66 fällt Trafford F1 durch die geringste Ausprägung des Merkmals *Anderer positive Merkmale* auf. Die Detailbetrachtung in Abbildung 67 zeigt, dass dieses Muster im Jahr 2021 (auf beiden Standorten) wenn auch nicht statistisch gesichert so doch besonders deutlich war.

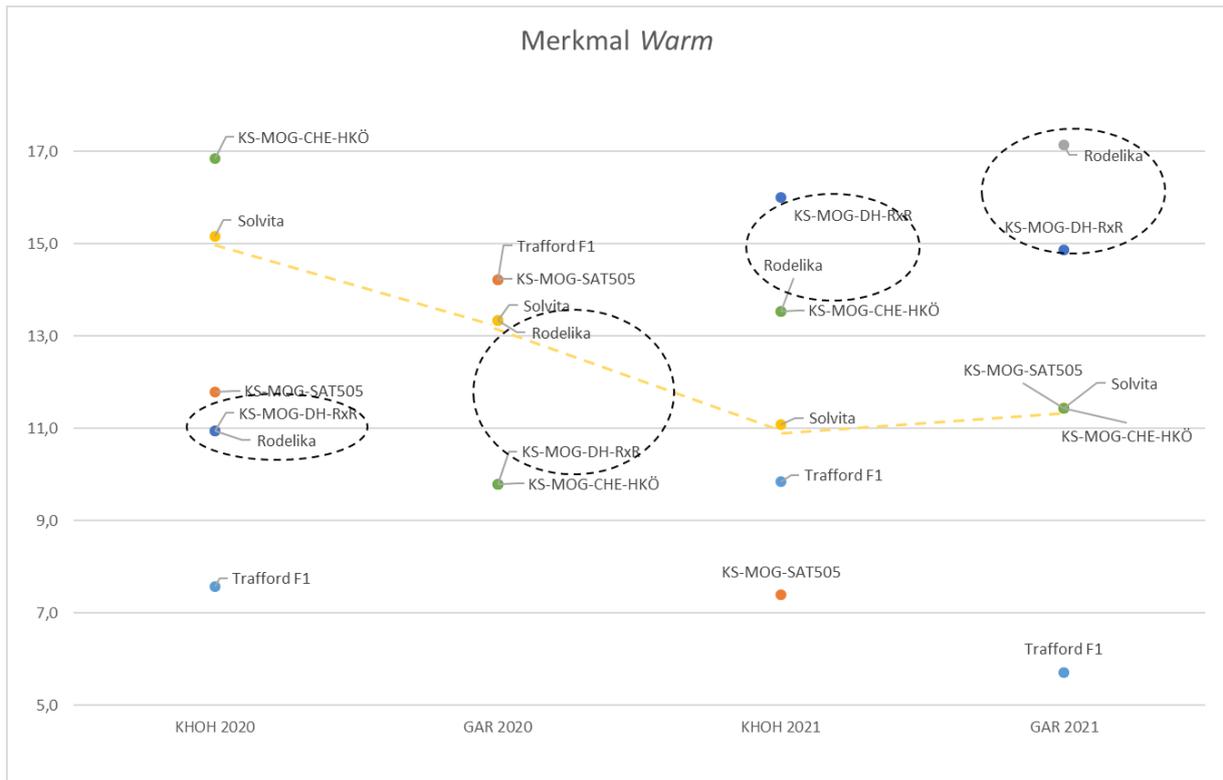


Abbildung 68: Häufigkeit der Nennung des Merkmals Warm bei Frischmöhren von zwei Standorten (KHOH, GAR) und zwei Anbaujahren (2020, 2021). Vergleich von sechs Sorten und Zuchtlinien.

Bei der Ausprägung des Merkmals Warm (Abbildung 68) fällt neben der relativen Übereinstimmung von Rodelika und KS-MOG-DH-RxR weiter Folgendes auf: Die ungünstige Bewertung der Sorte Trafford F1, die sich in Abbildung 66 zeigt, trat in drei von vier Fällen auf, nämlich KHOH 2020 und 2021 sowie GAR 2021. Außerdem ist die stabile Ausprägung dieses Merkmals bei der Sorte Solvita zu erwähnen (hervorgehoben durch gelbe Linien).

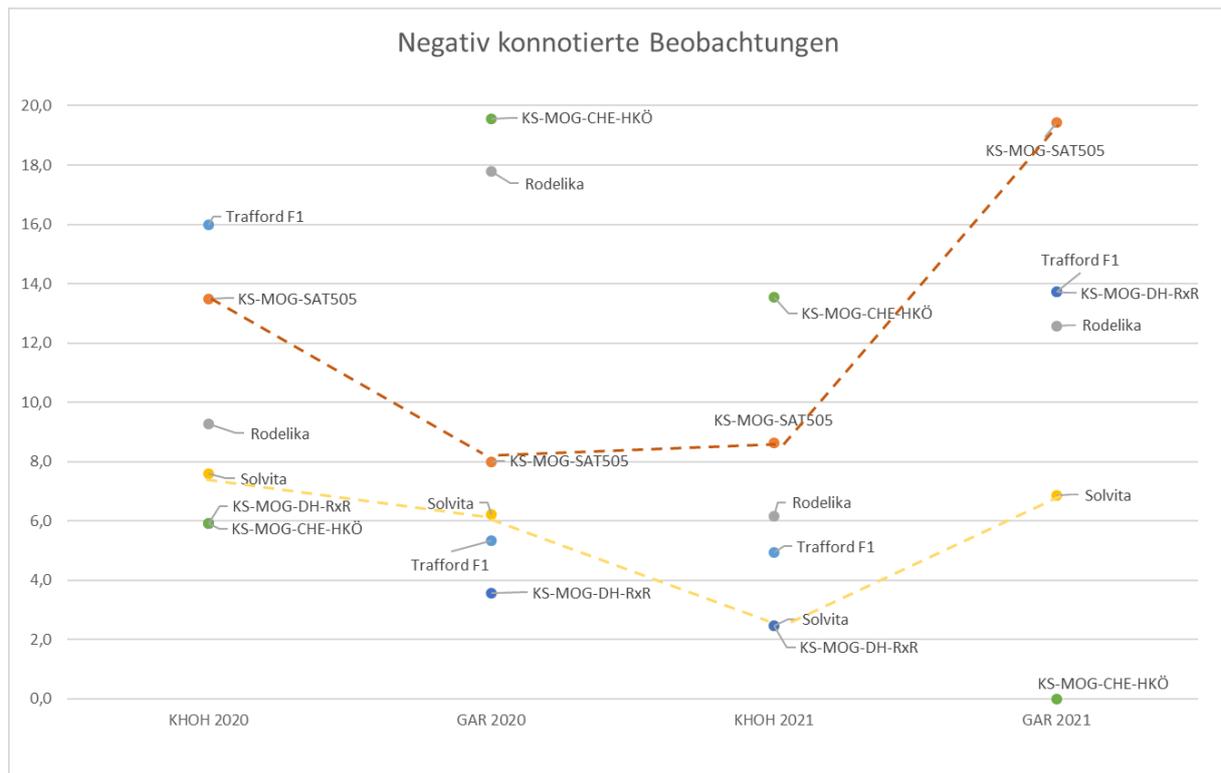


Abbildung 69: Häufigkeit der Nennung Negativ konnotierter Merkmale bei Frischmöhren von zwei Standorten KHOH, GAR) und zwei Anbau (2020, 2021). Vergleich von sechs Sorten und Zuchtlinien.

Im Hinblick auf die Ausprägung negativ konnotierter Merkmale reagierten einige Genotypen variabel auf das Jahr und den Standort (z.B. Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ), andere zeigten sich hingegen stabil. In Abbildung 69 hervorgehoben ist das Verhältnis der Sorte Solvita und der Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 durch farbige Linien. Solvita wies stabil eine geringe Anzahl negativ konnotierter Beobachtungen auf. Die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 zeigte ein ähnliches Muster über die Jahre und Standorte, allerdings bei einer deutlich höheren Anzahl negativ konnotierter Beobachtungen. Die Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR wies im Jahr 2020 auf beiden Standorten und in KHOH 2021 eine sehr niedrige Anzahl negativ konnotierter Merkmale auf.

4.2.4.2 Möhrensäfte

Vergleich der Sorten und Zuchtlinien:

Bei der Auswertung der Ergebnisse der 12 polaren Merkmale des Empathic Food Test zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Säften der sechs Sorten und Zuchtlinien aus Kaltvermahlung im Jahr 2023.

Allerdings deutet die freie Beschreibung auf Effekte. Das Diagramm in Abbildung 70 stellt sechs (positiv konnotierte) Hauptwirkungen dar. Die höchste Merkmalsausprägung zeigte sich bei Rodelika. Sehr ähnlich war das Ergebnis von KS-MOG-DH-RxR. Die kleinste Fläche im Radarplot und damit die geringste Merkmalsausprägung zeigte KS-MOG-SAT505.

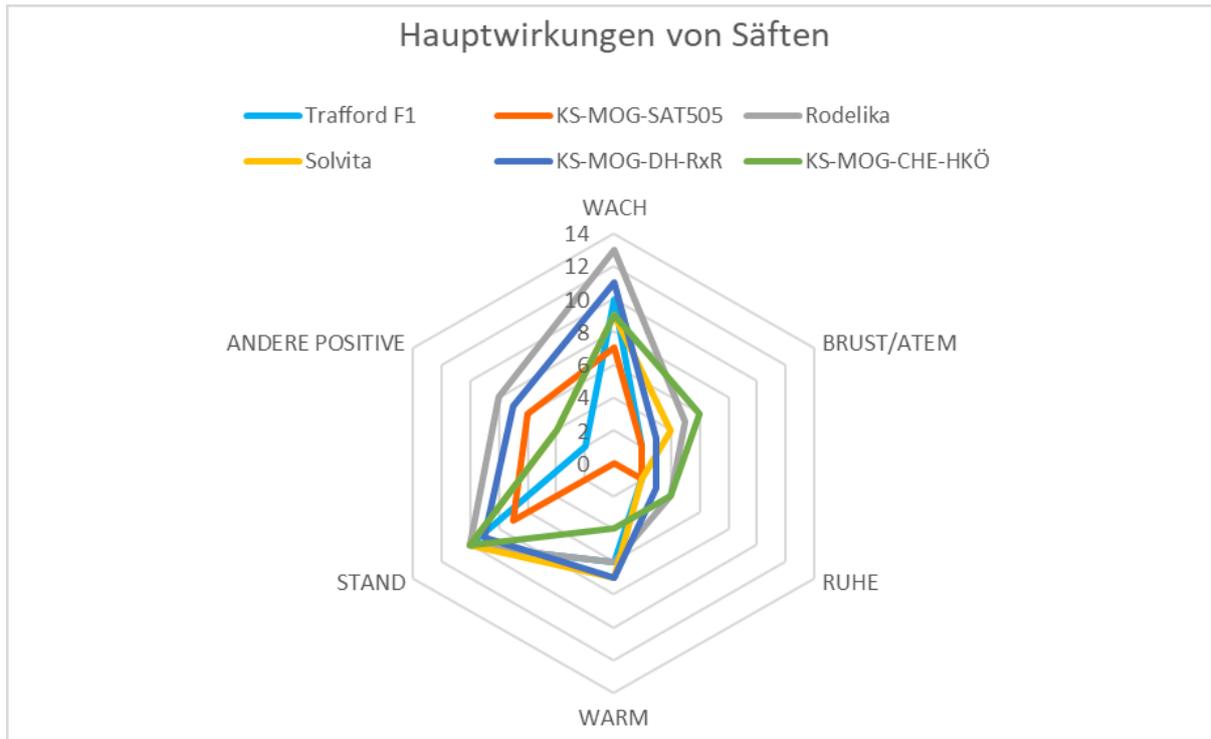


Abbildung 70: Lebensmittelinduzierte Emotionen von Möhrensäften aus Kaltvermahlung. Häufigkeit der Nennung von sechs positiv konnotierten Hauptwirkungen. Vergleich der Säfte von sechs Sorten und Zuchtlinien vom Standort GAR im Anbaujahr 2023.

Bei Trafford F1 fällt die im Vergleich sehr schwache Ausprägung der Hauptwirkung *Andere positive Merkmale* auf. Bereits bei den Frischmöhren der Jahre 2020 und 2021 der Standorte KHOH und GAR fiel Trafford F1 durch eine schwache Ausprägung dieses Merkmals auf (Abbildung 66 und Abbildung 67).

Beim Saft von KS-MOG-SAT505 war weiter die schwache Ausprägung der Qualität *Warm* bemerkenswert. Auch als Frischmöhre (der Jahre 2020 und 2021 der Standorte KHOH und GAR) zeigte KS-MOG-SAT505 meist eine schwache Ausprägung der Qualität *Warm*.

Vergleich der Verarbeitungsverfahren: Heiß- und Kaltvermahlung:

Im Jahr 2021 wurde getestet, wie die sechs Sorten und Zuchtlinien in der Verarbeitung auf zwei unterschiedliche Verfahren reagierten, nämlich die sogenannte Heißvermahlung im Vergleich zur sogenannten Kaltvermahlung. Die Abbildung 71 zeigt anhand von fünf Hauptwirkungen der freien Beschreibung, wie die sechs Möhrenvarianten auf die zwei Verarbeitungsverfahren reagierten. Bei fünf der sechs Varianten zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Verarbeitungsverfahren. Kaum einen Unterschied zeigte nur die Sorte Solvita, d.h. sie war stabil im Hinblick auf die hier untersuchten

Verarbeitungsverfahren. Vier der sechs Varianten zeigten einen sehr ähnlichen Unterschied, nur Rodelika wies ein etwas anderes Muster auf (einzig bei Rodelika war die Hauptwirkung *Wach/Hell* nach Kaltvermahlung stärker ausgeprägt als bei Heißvermahlung). Ähnlich waren die Säfte KS-MOG-DH-RxR, KS-MOG-CHE-HKÖ, Trafford F1 und KS-MOG-SAT505 in der Hinsicht, dass die Heißvermahlung eine höhere Ausprägung der Merkmale *Wach/Hell* und *Brust/Atem* und die Kaltvermahlung eine stärkere Ausprägung der Merkmale *Warm/Ruhe* und *Negativ konnotiert* bewirkte.



Abbildung 71: Lebensmittelinduzierte Emotionen von Möhrensäften aus sechs Sorten/Zuchtlinien aus dem Jahr 2021. Anzahl der Beobachtungen bei den Hauptwirkungen Wach/Hell, Brust/Atem, Warm/Ruhe, guter Stand und negativ konnotierte Merkmale. Vergleich von zwei Verarbeitungsverfahren.

Bei allen sechs Sorten und Zuchtlinien traten in den kaltvermahlenden Säften mehr negativ konnotierte Beobachtungen auf, z.B. *Schwere* oder *Druck*, als in den heißvermahlenden. In fünf von sechs Fällen waren die Hauptwirkungen *Brust/Atem* und *Wach/Hell* stärker in den heißvermahlenden Säften und die Hauptwirkung *Warm/Ruhe* stärker in den kaltvermahlenden Säften ausgeprägt.

Die Auswertung der 12 polaren Merkmale des Empathic Food Test zeigte bei einigen Genotypen zum Teil signifikante Unterschiede zwischen den beiden Verarbeitungsverfahren:

Bei KS-MOG-DH-RxR lagen bei sieben Merkmalen signifikante Effekte vor. Nach dem heißvermahlenden Saft empfanden sich die Testpersonen erfrischer ($p = 1\%$), motivierter ($p = 3,3\%$), wacher ($p = 2,1\%$), entspannter ($p = 2,8\%$), wohliger ($p = 0,9\%$), zufriedener ($p = 2\%$) und ausgewogener ($p = 0,3\%$) als nach dem kaltvermahlenden Saft.

Bei Trafford F1 empfanden sich die Testpersonen nach dem heißvermahlenden Saft wacher ($p = 4,5\%$) als beim Saft derselben Sorte aus Kaltvermahlung.

Heißvermahlener Saft der Sorte Rodelika zeigte eine stärkere Ausprägung des Merkmals *Hell* ($p = 1\%$), während auf der anderen Seite kaltvermahlener Saft von Rodelika stärker *Entspannt* wirkte ($p = 0,5\%$).

Vergleich von Tankmischung mit flaschenkonserviertem Saft:

Eine weitere sich ergebende Fragestellung war, wie sich die Saftqualität durch den Prozess der Flaschenkonservierung veränderte. Dazu wurde eine Saftprobe des Produkts „Feldfrischer Möhrensaft“ aus dem Großtank mit dem (auslieferfertigen) flaschenkonservierten „Feldfrischen Möhrensaft“ verglichen.

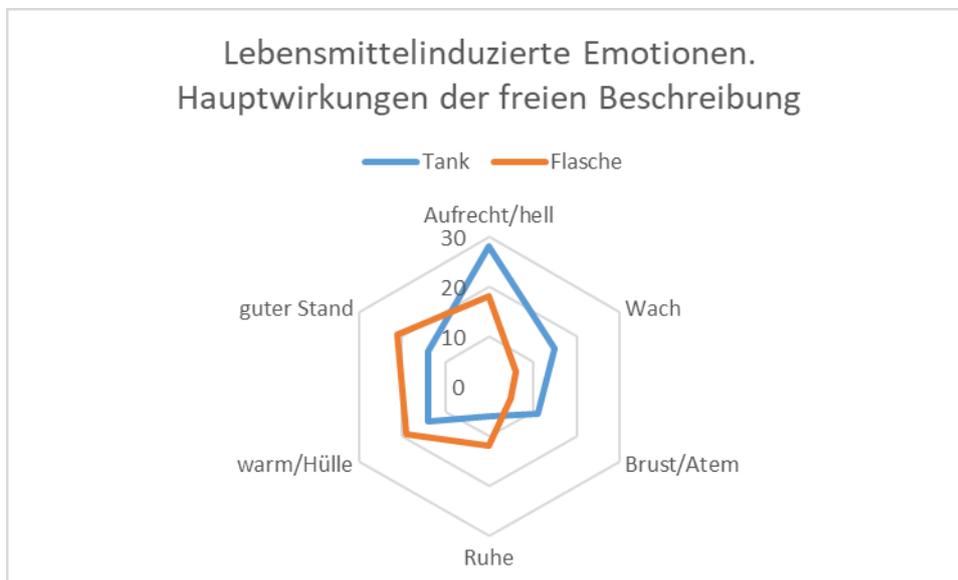


Abbildung 72: Lebensmittelinduzierte Emotionen des Produkts „Feldfrischer Möhrensaft“, untersucht vor der Abfüllung als Tankmix sowie nach der Konservierung in Flaschen im Jahr 2021. Anzahl der Beobachtungen bei den Hauptwirkungen aufrecht/hell, wach, Brust/Atem, Ruhe, warm/Hülle und guter Stand.

Bei den 12 polaren Fragen des Empathic Food Test gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Saft aus dem Tank und dem flaschenkonservierten Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“, allerdings zeigte die freie Beschreibung eine Veränderung des Wirkungsprofils. In Abbildung 72 ist zu erkennen, dass die Hauptwirkungen *Aufrecht/Hell*, *Wach*, *Brust/Atem* beim Tanksaft stärker als beim flaschenkonservierten Saft ausgeprägt waren. Beim Endprodukt waren hingegen die Qualitäten *Ruhe*, *Warm/Hülle* und *Guter Stand* deutlicher.

4.2.4.3 Verhältnis zu anderen Methoden

Im Rahmen des hier beschriebenen Projektes wurden erste Korrelationsrechnungen vorgenommen, um die verschiedenen Qualitätserfassungsmethoden in Beziehung zu setzen. In Tabelle 37 ist dargestellt, wie die drei Kriterien des Empathic Food Test (Merkmal *Warm*, emotionales Befinden (Skala 1) sowie körperliches und mentales Befinden (Skala 2) zu den Einzelmerkmalen der Sensorik stehen. Von Interesse ist vor allem die partielle Korrelation. Die

Werte basieren wiederum auf den Frischmöhrenergebnissen der Jahre 2020 und 2021 von den Standorten KHOH und GAR.

Aus der Perspektive der lebensmittelinduzierten Emotionen ist zunächst hervorzuheben, dass solche wichtigen sensorischen Merkmale wie „Geschmack süß“ oder „Geschmack Gesamtaroma“ keine Korrelation zu den Ergebnissen der lebensmittelinduzierten Emotionen aufwiesen. Dies unterstreicht, dass Ergebnisse der lebensmittelinduzierten Emotionen nicht trivial aus Sensorik-Attributen zu erklären sind, sondern eine eigenständige Qualitätsebene darstellen. In Tabelle 37 sind nur wenige positive oder negative Korrelationen festzustellen. Relativ deutliche Zusammenhänge zeigten lediglich die Sensorik-Attribute „mildes Möhrenaroma“ und „nussiger Geruch“. Diese Ergebnisse deuten auf einen weiteren erheblichen Forschungsbedarf zum Verständnis lebensmittelinduzierter Emotionen.

Tabelle 37: Korrelationen (r) und partielle ($r_{part.}$) Korrelationen zwischen Sensorik-Attributen und Merkmalen der lebensmittelinduzierten Emotionen. Grün hinterlegte Felder: positive Korrelationen, rosa hinterlegte Felder: negative Korrelationen. (Eine hohe Ausprägung der Qualität Warm und eine positive Konnotation beim emotionalen sowie beim körperlichen und mentalen Befinden wird auf der Skala von 1 bis 5 mit dem Wert 1 bewertet. Deshalb erhalten positive Korrelationen in der Tabelle ein Minus.) Auf Basis der Mittelwerte der Frischmöhren von den Standorten KHOH und GAR in den Anbaujahren 2020 und 2021. Die Korrelationen und partiellen Korrelationen wurden mit IBM SPSS Statistics Version 26 gerechnet. Die partiellen Korrelationen kontrollieren für Jahr und Sorte, die als Dummies modelliert wurden.

r	$r_{part.}$	r	$r_{part.}$	r	$r_{part.}$	Sensorik-Attribut
warm-kalt	warm-kalt	emotion. Empfinden	emotion. Empfinden	körperl. u. mentales Befinden	körperl. u. mentales Befinden	
-0,10	-0,45	0,15	-0,02	0,25	-0,06	Herber wurzelartiger Geruch (Saft)
0,19	-0,02	0,42	0,37	0,48	0,40	Herber wurzelartiger Geruch (Raspel)
0,30	0,23	0,07	-0,07	0,09	-0,21	Erdiger Geruch (Saft)
0,43	0,42	0,37	0,37	0,38	0,33	Erdiger Geruch (Raspel)
0,25	0,10	0,22	0,13	0,32	0,23	Seifiger Geruch (Saft)
-0,30	-0,34	0,06	0,19	0,02	0,18	Seifiger Geruch (Raspel)
0,12	0,17	0,10	0,06	0,14	0,05	Nussiger Geruch (Saft)
-0,35	-0,58	-0,34	-0,58	-0,27	-0,70	Nussiger Geruch (Raspel)
-0,09	-0,23	0,08	-0,05	0,17	-0,04	Komponentenreicher Geschmack (Saft)
-0,11	-0,32	0,01	-0,15	0,02	-0,29	Komponentenreicher Geschmack (Raspel)
0,40	0,36	0,51	0,57	0,45	0,37	Wurzelartig herber Geschmack (Saft)
0,52	0,56	0,05	-0,04	0,12	-0,04	Wurzelartig herber Geschmack (Raspel)
-0,58	-0,83	-0,29	-0,52	-0,21	-0,65	mildes Möhrenaroma (Saft)
-0,37	-0,54	-0,11	-0,26	-0,18	-0,61	mildes Möhrenaroma (Raspel)
0,01	0,02	-0,27	-0,42	-0,29	-0,52	Flüchtig wässriger Geschmack (Saft)
0,13	0,14	-0,06	-0,12	0,08	0,08	Flüchtig wässriger Geschmack (Raspel)
0,03	0,00	0,05	-0,04	0,16	0,03	Nussiger Geschmack (Saft)
-0,25	-0,36	-0,23	-0,44	-0,16	-0,46	Nussiger Geschmack (Raspel)
0,07	-0,13	-0,19	-0,47	-0,19	-0,56	Seifiger Geschmack (Saft)
0,34	0,29	-0,04	-0,20	0,03	-0,24	Seifiger Geschmack (Raspel)
0,47	0,67	0,30	0,47	0,23	0,39	Bitterer Geschmack (Saft)
0,16	-0,01	-0,02	-0,24	0,08	-0,19	Bitterer Geschmack (Raspel)
0,14	0,12	-0,08	-0,21	-0,17	-0,46	Fremdgeschmack (Saft)
0,27	0,24	0,15	0,11	0,16	0,03	Fremdgeschmack (Raspel)

r	r _{part.}	r	r _{part.}	r	r _{part.}	Sensorik-Attribut
0,24	0,17	0,26	0,27	0,34	0,69	Geruch Gesamtaroma (Saft)
0,28	0,16	0,31	0,33	0,31	0,66	Geruch Gesamtaroma (Raspel)
0,01	-0,08	0,26	0,06	0,17	-0,06	Geruch süß (Saft)
0,00	-0,14	0,24	0,07	0,21	0,28	Geruch süß (Raspel)
-0,06	-0,30	-0,24	-0,41	-0,18	-0,30	Geruch grün (Saft)
0,19	-0,05	0,00	-0,18	0,05	-0,05	Geruch grün (Raspel)
0,27	0,17	0,17	0,07	0,24	0,31	Farbigkeit (Saft)
0,35	0,18	0,38	0,30	0,48	0,46	Farbigkeit (Raspel)
0,01	-0,18	0,10	-0,16	0,15	0,01	Geschmack Gesamtaroma (Saft)
-0,06	-0,28	0,03	-0,17	0,02	-0,10	Geschmack Gesamtaroma (Raspel)
0,04	0,30	0,20	0,38	0,10	0,26	Geschmack süß (Saft)
-0,17	-0,35	-0,04	-0,30	-0,07	-0,38	Geschmack süß (Raspel)
0,12	-0,03	-0,06	-0,22	-0,06	0,02	Geschmack seifig (Saft)
0,43	0,37	0,22	0,14	0,19	0,30	Geschmack seifig (Raspel)
0,43	0,35	0,25	0,19	0,27	0,43	Geschmack grün (Saft)
0,51	0,45	0,35	0,32	0,32	0,42	Geschmack grün (Raspel)
0,41	0,40	0,30	0,45	0,27	0,55	Geschmack bitter (Saft)
0,19	-0,12	0,03	-0,34	0,07	-0,39	Geschmack bitter (Raspel)
0,54	0,44	0,44	0,35	0,38	0,37	Mundgefühl brennend (Saft)
0,20	0,00	0,03	-0,12	-0,08	-0,35	Mundgefühl brennend (Raspel)

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Versuchsanbau sowie Praxisanbau von Verarbeitungsmöhren

5.1.1 Agronomische Merkmale

Der durchschnittliche **Möhrenertrag** im Ökologischen Landbau lag im Jahr 2021 lag bei 50,61 t ha⁻¹ (DESTATIS, 2021). Die Hybride Trafford F1 spiegelte diesen mittleren Ertrag mit ihrem Ertragspotenzial von 48,6 ± 4,1 t ha⁻¹ wider und stellt daher eine gute Referenz dar. Das Ertragspotenzial der samenfesten Sorte Solvita lag durchschnittlich 10,3 t ha⁻¹ über demjenigen der Referenzhybride und ist damit besonders hervorzuheben. Rodelika und die Zuchtlinien KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ unterschieden sich nicht signifikant von der Hybride Trafford F1 und sind daher in ihrem Ertragspotenzial als vielversprechende Alternativen zu sehen. Die Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR erreichte im Sortenvergleich nur unterdurchschnittliche Erträge.

Die signifikant niedrigeren Erträge im Jahr 2023 sind auf die im Abschnitt 3.1.2 beschriebenen Faktoren zurückzuführen. Die starken Ertragseinbußen könnten zu einer Verfälschung der Ertragspotenziale führen, weshalb in Tabelle 8 zum Vergleich zusätzlich nur die mittleren Erträge aus 2020 und 2021 dargestellt wurden. Die um das Jahr 2023 bereinigten Möhrenerträge lagen zwischen 49,4 t ha⁻¹ (KS-MOG-DH-RxR) und 72,4 t ha⁻¹ (Solvita) und machen deutlich, dass alle Sorten außer KS-MOG-DH-RxR ein vielversprechendes Ertragspotenzial aufwiesen.

Im Jahr 2021 wurde eine signifikant höhere **Anzahl an Möhrenpflanzen pro m²** zum Zeitpunkt der Ernte in KHOH und TAU im Vergleich zum Jahr 2023 erzielt. Dies ist einerseits bedingt durch die höhere Saatstärke in 2021 und andererseits durch die extrem lückigen Bestände in 2023 aufgrund der starken Trockenheit. Für den Standort GAR konnte aufgrund des

außergewöhnlich hohen Standardfehlers, welcher sich durch die signifikant niedrigeren Erträge in 2023 begründet, kein signifikanter Unterschied berechnet werden.

Für das Spross-Wurzel-Verhältnis (nur KHOH) konnten ebenfalls signifikante Jahresunterschiede festgestellt werden. Ein höherer Wert, wie er im Jahr 2020 beobachtet wurde, ist tendenziell als vorteilhaft einzustufen, da er auf einen größeren Anteil an Wurzelmasse im Verhältnis zur Blattmasse hindeutet. Im Ertrag spiegelte sich dies allerdings nicht wider, was darauf hindeutet, dass die Möhren weniger Blattmasse bildeten, ohne die Produktion von Rübenmasse zu vermindern. Die Unterschiede sind ebenfalls auf Aussaatstärke und die stark unterschiedlichen Witterungsbedingungen zurückzuführen.

Die **nicht-marktfähigen Erträge** bewegten sich auf einem niedrigen Niveau und es gab keine signifikanten Unterschiede. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Marktfähigkeit nach Kriterien zur Versaftung bestimmt wurde. Nicht-marktfähige Möhren waren entweder stark beschädigt, dünner als 1 cm oder kürzer als 10 cm.

Eine signifikante Sorte*Ort-Interaktion deutet darauf hin, dass die Reaktion der Sorten auf unterschiedliche Umweltbedingungen je nach Standort variiert. Dieser Effekt war für die **Länge** der Möhren signifikant. Die Zuchtlinien KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-CHE-HKÖ produzierten am Standort GAR signifikant längere Möhren im Vergleich zu TAU und KHOH. Alle anderen Sorten zeigten eine stabile Performance hinsichtlich ihrer Möhrenlänge über die drei untersuchten Standorte hinweg. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass alle Möhrensorten und -zuchtlinien am Standort GAR tendenziell längere Möhren ausbildeten als an den anderen Standorten. Dies könnte durch die Bodenbeschaffenheit (lehmiger Sand) erklärt werden, die sich deutlich von derjenigen der anderen Standorte unterscheidet (TAU: sandiger Lehm, KHOH: Löss bis toniger Lehm).

Im Sortenvergleich innerhalb der Standorte wies die Sorte Trafford F1 am Standort KHOH signifikant längere Möhren auf als alle anderen untersuchten Sorten. Am Standort TAU waren die Möhren der Hybride Trafford F1 länger als KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-SAT505. Jedoch ergab sich an Standort GAR ein vollkommen anderes Bild: KS-MOG-DH-RxR produzierte die längsten Rüben, jedoch nicht signifikant länger als die von Trafford F1. Solvita und KS-MOG-SAT505 zeigten im Vergleich zu Trafford F1 kürzere Rüben. Insbesondere KS-MOG-DH-RxR schien empfindlich in ihrer Länge auf Umwelteinflüsse zu reagieren.

Der höchste **Durchmesser** wurde bei der Sorte Solvita festgestellt, welcher signifikant größer war als bei der Referenzsorte Trafford F1, während der Durchmesser bei der Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 im Vergleich zu Trafford F1 signifikant kleiner war. Alle Sorten waren über die Standorte in diesem Merkmal stabil.

Trotz der teils hohen Schwankungen hinsichtlich ihrer Längen und der signifikanten Unterschiede bezüglich der Durchmesser, konnten keine signifikanten Unterschiede in den **Möhrengewichten** beobachtet werden. Keine der untersuchten Sorten unterschied sich diesbezüglich signifikant von der Referenzsorte Trafford F1.

Solvita hatte die höchste **CCR**, während die niedrigsten CCR in Trafford F1 und KS-MOG-CHE-HKÖ festgestellt wurden. Eine hohe CCR bedeutet einen niedrigeren Anteil des Coretex (Phloem) im Vergleich zum Core (Xylem = Zentralzylinder der Möhre). Es ist bekannt, dass wertgebende Inhaltsstoffe hauptsächlich im Bereich des Phloems eingelagert werden (Sekara et al., 2014).

5.1.1.1 Laub- und Rübenbonituren

Die Blattkrankheiten *Alternaria dauci* (Möhrenschwärze) und *Erysiphe heraclei* (Echter Mehltau) werden hauptsächlich durch warme und feuchte Bedingungen gefördert (Strider,

1963). Bei hohen Befällen können die Blätter absterben und sowohl die Erträge durch reduzierte Biomassebildung deutlich reduzieren als auch die mechanische Ernte erheblich erschweren (Ben-Noon et al., 2001; Watson, 2016). Hinsichtlich des Mehлтаubefalls unterschieden sich die Möhrensorten nicht signifikant voneinander. Der *Alternaria*-Befall war am Standort KHOH signifikant niedriger als an den anderen beiden Versuchsstandorten, während die **Laublänge** hier am höchsten war. Am Standort GAR war der *Alternaria*-Befall signifikant am höchsten, und die Möhren bildeten tendenziell das kürzeste Laub aus (bei Trafford F1 war dies auch statistisch gesichert) (Tabelle 12). Diese Ergebnisse stimmen mit den Untersuchungen Santos et al. (2000) überein, die zeigten, dass Behandlungen mit Gibberellinsäure, die zu einem verlängerten Blattwachstum und späterer Blattseneszenz führen, den *Alternaria*-Befall wirksam reduzieren können (Santos et al., 2000).

Die niedrigste **Blattstabilität** wurde für Trafford F1 festgestellt. Verhältnismäßig stabiles Laub wurde für die Sorten Solvita und die Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ beobachtet. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass die Erfassung der Laubstabilität nur am Standort KHOH in den Versuchsjahren 2020 und 2021 und am Standort TAU im Jahr 2021 stattfand. Um eine abschließende Bewertung der Blattstabilität zu gewährleisten, sind weitere Studien notwendig.

Die **Rübenform** wird hauptsächlich durch genetische Merkmale definiert (Simon et al., 2008). Die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 war im Gegensatz zu der konischen Form aller anderen untersuchten Sorten zylindrisch. Zylindrisch geformte Möhren sind besonders attraktiv für den Frischmarkt, da sie hinsichtlich Lagerung und Transport besonders strengen optischen Richtlinien entsprechen müssen (Vereinte Nationen, 2017). Außerdem sind zylindrische Möhren besonders für die Verarbeitung zu Tiefkühlware geeignet, da sie geschnitten viele gleichförmige Stücke ergeben. Für Frischmarkt und Tiefkühlware sind außerdem eine hohe Homogenität und ein hoher Trockenmassegehalt von Bedeutung (Pearce, 1999). Bezüglich der **Homogenität** konnten für keine der untersuchten Möhrensorten signifikante Unterschiede zur Hybride Trafford F1 berechnet werden.

Die **Grünköpfigkeit** war jahres- und standortabhängig. Grünköpfigkeit ist eine physiologische Störung bei Karotten und wird durch die Ansammlung von Chlorophyll an der Wurzelkrone verursacht. Die grüne Verfärbung wird hauptsächlich durch Lichteinwirkung verursacht, was zu einer Produktion von Chlorophyll führt. Wenn das Tiefenwachstum der Möhren behindert wird, werden die Karotten leicht aus dem Boden gedrückt und dem Licht ausgesetzt (Palanisamy et al., 2009). Der schwere und teilweise steinige Boden in KHOH könnte zu diesem Phänomen geführt haben und die am Standort KHOH am stärksten ausgeprägte Grünköpfigkeit erklären. Außerdem konnten in KHOH im Jahr 2021 die Dämme während der Vegetationsperiode nicht erneut aufgeschüttet werden. Darüber hinaus wurde die obere Schicht der Dämme durch starke Regenfälle erodiert. Im Jahr 2023 traten am Standort GAR ebenfalls hohe Regenmengen auf, was auch in diesem Jahr zu einem höheren Anteil grünköpfiger Möhren geführt haben könnte. Da keine signifikanten Sortenunterschiede vorliegen, bestätigt sich die Praxiserfahrung, dass durch Umsetzung geeigneter Bewirtschaftungspraktiken eine Minimierung der Grünköpfigkeit erreicht werden kann.

Für die **Glattschaligkeit** und **Abgestumpftheit** der Sorten ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

5.1.1.2 Zusammenfassung der agronomischen Merkmale

Hinsichtlich der Laubstabilität und -länge hatten die samenfesten Sorten und Zuchtlinien gegenüber der Referenz-Hybride Trafford F1 einen Vorteil. Bezogen auf die Laubgesundheit waren alle Sorten mit der Hybride vergleichbar.

KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-CHE-HKÖ waren am sandigen Standort GAR in der Lage, signifikant längere Rüben auszubilden. Im Ertrag schlägt sich dieser Effekt allerdings nicht nieder, weshalb hier kein klarer Vorteil dieser Zuchtlinien für sandige Standorte gegeben ist.

Im Allgemeinen lag der Ertrag unter Einbezug aller drei Versuchsjahre unter dem Mittel der in Deutschland erwirtschafteten Möhrenerträge im Ökolandbau ($50,61 \text{ t ha}^{-1}$). Unter Ausschluss des dritten Jahres, in welchem die Erträge für alle Sorten weit unter den geplanten Erntemengen lagen, lagen die Erträge bei Trafford F1, Rodelika, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ über dem Mittel der in Deutschland erwirtschafteten Möhrenerträge im Ökolandbau. Aus agronomischer Sicht sind daher mit Ausnahme von KS-MOG-DH-RxR, welche durch niedrige Erträge auffiel, alle geprüften Sorten für den Anbau zu empfehlen.

Solvita überzeugte auch unter Einbezug des dritten Versuchsjahres durch außergewöhnlich hohe Erträge und hatte einen signifikant höheren Wurzeldurchmesser als Trafford F1. Solvita ist als Verarbeitungsmöhre (Saft) aus agronomischer Sicht besonders zu empfehlen.

KS-MOG-SAT505 ist die einzige Sorte mit zylindrischer Wurzelform und könnte daher zur Verwendung als TK-Ware interessant sein.

5.2 Qualitätsuntersuchungen an Frischmöhren und Möhrensäften

5.2.1 Bestimmung wertgebender Inhaltsstoffe

5.2.1.1 Frischmöhren

Die **Trockensubstanz (TS)** der Möhren unterschied sich nicht signifikant zwischen den Sorten. Die Werte schwankten zwischen 13,5 und 14,6 % und waren damit höher als die durchschnittliche TS von Möhren, welche bei rund 12 % liegt (Arscott and Tanumihardjo, 2010).

Der **Carotenoidgehalt** lag in der vorliegenden Studie zwischen $83,0 \pm 8,1$ (Trafford F1) bis $94,3 \pm 8,1$ (Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ, nicht signifikant verschieden) und somit im Bereich der aus der Literatur bekannten Carotenoidgehalte. Diese lagen in einer Studie von Yoo et al. (2020) bei 62,6 bis $141,5 \mu\text{g g}^{-1} \text{ FG}^{-1}$. Der Carotenoidgehalt gibt Aufschluss über die Verstoffwechslung zu **Vitamin A**. $6 \mu\text{g } \beta\text{-Carotin}$ entsprechen $1 \mu\text{g}$ Retinol, also Vitamin A (Bieri and McKenna, 1981).

Der **Zuckergehalt** lag bei $8,5 \pm 0,8$ (Solvita) bis $10,2 \pm 0,8$ °BRIX (KS-MOG-CHE-HKÖ) und damit im Bereich der in der Literatur beschriebenen Werte von 6,5 bis 13,2 °BRIX (Scheerens und Hosfield, 1976). Die Werte unterschieden sich statistisch zwar nicht signifikant voneinander, für den Geschmack der Möhren kann eine Differenz von 2 °BRIX (= 2 % Zuckergehalt) jedoch einen Unterschied machen (siehe Abschnitt 4.2.2).

Der **Vitamin C Gehalt** in Möhren lag in der Studie von Kongkachuichai et al., 2019 bei 2,56 bis $3,23 \text{ mg AA } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}^{-1}$ und somit niedriger als in der vorliegenden Untersuchung mit $4,69 \pm 0,09$ (Rodelika) bis $5,01 \pm 0,09 \text{ mg AA } 100 \text{ g}^{-1} \text{ FG}^{-1}$ (KS-MOG-DH-RxR). Für den Vitamin C Gehalt wurden signifikante Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt, welche durch eine unterschiedliche Lagerungsdauer der Proben vor der Analyse erklärbar sind (Giannakourou and Taoukis, 2003). Während der Jahre 2020 und 2021 wurden die Proben bis zur Analyse bei einer Temperatur von -80°C über mehrere Monate gelagert. Im Gegensatz dazu wurde der Vitamin C Gehalt der Proben im Jahr 2023 bereits wenige Tage nach der Ernte bestimmt. Da keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsstandorten auftraten, ist davon auszugehen, dass beim Transport der Frischmöhrenproben von den Anbaustandorten zu den untersuchenden Laboren keine Frischeverluste entstanden.

Der **Phenolgehalt** lag bei $73,9 \pm 9,9$ (Rodelika) bis $82,9 \pm 9,9$ (Solvita) mg GAE $100 \text{ g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$. In einer Studie von Benamor et al. (2020) wurden Phenolgehalte von 24,13 bis 41,39 mg GAE $100 \text{ g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$ beschrieben (Benamor et al., 2020). Andere Autoren berichten von bis zu 600 mg GAE $100 \text{ g}^{-1} \text{ TG}^{-1}$ in orangefarbenen Möhren (Nicolle et al., 2004).

Der Phenolgehalt und das **antioxidative Potenzial** (DPPH und FRAP) hängen stark zusammen, da Phenole stark antioxidativ wirken können. Zwar ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Phenolgehalt, allerdings gab es signifikante Sorteneffekte für **FRAP** und eine signifikante Sorte*Ort-Interaktion für **DPPH**. Neben Phenolen wirken viele weitere Substanzen antioxidativ wie beispielsweise Carotenoide, Vitamin C und Tocopherol (= Vitamin E) (Zehiroglu and Ozturk Sarikaya, 2019). In Möhren sind Phenole allerdings die Substanzen, die hauptsächlich das antioxidative Potenzial bestimmen (Singh et al., 2018). Um das Antioxidative Potenzial bestmöglich abzubilden, sollten immer mindestens zwei unterschiedliche Methoden verwendet werden (Prior et al., 2005).

Rodelika und KS-MOG-DH-RxR unterschieden sich in ihren signifikant niedrigeren **FRAP**-Werten von Trafford F1. Solvita hatte die höchsten FRAP-Werte, war aber nicht signifikant von Trafford F1 verschieden. Alle Sorten außer Trafford F1 reagierten am Standort GAR mit höheren **DPPH**-Werten. Die Sorten reagierten an den Standorten unterschiedlich intensiv in ihrer Produktion von Antioxidantien, die mit der DPPH-Methode messbar sind, auf die Umweltbedingungen. Die unterschiedlichen Reaktionen in DPPH- und FRAP-Werten, trotz nicht signifikant verschiedener Phenolgehalte, kann damit erklärt werden, dass unterschiedliche Phenole unterschiedlich stark antioxidativ wirken. Beispielsweise kann sich der Chlorogensäure-Gehalt in Möhren bei Verletzungen um 188 % und Verletzungen in Kombination mit Hypoxie um 4150 % erhöhen (Jacobo-Velázquez and Cisneros-Zevallos, 2012). Die Standort- und Jahresunterschiede sind also eindeutig auf Stressreaktionen der Möhren auf verschiedene Umweltbedingungen zurückzuführen.

In den Terpenprofilen wurden signifikante Unterschiede gemessen. **Terpene** sind neben Zucker die wichtigsten Geschmacksträger in Möhren. Solvita enthielt höhere Anteile von Bornyl-Azetat, α -Pinen und (E)- γ -Bisabolen. Bornyl-Azetat wird geschmacklich unter anderem als kampferartig, holzig, mentholartig und seifig beschrieben, ähnlich wie α -Pinen welches als holzig, pinienartig, terpenartig, kräuterartig, kampferartig und würzig beschrieben wird. (E)- γ -Bisabolen hingegen wird als „grün“ holzig, balsamartig und bananenartig beschrieben. (E)- γ -Bisabolen war neben Solvita auch in KS-MOG-SAT505 in höheren Mengen enthalten. Außerdem wurden in KS-MOG-SAT505 hohe Peaks von Geranyl-2methyl-Butyrat gemessen, welches als apfelartig, fruchtig und rosenartig beschrieben wird. Hohe Peaks von Sabinen wurden in Trafford F1, Rodelika und KS-MOG-DH-RxR gemessen (Solvita am niedrigsten); dieses Monoterpen vermittelt ebenfalls einen holzigen, würzigen und kampferartigen Geschmack. Für einzelne Terpene gab es Standortunterschiede, was Unterschiede in den sensorischen Eigenschaften zwischen den Standorten erklären könnte.

5.2.1.2 Zusammenfassung Analytik Frischmöhren

Außer im antioxidativen Potenzial wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Möhrensorten festgestellt. Obwohl keine signifikanten Unterschiede im Phenolgehalt festgestellt wurden, zeigten die Sorten unterschiedliche antioxidative Kapazitäten (DPPH und FRAP), die auf Stressreaktionen der Möhren gegenüber Umweltbedingungen zurückzuführen sein dürften. Die höchsten Werte für antioxidatives Potenzial traten bei Solvita und Trafford F1 auf.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse können aus inhaltsstofflicher Sicht alle Möhrensorten für den Anbau empfohlen werden. Da es Unterschiede in den Terpenprofilen gab, sind

Geschmacksunterschiede erklärbar, welche in die Sortenempfehlung miteingeschlossen werden sollten.

5.2.1.3 Möhrensäfte

Für den **Carotenoidgehalt** ergaben sich wie bei den Frischmöhren keine signifikanten Sortenunterschiede und keine Unterschiede zwischen den Verarbeitungsverfahren. Die Carotenoidgehalte (gemittelt über beide Saftgewinnungsverfahren und alle Versuchsjahre) lagen zwischen 8,1 (KS-MOG-DH-RxR) und 10,8 mg β -Carotin 100 ml⁻¹ (KS-MOG-CHE-HKÖ). Der Carotenoidgehalt in einem kommerziell erworbenen Möhrensaft lag in einer Studie bei 6,63 mg 100 ml⁻¹ (Lee et al., 2011), während Carotenoidgehalte von 15,08 \pm 2,84 mg β -Carotin 100 ml⁻¹ in Möhrensaft aus einem haushaltsüblichen Entsafter gemessen werden konnten (Purkiewicz et al., 2020a). Die vorliegend dargestellten Daten entsprechen also dem in der Literatur zu findenden Stand des Wissens.

Zwischen dem **Zucker-** und **Phenolgehalt** konnte im Jahresvergleich (Tabelle 23) für die Säfte ein negativer Zusammenhang beobachtet werden. In den Analysen der Frischmöhren war ein solcher Zusammenhang ebenfalls, wenn auch nicht so ausgeprägt, vorhanden (3 Jahre, nach Ausschluss von TAU und KHOH). Die Möhren, die zur Produktion der untersuchten kalt- und heißvermahlenden Säfte verwendet wurden, stammten alle vom Standort GAR. Für die Zuckergehalte der Frischmöhren konnten nach Ausschluss der Standorte KHOH und TAU zwar keine signifikanten Jahresunterschiede berechnet werden ($p = 0,0770$), tendenziell war der Zuckergehalt im Jahr 2023 allerdings geringer (7,5 \pm 0,7 °BRIX) als in den anderen beiden Jahren (2020: 10,0 °BRIX; 2021: 9,4 °BRIX). Die Phenolgehalte der Frischmöhren vom Standort GAR unterschieden sich signifikant zwischen den Jahren ($p < 0,0001$). Die höchsten Phenolwerte wurden 2023 mit 115,95 \pm 4,94 mg GAE 100 g⁻¹ TG⁻¹ gemessen, gefolgt von den Proben aus dem Jahr 2020 mit 94,45 \pm 4,94 mg GAE 100 g⁻¹ TG⁻¹ und 2021 mit 64,50 \pm 4,94 mg GAE 100 g⁻¹ TG⁻¹. Die signifikant niedrigeren Zuckergehalte in Frischmöhren und Säften im Jahr 2023 können durch den hohen Unkrautdruck an Standort GAR erklärt werden. Aufgrund des starken Unkrautdrucks stand den Möhren nicht mehr genug Licht zur Bildung und Einlagerung von Assimilaten und somit insbesondere Zucker zur Verfügung. Die Zuckergehalte waren trotzdem auch im Jahr 2023 im Vergleich zu Literaturdaten (7,1 – 10°BRIX (Kobus et al., 2015; Koley et al., 2020)) auf einem hohen Niveau. Der höhere Phenolgehalt im dritten Jahr könnte damit erklärbar sein, dass Pflanzen Phenole hauptsächlich unter Stress bilden. In der Literatur wurden mit 16,3 bis 25,8 mg GAE 100 ml⁻¹ ähnliche Phenolgehalte wie in der vorliegenden Studie beschrieben (Szczepeńska et al., 2021).

Für **DPPH-** und **FRAP-Wert** der sortenreinen Säfte aus Kalt- und Heißvermahlung konnten keine signifikanten Unterschiede berechnet werden. Tendenziell scheinen DPPH- und FRAP-Werte positiv zu korrelieren. Die **Phenole**, welche maßgeblich zum antioxidativen Potenzial beitragen, folgten dieser Tendenz hingegen nicht. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass die Sorten und Zuchtlinien zwar ähnlich viele Phenole bildeten (keine signifikanten Unterschiede), jedoch unterschiedliche Substanzen, welche verschieden stark antioxidativ wirksam sind. Um dies abschließend zu klären, sind weitere Studien notwendig. Die FRAP-Werte für kommerziell erworbenen ökologischen Möhrensaft bewegen sich in der Literatur zwischen 1369 und 1533 $\mu\text{mol l}^{-1}$ (Wootton-Beard et al., 2011). In der vorliegenden Studie lagen die Werte auf einem höheren Niveau zwischen 2177,7 \pm 278,1 in Trafford F1 und 2456,9 \pm 278,1 $\mu\text{mol l}^{-1}$ in Solvita. Auch die DPPH-Werte lagen mit 0,8 \pm 0,25 in Trafford F1 und KS-MOG-RxR bis 1,3 \pm 0,22 $\mu\text{mol TX ml}^{-1}$ auf einem höheren Niveau als in der Literatur beschrieben (0,34-0,73 $\mu\text{M Tx mL}^{-1}$ (Szczepeńska et al., 2021)). Die höheren FRAP- und DPPH-Werte in unserer Studie könnten durch die gewählten Möhrensorten, spezifische

Anbaubedingungen (ökologischer Landbau), unterschiedliche Verarbeitungstechnologien sowie die Frische und Lagerungsbedingungen des Safts erklärt werden.

Auch in den Terpenprofilen gab es signifikante Unterschiede, welche im Abschnitt 5.2.1.4 im Kontext des Vergleiches der geschmacksrelevanten Inhaltsstoffe in Frischmöhren und Säften diskutiert werden.

Für die Heißvermahlung der Hybride Trafford F1 sowie das Produkt „Feldfrischer Möhrensaft“ liegen nur einjährige Datensätze vor. Daher war weder eine statistische Auswertung möglich, noch war eine Interpretation der Daten sinnvoll. Um abschließende Aussagen über den Einfluss der Flaschenkonservierung treffen zu können, sind weitere Studien notwendig.

5.2.1.4 Vergleich geschmacksrelevanter Inhaltsstoffe von Frischmöhren und Säften

Von insgesamt 19 untersuchten Terpenen wurden sechs Terpene identifiziert, bei denen signifikante Unterschiede zwischen den Sorten und Verarbeitungsmethoden festgestellt wurden. Diese Terpene umfassen Sabinen, cis- α -Bergamotten, β -Bisabolen, (E)- γ -Bisabolen, Terpinolen und Geranyl-2methyl-Butyrat. Die Sorten zeigten unterschiedliche Reaktionen auf die Saffherstellungsmethoden, wobei die Heißvermahlung insbesondere bei Trafford F1 zu höheren Terpenpeaks führte. Dieser Effekt ist auf die einjährigen Daten für Trafford F1 der Heißvermahlung zurückzuführen. Möglicherweise wird der Effekt der Heißvermahlung daher überschätzt. Die heißvermahlenden Säfte der Sorte Solvita wiesen beispielweise höhere Peaks von (E)- γ -Bisabolen auf als die kaltvermahlenden Säfte. Ein ähnliches Muster wurde für andere Sorten und Terpene beobachtet. In anderen Fällen führte die Kaltvermahlung zu höheren Terpenwerten, wie z.B. signifikant höhere Peaks von β -Bisabolen in den kaltvermahlenden Säften der Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 im Vergleich zu den heißvermahlenden Säften. Aus den Analysen geht keine klare Tendenz hervor, welche der Vermahlungsverfahren im Vergleich zu den Frischmöhren die Terpene besser erhält.

In den Zuckergehalten gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Frischmöhren, Heiß- und Kaltvermahlung.

5.2.2 Sensorik

Bei der Prüfung der Frischmöhrenproben des ersten Projektjahres (2020) war mit der sensorischen Methode QDA eine Inkonsistenz zwischen den einzelnen Panelisten aufgrund fehlender gemeinsamer Einigung auf ein gleiches Zahlenniveau festzustellen. Ein Attributverständnis war gegeben, jedoch konnten aufgrund der Corona bedingten Kontaktbeschränkungen keine gemeinsamen Absprachen am runden Tisch und eine Eichung auf ein gleiches Zahlenniveau umgesetzt werden. Es wurden sensorische Unterschiede zwischen den untersuchten Möhrengentypen festgestellt, diese fielen aber weniger signifikant aus als in den Folgejahren. Dennoch ließen sich die Sorten und Zuchtlinien unterschiedlich beschreiben.

Bei der Bewertung der sensorischen Merkmale der Frischmöhren des Jahres 2020 konnten signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Bei der Verkostung der Frischmöhren in Form von Raspeln, zeigten KS-MOG-SAT505, KS-MOG-HKÖ, Rodelika und teilweise auch KS-MOG-DH-RxR eine höhere Bewertung der positiven Merkmale, wie intensiven Gesamtgeschmack oder Süße. Solvita und Trafford F1 hingegen wurden bei den positiven Merkmalen geringer bewertet. Gleichzeitig waren die eher unerwünschten Merkmale, wie grüner, seifiger und bitterer Geschmack bei Solvita und Trafford F1 ausgeprägter. Lediglich am Standort GAR zeigte Trafford F1 eine geringe Bewertung der

negativen Attribute. Auffallend war KS-MOG-SAT505 mit insgesamt hoher Bewertung im positiven, wie auch im negativen Attributbereich.

Die sensorische Prüfung der Frischmöhren in Form von frisch gepresstem Saft ergab ebenfalls Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-SAT505 als Genotypen mit der höchsten Beurteilung der positiven Attribute einerseits und Solvita und Trafford F1 mit der geringsten sensorischen Qualität. KS-MOG-DH-RxR fiel durch sehr süßen Geschmack auf, mit der gleichzeitig geringsten Bewertung aller negativen Attribute. Damit unterschied sich KS-MOG-DH-RxR in den sensorischen Eigenschaften deutlich von KS-MOG-SAT505 mit hoher Bewertung der positiven aber auch der negativ konnotierten Merkmale.

Im Jahr 2021 wurden die sechs Sorten und Zuchtlinien von drei Anbaustandorten (KHOH, TAU, GAR) mit den sensorischen Methoden RDA und RATA untersucht. Über alle drei Standorte zeigte sich eine Charakterisierung der Sorten und Zuchtlinien in ähnlicher Weise mit signifikanter Unterscheidung der untersuchten Möhren in zwei Gruppen. Im vorliegenden Bericht wurden diese Ergebnisse exemplarisch für den Standort GAR dargestellt. Bei der RDA konnten Solvita und Trafford F1 signifikant als homogene Untergruppe unterschieden werden, die einen deutlich geringeren Anteil an positiven sensorischen Attributen aufwiesen und bei den negativen Attributen eine signifikant höhere Bewertung zeigten. Diese beiden Sorten konnten mit einem geringen Gesamtgeschmack und als sehr wenig süß beschrieben werden, während ein grüner Geschmack überwog. Dem gegenüber zeigten Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-SAT505 beim Geruch und Geschmack ein ausgeprägtes Aroma sowie eine intensive Süße und nur einen geringfügigen grünen Geschmack. Insbesondere Rodelika fiel günstig mit der geringsten Bewertung der negativen Merkmale wie grüner Geruch und brennendes Mundgefühl auf. Mittels RATA fielen wiederum die signifikant höhere Beurteilung der positiven sensorischen Merkmale bei Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-SAT505 gegenüber Solvita und Trafford F1 auf. Während sich die vier erstgenannten Genotypen signifikant komponentenreicher, nussiger und süßer im Geruch sowie nussiger und milder im Geschmack zeigten, prägte Trafford F1 und Solvita ein eher bitterer und seifiger Geschmack, und auch ein Fremdgeschmack war signifikant wahrnehmbar.

Die sensorische Bewertung der Frischmöhren vom Standort GAR im Anbaujahr 2023 zeigte ein etwas anderes Bild als in den Vorjahren. Hier verlor KS-MOG-SAT505 die hohe Bewertung der positiven sensorischen Merkmale und zeigte bei der RDA ein stark brennendes Mundgefühl und intensiven grünen Geschmack. Auch bei der RATA-Methode bildete KS-MOG-SAT505 eine homogene Untergruppe mit Solvita und Trafford F1, mit sehr geringem Anteil positiver sensorischer Merkmale sowie einen stark betonten herben, wurzelartigen Geruch und Geschmack mit intensiver Bitterkeit.

2023 kam es witterungsbedingt am Standort GAR zu Spätverunkrautung und erheblichen Ertragseinbußen im Möhrenanbau. Möglicherweise konnte KS-MOG-SAT505 den schwierigen Wachstumsbedingungen nicht standhalten und erreichte dadurch nicht die Geschmacksqualitäten der Vorjahre. Interessant war jedoch die gleichbleibende Qualität im Geschmack von Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ mit weiterhin signifikant hoher Bewertung der positiven Attribute wie süßer Geruch, nussiger Geruch und Geschmack, Komponentenreichtum im Geschmack sowie einem milden Möhrenaroma. KS-MOG-DH-RxR zeigte im Anbaujahr 2023 geringere Ausprägungen der positiv konnotierten Attribute als die homogene Untergruppe Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ, unterschied sich jedoch von der im negativ konnotierten Bereich dominierenden Untergruppe KS-MOG-SAT505, Solvita und Trafford F1.

Die Frischmöhrenproben von Solvita und Trafford F1 hoben sich in allen drei Anbaujahren wie auch an allen drei Standorten deutlich von den vier Vergleichssorten und -zuchtlinien mit negativen sensorischen Bewertungen ab. Aufgrund dieser Qualitätsbeurteilung sind die beiden Sorten aus Perspektive der Lebensmittelsensorik und mit Blick auf eine vorzügliche Bio-Qualität nicht zur Verwendung als Frischmöhren zu empfehlen.

Bei der Untersuchung der Frischmöhren durch die Universität Hohenheim wurden erhöhte β -Carotin Werte für KS-MOG-CHE-HKÖ und Trafford F1 bei der Einzelstoffanalytik festgestellt, die sich aber nicht signifikant von den anderen Genotypen unterschieden. Mit der RDA konnte diese Tendenz durch eine signifikant höhere Farbtintensität von KS-MOG-CHE-HKÖ und Trafford F1 bestätigt werden.

Die beiden Saftverarbeitungsverfahren Kalt- und Heißvermahlung konnten sensorisch mithilfe des Dreieckstests signifikant unterschieden werden. Durch Nennung sensorischer Unterscheidungskriterien zeigte sich für die Kaltvermahlung ein intensiverer, komponentenreicherer Geschmack mit höherer Süße. Bei der Heißvermahlung waren die Zunahme eines flüchtig wässrigen Geschmacks, eine erhöhte Bitterkeit und ein stärkerer Kochgeschmack zu identifizieren. Dies deckt sich mit den angegebenen Motiven des Verarbeiters zur Umstellung auf die Kaltvermahlung bei der Safftherstellung.

Der ebenfalls durchgeführte Dreieckstest zwischen der Tankmischprobe und dem in Flaschen abgefüllten feldfrischen Möhrensaft zeigte keine sensorischen Unterschiede.

Bei der sensorischen Bewertung der verarbeiteten Säfte der Kaltvermahlung des Jahres 2023 konnten die bei den Frischmöhren identifizierten Attribute in gleicher Gruppierung und Charakterisierung wiedergefunden werden. Sowohl KS-MOG-CHE-HKÖ als auch Rodelika und in etwas abgeschwächter Form auch KS-MOG-RxR zeigten einen intensiven komponentenreichen Gesamtgeschmack und Süße. Dabei blieb bei Rodelika auch die hohe Bewertung eines milden Aromas erhalten. Bei KS-MOG-CHE-HKÖ konnte jedoch ein höherer flüchtig wässriger Geschmack wahrgenommen werden, so dass hier die Stabilität gegenüber Rodelika etwas reduziert ist. Auch die drei im Frischsaft eher negativ beurteilten Sorten und Zuchtlinien Solvita, Trafford F1 und KS-MOG-SAT505 behielten ihre als negativ bewerteten Attribute bei den verarbeiteten Säften bei. Es kann festgestellt werden, dass alle Genotypen die in den Frischmöhren gefundene Charakteristik über die Verarbeitung zu Saft beibehalten konnte.

Laut Angabe des Herstellers Fa. Voelkel sind die beiden samenfesten Sorten Solvita und Rodelika wesentliche Bestandteile des als Demeter-Produkt des Jahres 2019 ausgezeichneten Premiumproduktes „Feldfrischer Möhrensaft“. Solvita ist dabei die Möhre, die durch ihre hohe, im Rahmen des Projekts bestätigte Ertragsleistung Masse bringt. Rodelika wird aufgrund ihres herausragenden Geschmacks zum Verschneiden eingesetzt, wäre als sortenreiner Saft jedoch leicht zu intensiv. Der Geschmack des Saftes von Solvita wurde in diesem Projekt als wässrig und flüchtig beschrieben, mit einer geringen Süße. Damit eignet er sich, den in den sensorischen Bewertungen von EATMORE bestätigten starken, komponentenreichen Geschmack und die intensive Süße des Saftes von Rodelika in einer entsprechenden Saftmischung auszugleichen.

5.2.3 Kupferchlorid-Kristallisation

Die computerbasierten Auswertung der Kupferchlorid-Kristallbilder konnte das Qualitätssignal der untersuchten Sorten und Zuchtlinien sowohl bei den Frischmöhren, als auch bei den verarbeiteten Säften erkennen und von den deutlich geringeren Kristallisationskammer- und Tageseinflüssen trennen. Die Bildauswertung per Computer war also in der Lage, sowohl die

Möhrengenotypen als auch die beiden Verarbeitungsverfahren Heiß- und Kaltvermahlung voneinander zu unterscheiden. Eine Charakterisierung und Rangordnungsbildung der einzelnen Genotypen ist allerdings durch diese Art der Auswertung nicht möglich. Für solche bewertenden Vergleiche wurde die visuelle Auswertung durch ein Experten-Panel sowie Einzelauswertung angewendet.

5.2.3.1 Frischmöhren

Bei der visuellen Auswertung der Kristallbilder konnten im Anbaujahr 2020 signifikante Unterschiede zwischen den Sorten und Zuchtlinien festgestellt werden. An den Standorten TAU und KHOH bildeten Solvita und Trafford F1 ein eigenes Cluster und spalteten sich mit überproportional negativ konnotierten Bildmerkmalen von den anderen vier Genotypen ab. Die dabei konzentriert auftretenden Attribute wie verdichtete Bereiche, Unregelmäßigkeit und Starre lassen sich in Kristallbildern von Gemüsen erkennen, die nur gering ausgereift sind. Bei den positiv konnotierten Attributen, die auf eine hohe Produktqualität hinweisen, wurden Solvita und Trafford auffällig gering bewertet. KS-MOG-SAT505 und Rodelika bildeten bei den Kristallbildern die höchste Bewertung bei den positiven Bildmerkmalen ab und gleichzeitig die geringsten Ausprägungen bei den negativ konnotierten Attributen und zeigen hier die höchsten Qualitäten. Im Mittelfeld lagen KS-MOG-CHE-HKÖ und KS-MOG-DH-RxR mit ebenfalls einer höheren Bewertung der positiven Bildmerkmale als Solvita und Trafford F1 und einer geringeren Ausprägung aller qualitätsreduzierenden Attribute. Die beiden Standorte deckten sich in ihrer Bewertung nicht mit dem Standort GAR, hier verlor Rodelika ihre vormals ausgesprochen hohe Ausprägung von positiv konnotierten Attributen und zeigte wie Solvita verdichtete Bereiche, Starre der Nadelstrukturen, Unregelmäßigkeiten bei der Gestaltgebung der Kristallbilder und stockende Nadelzüge, die den Bildrand nicht mehr erreichten. Diese Bildbeschreibung deutet auf Unausgereiftheit hin. Gleichzeitig fiel die Sorte Trafford F1 als einziges Mal in den mehrjährigen Versuchen durch eine positive Bewertung auf. Das gleiche Phänomen zeigte sich bei der sensorischen Bewertung von Trafford F1 am Standort GAR 2020 mit einem einmalig auftretenden Rückgang der negativen sensorischen Merkmale. Durch die Umkehrung der über alle Jahre, Standorte sowie verarbeiteten Säfte identifizierten Sortencharakteristik von Rodelika und Trafford F1 besteht die Vermutung eines systematischen Fehlers am Standort GAR 2020.

Im Anbaujahr 2021 wurden für die visuelle Auswertung der Kristallbilder die Ergebnisse der Standorte KHOH und GAR beschrieben. An beiden Standorten dominierte Rodelika mit den höchsten Bewertungen aller positiv konnotierten Attribute und den geringsten Ausprägungen negativer Bildmerkmale. Qualitätsmindernde Merkmale durch negativ konnotierte Bildmerkmale konnten kaum erkannt werden, was insgesamt auf eine hohe Stabilität dieser Sorte schließen lässt. KS-MOG-CHE-HKÖ zeigte ebenfalls viele positive Bildmerkmale und konnte dabei nicht statistisch gesichert von Rodelika unterschieden werden, bei der Betrachtung der negativen Attribute dieser Zuchtlinie war jedoch eine Erhöhung von Unregelmäßigkeiten bei der Bildstrukturierung, ein Auslaufen der Nadelzüge und auch ein Verlust der Grundspannung (Erschlaffung) im Bildrandbereich zu beobachten. Wie auch bei der sensorischen Bewertung bildeten sich zwei homogene Untergruppen. Zum einen Solvita und Trafford F1, die eine geringe Produktqualität abbildeten mit verdichteten Bereichen, Starre, Unregelmäßigkeit und einem Kristallisationszentrum, welches keine zum Bildrand ausstrahlenden und verbundenen Nadelzüge abbildete, zu erkennen an der geringen Bewertung des Merkmals Verbundenheit und der hohen Bewertung des Merkmals Zentrum gehalten oder abgeschnürt. Die qualitativ hochwertige homogene Untergruppe mit signifikant

höher positiv bewerteten Bildmerkmalen bestand aus Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-SAT505.

Auch im Anbaujahr 2023 wurde Rodelika bei der visuellen Auswertung der Kupferchlorid-Kristallisation der Frischmöhren vom Standort GAR qualitativ am höchsten bewertet. Hierbei unterschied sich Rodelika zwar bei keinem der Attribute signifikant von KS-MOG-CHE-HKÖ, setzte sich jedoch von allen anderen Sorten und Zuchtlinien ab. Es konnten wiederum mindestens zwei homogene Untergruppen gebildet werden, und zwar eine mit hoher Qualität (KS-MOG-CHE-HKÖ und Rodelika) durch die höchste Bewertung bei den positiv konnotierten Attributen und eine zweite homogene Untergruppe mit Solvita und Trafford F1 und der geringsten Qualität. KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-SAT505 bildeten sich im mittleren Qualitätsbereich ab, wobei KS-SAT505 teilweise nicht signifikant von der Untergruppe Solvita und Trafford F1 zu unterscheiden war. Wie schon bei der sensorischen Bewertung erwähnt, war auch bei den Ergebnissen der Kupferchlorid-Kristallisation ein Einbruch der abgebildeten Qualität mit erhöhten negativ konnotierten Merkmalen von KS-MOG-SAT505 zu erkennen, mit verdichten Bereichen, Starre, Unregelmäßigkeiten bei der Abbildung der entstandenen Strukturen und einem Mangel an Beweglichkeit, Gleichmäßigkeit, Zentrumskoordination und Grundspannung der Nadelzüge. Diese Kombination der beschreibenden Bildmerkmale deuten darauf hin, dass diese Zuchtlinie 2023 nicht zu einer vollständigen Ausreifung gekommen ist. Dies könnte ebenfalls auf die schwierigen Anbaubedingungen zurückzuführen sein. Allerdings zeigt die Kupferchlorid-Kristallisation immer noch die sortencharakteristischen Ausprägungen der positiven Bildmerkmale der vergangenen Anbaujahre, die sich nicht wie die Geschmacksattribute der sensorischen Bewertung völlig ins Negative umkehrten. Trotz Qualitätseinbußen wurde KS-MOG-SAT505 deutlich positiv vor Trafford F1 und Solvita eingeordnet. Möglicherweise zeigt dies ein Potential der Qualität dieser Zuchtlinie für Anbaujahre mit günstigeren klimatischen Bedingungen. Dies könnte eine Besonderheit der Kupferchlorid-Kristallisation sein, Aspekte der „inneren“ Lebensmittelqualität teils auch über Standort- und Jahreseffekte hinweg zu erfassen, die anderen Methoden verschlossen bleiben. Abzulesen war anhand der visuellen Auswertung der Kristallbilder auch die hohe Stabilität von Rodelika, die als einzige Sorte in diesem Anbaujahr 2023 mit schwierigen Anbaubedingungen keinerlei Verluste der Qualität durch auftretende negativ konnotierte Merkmale aufzeigte.

5.2.3.2 Möhrensäfte

Wie in den sensorischen Prüfungen waren die beiden untersuchten Saftverarbeitungsverfahren mit der Methode Kupferchlorid-Kristallisation statistisch gesichert zu unterscheiden. Die Kaltvermahlung der Säfte zeigte hier eine höhere Substanzwirkung, eine ausgeprägte Präsenz der abgebildeten Kristallstrukturen mit einer sich zum Bildrand hin ausbreitenden Dynamik bei klar erkennbarer Zentrumskoordination und Verbundenheit der abgebildeten Nadelzüge. Bei der Heißvermahlung reduzierten sich diese positiven Bildmerkmale erheblich und zeigten stattdessen verdichtete Nadelstrukturen mit starren Bildelementen und vermehrten Unregelmäßigkeiten. Die bei der Kaltvermahlung erkennbare ausbreitende Dynamik zeigte bei der Heißvermahlung nun ein wie abgeschnürt wirkendes Zentrum, und die abgebildeten Nadelzüge liefen zum Randbereich stockend aus. In der sensorischen Prüfung schnitten die kaltvermahlenden Säfte ebenfalls systematisch mit einer positiveren Beurteilung gegenüber den heißvermahlenden Säften ab. Die Kaltvermahlung kann demnach als das geeignetere Verfahren zur Herstellung qualitativ hochwertiger, schmackhafter Möhrensäfte eingestuft werden.

Bei den Saftproben aus Kaltvermahlung im Jahr 2023 konnten signifikante Unterschiede zwischen den sortenreinen Säften gefunden werden. Die Qualitätsbeurteilung der Säfte

unterschied sich jedoch teils von der Bewertung der Rohware (Frischmöhren vom Standort GAR vor Verarbeitung). Solvita und Trafford F1 zeigten in den Bildmerkmalen der Säfte eine vergleichbar geringe Qualität wie bei den Frischmöhren. Die Sorten KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-HKÖ verloren stark an der bei den Frischmöhren erkennbaren Qualität. Die Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR zeigte im Vergleich zu den Frischmöhren einen leichten Anstieg der negativ konnotierten Bildmerkmale, blieb dabei aber relativ stabil. Positiv stach die Sorte Rodelika bei der Saftverarbeitung heraus. Sie behielt äußerst stabil ihre hohe positive Bewertung der Frischmöhren und zeigte keinen nennenswert höheren Ausschlag bei den negativen Bildmerkmalen. Hier bestätigte sich die Stabilität dieser Sorte gegenüber negativer Einflüsse wie schwierige Anbausituationen und Verarbeitungsverfahren. Dies gilt ansatzweise für KS-MOG-DH-RxR.

Die am Tank entnommene Mischprobe ließ keine Unterschiede zwischen dem in Flaschen konservierten Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“ erkennen. Das gleiche Phänomen war im Triangeltest der Sensorik aufgetreten. Damit ist die industrielle Flaschenabfüllung im Falle des Produkts „Feldfrischer Möhrensaft“ aus Sicht der beiden Methoden als ein qualitätsschonender bzw. -erhaltender Prozess zu bewerten.

5.2.3.3 Nebenergebnisse

Im ersten Projektjahr traten bei Fa. Voelkel Schwierigkeiten bei der Konservierung der erzeugten Saftproben auf, denn diese konnten nicht im industriellen Maßstab in Flaschen konserviert werden. Im zweiten Projektjahr wurden daher die aus dem Dekanter entnommenen Säfte direkt tiefgefroren, um sie für den Transport zu den untersuchenden Laboren zu stabilisieren. Auf Grundlage von Ergebnissen einer Studie zu Säuglingsnahrung bestand die Hypothese, dass der Prozess des Einfrierens mit Blick auf Ergebnisse der Kupferchlorid-Kristallisation zu starken Qualitätsveränderungen an Lebensmitteln führen kann. Seidel et al. (2015) konnten bei Säuglingsnahrung aus Karotten die Kristallbilder der Varianten, bei denen die Möhren vor der Verarbeitung eingefroren wurden, klar von den nicht gefrosteten Möhren unterscheiden. Um Qualitätsveränderungen durch Frosten der Saftproben auszuschließen, wurde an der Universität Kassel im Rahmen von EATMORE erfolgreich ein neues Verfahren der Probenkonservierung speziell für die Kupferchlorid-Kristallisation entwickelt. Dabei wurden die zu untersuchenden Säfte direkt bei Probenahme in wässrige Kupferchloridlösung pipettiert und auf diese Weise für den Transport konserviert.

Im Jahr 2021 wurden an der Universität Kassel alle 14 Saftproben (6 Genotypen x 2 Verfahren + Tank vs. Flasche) sowohl im gefrosteten Zustand als auch mit der neu entwickelten Methode konserviert untersucht. Dabei konnten interessante Effekte des Einfrierens auf die Saftqualität festgestellt werden. Die Untersuchungen der Säfte aus dem Jahr 2023 bestätigten Art und Richtung des Gefriereffektes. Die gewonnenen Nebenergebnisse sind für eine Publikation vorgesehen.

Ein weiteres wichtiges Nebenergebnis, das im Rahmen von EATMORE auftrat, war das fehlerfreie Wiedererkennen der codierten einzelnen Proben (Genotypen) an allen Standorten und auch nach der Verarbeitung zu heiß- oder kaltvermahlenden Säften aufgrund wiederkehrender sortentypischer Bildmerkmale in den Kristallbildern. Diese einzelnen Bildcharakteristiken verloren sich weder durch die großtechnische Verarbeitung, noch durch die unterschiedlichen Standorte und Versuchsjahre. Hier wäre künftig zu prüfen, ob sich die Identifizierung sortenspezifischer Charakteristiken in anderen Versuchen (bei anderen Sorten wie auch anderen Kulturpflanzen) wiederholen lässt.

Außerdem wurde erfreulicherweise ein weiterer Nachweis für die Lehr- und Lernbarkeit der Kupferchlorid-Kristallisation erbracht. Im Rahmen von EATMORE erfolgte eine zusätzliche

Bewertung der Kristallbilder der Frischmöhren der Anbaujahre 2021 und 2023 durch eine geschulte Masterstudentin, die sich nach ihrer Ausbildung auf einem vergleichbaren Niveau wie das visuelle Expertenpanel (mit mehrjähriger Erfahrung) befand und die Kristallbilder in gleicher Weise beurteilen konnte.

Die ersatzweisen vergleichenden Untersuchungen mit Citus- und Apfelpektin anstelle von probeneigenem Möhrenpektin konnten die Hypothese, Pektin eigne sich als Markersubstanz, nicht bestätigen. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass probeneigenes Pektin hier zu anderen Ergebnissen führen könnte.

5.2.3.4 Methodenvergleich Sensorik – Kupferchlorid-Kristallisation

Die Hauptkomponentenanalyse mit vorangegangener Korrelationsberechnung zwischen allen Attributen der Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation weist auf einen starken Zusammenhang der beiden unabhängigen Methoden hin. Mehrere Merkmale wurden identifiziert, die auf Korrelationen zwischen den Methoden hindeuten. Bisher liegen nur wenige Studien vor, in denen sowohl die Sensorik als auch die Kupferchlorid-Kristallisation in einem Projekt vergleichend Anwendung finden. Die aus EATMORE resultierenden, neuartigen Ergebnisse des Methodenvergleichs Sensorik vs. Kupferchlorid-Kristallisation, mit der RATA-Methode, sind für eine Veröffentlichung vorgesehen. Arncken (2015) verglich samenfeste Möhrensornten und Hybriden neben anderen Methoden sowohl sensorisch als auch anhand von Kupferchlorid-Kristallisationsbildern. Dabei bildeten die besser bewerteten Sorten in der Degustation auch in der Kupferchlorid-Kristallisation eine Untergruppe. Der der Gruppierung zu Grunde liegende Faktor (guter Geschmack = "gutes" Bild) konnte jedoch aufgrund von mangelnden Vergleichsstudien nicht identifiziert werden. Fritz et al (2021) untersuchten Wein aus verschiedenen Anbauverfahren mit Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation. Sie konnten zeigen, dass die biodynamischen Weine eine signifikant höhere Aromaintensität hatten als Wein aus konventionellem Anbau. Die Kupferchlorid-Kristallisation konnte hier, neben zwei weiteren Bildschaffenden Methoden, erfolgreich die Unterschiede zwischen den Anbausystemen zeigen (Fritz, 2021).

Auch die Ergebnisse des EATMORE-Projekts zeigen, dass die Anbaubedingungen einen starken Einfluss auf Geschmack und Bildgestaltung in der Kupferchlorid-Kristallisation haben, der Grad der Qualitätsbeeinflussung jedoch sortenabhängig sehr verschieden ausfallen kann. Unter den ungünstigen Wachstumsbedingungen des Jahres 2023 auf dem Standort GAR, konnten einige Genotypen wie KS-MOG-SAT505 ihr Niveau nicht halten. Andere Sorten und Zuchtlinien hingegen zeigten Stabilität und Resilienz sowohl in Bildgestaltung als auch im Geschmack, wie Rodelika und KS-MOG-CHE-HKÖ. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Kupferchlorid-Kristallisation durch geschmacklich prägende Substanzen oder entsprechende Kompositionen beeinflusst wird und diese zu einem gewissen Grad auch abbildet. In einzelnen Fällen traten jedoch teils deutlich voneinander abweichende Qualitätsbewertungen der untersuchten Frischmöhren- und Saftproben zwischen den beiden Methoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation auf, wovon sich die Hypothese ableiten lässt, dass die Kupferchlorid-Kristallisation durch weitere Faktoren beeinflusst werden muss.

Die Hypothese, dass die Kupferchlorid-Kristallisation nicht nur auf den Gehalt einzelner chemischer Inhaltsstoffe reagiert, wird auch in anderen Arbeiten formuliert. Andersen et al. (2001) untersuchten den Einfluss verschiedener Faktoren auf Kristallogramme von Möhren. Die Kupferchlorid-Kristallisation konnte hier starke Effekte der Gründüngung ($p < 0,01$) gegenüber einem geringeren Effekt des Erntezeitpunktes ($p \sim 0,05$) nachweisen. Busscher et al. (2010) zeigten im Rahmen der Standardisierung der Kupferchlorid-Kristallisation an Karotten, dass die Kupferchlorid-Kristallisation den Alterungsprozess von Möhrenproben

abzubilden in der Lage ist. Zusätzlich konnte nachgewiesen werden, dass die Kristallisationsbilder stark auf Gefrietrocknen der Möhren reagierten, wie sich in der PCA-Analyse der Ergebnisse abbildete. Oft werden Effekte bei der Kristallisation dem unterschiedlichen Trockensubstanzgehalt der Proben zugeschrieben. Doch auch dies wurde von Busscher et al. (2010) geprüft. Bei angeglichenen Trockensubstanz der Möhren (Rodelika und Rothild) konnten die Bilder hier signifikant voneinander unterschieden werden. Auch ohne das Angleichen des Trockenmassegehalts war diese Unterscheidung möglich. Im Rahmen des vorliegend beschriebenen EATMORE-Projekts wurde der Trockensubstanzgehalt der Möhrenproben angeglichen, um diesen Faktor ausschließen zu können. Die Unterscheidung der Möhrensarten und -zuchtlinien war in allen Versuchsjahren in gleicher Weise auch bei angeglichenen Trockensubstanzgehalten möglich.

Die genauen Ursachen für die probenspezifische Kristallausbildung sind auf physikalischem und chemischem Niveau bis heute nicht vollständig geklärt. So besteht Forschungsbedarf an den Zusammenwirkungen physikalischer Bedingungen und biologischer Eigenschaften der Proben während des Kristallisationsprozesses (Busscher et al., 2020; Fritz et al., 2022). Die Oberflächenspannung und die Reinigung der Glasplatten haben nachgewiesenermaßen starken Einfluss auf die Kristallbildung und wurden deswegen in früheren Arbeiten standardisiert (Busscher, et al., 2010).

5.2.3.5 Zusammenfassung Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation

Insgesamt konnten mit den beiden Methoden Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation alle Sorten und Zuchtlinien als Frischmöhren unterschieden und charakterisiert werden. Auch bei den beiden unterschiedlichen Verarbeitungsintensitäten, der Kaltvermahlung und Heißvermahlung, konnten Qualitätsunterschiede identifiziert werden. Beide Methoden eignen sich zu einem komplementären Einsatz neben der Einzelstoffanalytik und zeigen hierbei zusätzliche Qualitätsaspekte auf. Da die Kupferchlorid-Kristallisation standardisierte Merkmale bezüglich Alterung (Degenerierung) und Reifung abbildet, konnte daher auch ein qualitatives Ranking der Frischmöhren sowie der unterschiedlichen Safftherstellungsverfahren vorgenommen werden. Insgesamt sind die beiden Sorten Solvita und Trafford F1 weder durch ihre geschmackliche Bewertung, noch durch die Strukturgebung der Kupferchlorid-Kristallisation empfehlenswert. KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-DH-RxR und KS-MOG-SAT505 zeigten in beiden Methoden eine gute Qualität mit charakteristischen Unterschieden. Wie die kraftvolle wurzelbetonte Zuchtlinie KS-MOG-CHE-HKÖ gegenüber der stark fruchtbetonten sanfteren Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR. Die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 scheint hier etwas anfälliger für Jahreseffekte zu sein und zeigte neben hervorragenden Qualitäten auch Einbußen ihrer Qualität durch ungünstige Einflüsse. Als höchste Qualität im EATMORE-Projekt stellt sich die Sorte Rodelika dar. Neben sehr guter sensorischer Bewertung ohne ungünstige Geschmacksattribute, konnte auch bei der Kupferchlorid-Kristallisation ein sehr ausgeglichenes Zusammenspiel aller positiven Bildmerkmale mit höchster Integration erkannt werden. Außerdem zeigte sich diese Sorte sehr stabil in ihrer Qualität gegenüber schwieriger Jahreseinflüsse und der Verarbeitung zu Möhrensaft.

5.2.4 Lebensmittelinduzierte Emotionen

Seit über zehn Jahren finden Methoden zur Bewertung lebensmittelinduzierter Emotionen in der Forschung Anwendung (Jaeger et al., 2020; King & Meiselman, 2010). Der Empathic Food Test hat sich in eigenen Untersuchungen bereits bei mehreren Fragestellungen bewährt, z.B. über die Qualität von Frühstückscerealien (Wohlers et al., 2024) und Milch (Geier et al., 2024). Keine Erfahrung gab es bisher mit der Untersuchung von Gemüsesorten. Deshalb war es auch

nicht möglich, die im vorliegenden Bericht dargestellten Ergebnisse mit Literaturergebnissen zu vergleichen.

Im Projekt EATMORE war es deshalb eine Frage, ob die Untersuchung auf lebensmittelinduzierte Emotionen einen Beitrag leistet im Hinblick auf den Vergleich der Frischmöhren und der Möhrensäfte. Einerseits war von Interesse, wie die Messung der lebensmittelinduzierten Emotionen die Möhrensorten und -zuchtlinien bewertet. Zum anderen war von Interesse, wie die Methodenergebnisse zu einander stehen.

Je nach Produkt variieren die dominanten lebensmittelinduzierten Emotionen erheblich. Zum Beispiel ist bei Milch *Wärme* eine der Haupteigenschaften des körperlichen und emotionalen Befindens (Geier et al., 2024b). Die freien Beschreibungen der Frischmöhren wiesen auf einen anderen Charakter: Die Qualität *Wach/Hell* dominierte bei Möhren. Danach folgten die Qualitäten *Guter Stand* und *Warm*.

Die Untersuchung auf lebensmittelinduzierte Emotionen ergab im Projekt nur wenige statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Sorten- und Zuchtlinien. Jahres- und Standorteffekte waren oft deutlicher. Allerdings zeigten sich mehrfach wiederkehrende Muster im Verhältnis der Genotypen, sodass trotzdem Schlüsse über die Frischmöhren- und Saftvarianten gezogen werden konnten. Die Anwendung des Empathic Food Tests erfordert mehr Zeit und Aufmerksamkeit als ein sensorischer Test. Für eine künftige Anwendung auf Sortenfragen (mit Jahres- und Standortwirkungen) sind deshalb mehr Wiederholungen oder größere Prüfgruppen erforderlich, um die statistische Stärke (Power) zu erhöhen.

Die höchsten Bewertungen mit dem Empathic Food Test erzielte bei den **Frischmöhren** die Zuchtlinie KS-MOG-DH-RxR, gefolgt von Rodelika und Solvita. Die ungünstigsten Gesamtbewertungen erhielten die Varianten KS-MOG-SAT505 und Trafford F1.

Bei den Frischmöhren zeigten sich auch Unterschiede in der Stabilität der Ergebnisse. Solvita und Trafford F1 erzielten in den betrachteten Jahren und Standorten jeweils sehr ähnliche Resultate. Eine eher geringe Stabilität, das heißt eine deutliche Beeinflussung durch Standort und Jahr, wiesen KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-SAT505 und Rodelika auf.

Die Qualitäten neben den oben genannten Möhren-Hauptwirkungen (wie *Wach*) wurden in dem Merkmal *Andere positiv konnotierte Merkmale* zusammengefasst. Das Merkmal bewertet sozusagen die Vielfalt der Wirkungen. Die niedrigsten Werte erreichte als Frischmöhre und als Saft die Sorte Trafford F1.

Die Zuchtlinie KS-MOG-SAT505 fiel durch eine geringe Ausprägung des Merkmals *Warm* als Frischmöhre und als Saft auf.

Von den untersuchten sortenreinen Säften wurden KS-MOG-DH-RxR und Rodelika am besten bewertet. Die ungünstigsten Saft-Varianten waren, wie bei den Frischmöhren, KS-MOG-SAT505 und Trafford F1.

Im Vergleich der Verfahren Kalt- und Heißvermahlung reagierten vier der sechs Sorten und Zuchtlinien mit einem einheitlichen Muster in der Veränderung der Wirkungen, unter anderem wurde die Eigenschaft *Wach/Hell* durch die Heißvermahlung intensiviert. Nur die Sorten Rodelika und Solvita zeigten abweichende Muster. Bei Solvita fiel die Robustheit gegenüber den Verarbeitungsverfahren auf, was wiederum deren Bedeutung für die Saffhersteller bestätigt.

Auch beim Vergleich von Tankmischung mit flaschenkonserviertem Saft war eine Veränderung in der Intensität der Wirkungen zu erkennen. Beim flaschenkonserviertem Saft wurden die Eigenschaften *Warm*, *Ruhe* und *Guter Stand* verstärkt.

5.2.5 Sortencharakterisierungen

5.2.5.1 Agronomische Merkmale und wertgebende Inhaltstoffe

Bezüglich der Merkmale Glattschaligkeit, Abgestumpftheit, Grünköpfigkeit, Homogenität sowie Anfälligkeit gegenüber Blattkrankheiten (*Alternaria* und Mehltau) gab es keine statistisch gesicherten Sortenunterschiede. Signifikante Sortenunterschiede traten bei den Merkmalen Ertrag, Rübendurchmesser, Laubstabilität und Rübenlänge auf.

Bezogen auf wertgebende Inhaltstoffe konnten kaum Sortenunterschiede gefunden werden. So unterschieden sich die untersuchten Sorten und Zuchtlinien nicht signifikant im Carotenoid-, Zucker-, Phenol-, Vitamin C sowie Trockensubstanzgehalt. Nur beim antioxidativen Potenzial (FRAP-Wert) traten signifikante Sortenunterschiede auf.

In der Wurzellänge und den DPPH-Werten gab es signifikante Sorte*Ort Interaktionen, die Sorten reagierten an den unterschiedlichen Standorten also unterschiedlich. Deshalb werden diese beiden Parameter aus der Sortencharakterisierung ausgeschlossen. Aufgrund der extremen Ertragseinbußen im Jahr 2023, wurden für die Sortencharakterisierung nur die Ertragsdaten aus 2020 und 2021 verwendet. Alle anderen Daten beziehen sich auf alle drei Versuchsjahre.

5.2.5.2 Sensorik

In allen drei Untersuchungsjahren konnten signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Dabei gab es mindestens zwei sich signifikant unterscheidende Untergruppen, eine mit deutlich reduzierter sensorischer Qualität, der über den gesamten Zeitraum zwei Sorten zugeordnet werden konnten. Die Untergruppe mit positiv bewerteten Merkmalen konnte teilweise noch untergruppiert werden. Außerdem konnte der Wechsel einer Sorte mit günstiger sensorischer Bewertung zu einer sehr negativen geschmacklichen Beurteilung erkannt werden, der möglicherweise mit schwierigen Anbaubedingungen und Verunkrautung einhergeht.

5.2.5.3 Kupferchlorid-Kristallisation

Die Kupferchlorid-Kristallisation konnte alle Möhrensorten und -zuchtlinien differenzieren und diese in einem qualitativen Ranking beschreiben. Es ließen sich durchgängig über den Versuchszeitraum mindestens zwei sich signifikant unterscheidende Untergruppen abbilden. Der statistische Vergleich jedes Genotyps mit den einzelnen sechzehn beschreibenden Attribute ließ charakteristische Signifikanzen einzelner Sorten und Zuchtlinien untereinander erkennen, mit denen sie individuell beschrieben werden konnten. Beim Vergleich der Standorte zeigten alle Sorten und Zuchtlinien für den Standort GAR durchgängig ein niedrigeres Qualitätsniveau.

5.2.5.4 Lebensmittelinduzierte Emotionen

Folgende Kriterien sind in die Charakterisierung der sechs untersuchten Sorten und Zuchtlinien von Verarbeitungsmöhren eingeflossen:

Stabilität: Vergleichbarkeit der Ergebnisse über die beiden Jahre (2020, 2021) und Standorte (KHOH, GAR)

Fragebogenergebnisse: Die Merkmale *warm* – *kalt*, sowie die Skala 1 (fünf emotionale Einzelmerkmale) und Skala 2 (fünf körperliche und mentale Merkmale) wurden zusammengefasst, weil die Unterschiede zwischen ihnen gering ausfielen. Die Auswertung erfolgte in Form eines Sortenrankings (1 = beste Bewertung, 6 = ungünstigste Bewertung).

Freie Beschreibung: Sehr typisch für Möhren zeigten sich einerseits die Eigenschaften *hell, wach* u.ä. und andererseits *guter Stand* u.ä. Über 50 % aller Nennungen entfielen auf diese beiden Qualitäten. Zusätzlich sind zahlreiche andere Qualitäten aufgetreten, wie *Wärme, Ruhe, Vertiefung des Atems* und *Belebung*. Die Ausprägung dieser zusätzlichen Qualitäten war bei den Sorten und Zuchtlinien sehr unterschiedlich ausgeprägt, sie werden als Auffälligkeiten in den Charakteristiken beschrieben.

Jahreseffekte: Die Boniturwerte des Merkmals *warm-kalt* und der Skalen 1 und 2 variierten nach Jahr und Standort. Die höchsten Werte wurden in KHOH 2020 gemessen. Am ungünstigsten waren die Boniturwerte in GAR 2021. Die beiden anderen Messungen lagen dazwischen.

5.2.5.5 Trafford F1

Agronomische Merkmale:

Trafford F1 wies mit durchschnittlich 59,6 t/ha einen hohen Ertrag auf und befand sich damit auf dem gleichen Niveau wie Rodelika, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-DH-HKÖ. Der Durchmesser der konisch geformten Rüben lag eher im mittleren Bereich. Im Vergleich der untersuchten Genotypen hatte Trafford F1 die niedrigste Blattstabilität. Zusammen mit Solvita wurde in Trafford F1 das höchste antioxidative Potenzial gemessen.

Sensorik:

Trafford F1 wurde bis auf eine Ausnahme (GAR 2020) sensorisch eine sehr geringe Qualität attestiert. Die positiven Geschmacks- und Geruchsmerkmale waren äußerst gering vorhanden und so dominierten negativ konnotierte Attribute, wie ein stark grüner Geschmack, der sehr wurzelartig herb ausgeprägt war. Außerdem war ein stark bitterer und seifiger Geschmack vorhanden. Trafford F1 schmeckte sehr einseitig, was durch die niedrigste Bewertung eines komponentenreichen Geschmacks bestätigt wurde. Die intensivste orange Farbgebung konnte ebenfalls bei Trafford F1 ermittelt werden. Auffällig war, dass eine einmalige Reduzierung der unerwünschten sensorischen Merkmale und stärkeres Vorhandensein positiver Attribute am Standort GAR 2020 festgestellt werden konnte.

Kupferchlorid-Kristallisation:

Bei der Kupferchlorid-Kristallisation wurden bei Trafford F1 und Solvita die signifikant geringste Qualität festgestellt. Mit einem äußerst geringen Anteil an positiven Bildmerkmalen bildete Trafford F1 überwiegend verdichtete Bereiche, starre Strukturen und unregelmäßige Bildelemente ab, die keine Integration der abgebildeten Strukturen zeigten. Charakteristisch für Trafford F1 war das wie abgeschnürt erscheinende Kristallisationszentrum, aus dem kaum verbundene Nadelzüge in den Bildrandbereich zu erkennen waren. Eventuell vorhandene Nadelzüge fächerten im mittleren Bildbereich auf und konnten keine Strukturen über den gesamten Bildbereich abbilden. All diese Merkmale deuten auf Unreife und teilweise auf Alterungsmerkmale hin, eine sehr geringe Gesamtqualität. Bemerkenswert muss, dass aus den beurteilten Anbaujahren und unterschiedlichen Standorten der Standort GAR 2020 eine positive Bildgestaltung erkennen lässt. Hier reduzierten sich die negativen Bildmerkmale und die positiven Attribute nahmen zu, so dass sich hier eine Qualität abbildet, die einmalig nicht zu der Charakteristik der Sorte passt.

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

Die Sorte reagierte ziemlich stabil.

In den Fragebogenergebnissen wurde sie vergleichsweise ähnlich eingeschätzt. Im Ranking rangierte sie zwischen dem 4. und 6. Platz. Am besten wurde sie am Standort GAR 2020

bewertet, am ungünstigsten in GAR 2021. Im Durchschnitt erhielt die Sorte mit Rang 5,3 den ungünstigsten Wert im Vergleich.

In der freien Beschreibung fiel die Sorte (abgesehen von GAR 2020) durch eine geringe Vielfalt an Merkmalen auf. Neben den Hauptmerkmalen *wach*, *hell* usw. und *guter Stand* wies Trafford F1 mit Abstand am wenigsten andere Qualitäten auf. Das heißt, sie war im Vergleich sehr schlicht. Auffällig war auch die schwache Ausprägung der Qualität *Wärme* (abgesehen von GAR 2020). Die Qualität *Atem vertieft / Weitung der Brust* war eher schwach ausgeprägt.

5.2.5.6 Rodelika

Agronomische Merkmale:

Der Ertrag der Sorte Rodelika lag mit durchschnittlich 55,5 t ha⁻¹ auf dem gleichen hohen Niveau wie KS-MOG-SAT505, KS-MOG-DH-HKÖ und Trafford F1. Die konischen Rüben hatten, wie auch KS-MOG-DH-RxR, einen eher niedrigen Durchmesser. Rodelika wies eine mittlere Laubstabilität auf und hatte im Vergleich der Genotypen ein geringes antioxidatives Potenzial.

Sensorik:

Rodelika zeichnete sich über alle Anbaujahre sensorisch durch einen intensiven Gesamtgeschmack mit hervorstechender Süße, einem ausgeprägten komponentenreichen Geschmack und sehr mildem Möhrenaroma aus. Störende Merkmale wie grüner oder ein herber wurzelartiger Geschmack zeigten im Vergleich zu den anderen Genotypen größtenteils die geringsten Bewertungen. Auch ein seifiger Geschmack oder Geruch und Bitterkeit war kaum wahrnehmbar. Durch die vorhandene Geschmacksintensität dieser Sorte wurde Rodelika auch nicht als flüchtig oder wässrig bewertet. Eine nicht zur Sorte passende Ausnahme wurde in GAR 2020 festgestellt, hier kehrte sich die Bewertung einmalig um.

Kupferchlorid-Kristallisation:

Über alle Standorte und Jahre konnte bei Rodelika die höchste Qualität bei den Kristallbildern festgestellt werden. Neben einer sehr hohen Substanzwirkung strukturierten die Kristallbilder verbundene Nadelzüge, die sich dynamisch mit hoher Grundspannung, Gleichmäßigkeit und Präsenz bis in den Bildrandbereich erstreckten. Eine Integration der Gesamtbilder mit Zentrumskoordination ließen kaum störende negativ konnotierte Bildmerkmale wie verdichtete Bereiche oder Unregelmäßigkeiten erkennen. Eine kraftvolle Sorte, die die entstandenen Strukturen strahlend ausbreitet. Selbst bei ungünstigen Anbaubedingungen am Standort GAR 2023 oder bei den verarbeiteten Säften zeigte Rodelika kaum eine Reduzierung ihrer als typisch beschriebenen Qualität bei der Kupferchlorid-Kristallisation und hielt sehr stabil ihr hohes Niveau. Am Standort GAR 2020 drehte sich diese über alle Jahre/Standorte/Saftverarbeitungen identifizierte Sortencharakteristik um und zeigte niedrige Qualitäten, wie sie bei Trafford F1 beschrieben wurden.

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

Die Sorte zeigte sich nur mäßig stabil, ihre Bewertung schwankte relativ stark.

Im Ranking der Fragebogenergebnisse lag sie zwischen Platz 2 (KHOH 2021) und Platz 5 (GAR 2020). Im Mittel lag sie damit auf Platz 2,9 und so insgesamt die drittbeste im Vergleich aller Sorten und Zuchtlinien.

In der freien Beschreibung zeigte Rodelika meistens eine hohe Vielfalt, im Jahr 2020 war diese auf dem Niveau der anderen Sorten und Zuchtlinien (nur Trafford F1 lag niedriger), im Jahr 2021 rangierte sie auf dem 2. oder 3. Platz. Am Standort GAR 2021 waren bei Rodelika die Qualitäten *guter Stand* und *Wärme* am besten ausgeprägt.

5.2.5.7 Solvita

Agronomische Merkmale:

Solvita war mit einem Ertrag von durchschnittlich 72,4 t ha⁻¹ die mit Abstand Ertragsstärkste Sorte im Vergleich der untersuchten Genotypen. Gleichzeitig wies sie den höchsten Rübandurchmesser sowie die höchste Laubstabilität auf. Die Rübenform war konisch. Zusammen mit Trafford F1 wurde in Solvita das höchste antioxidative Potenzial gemessen.

Sensorik:

Zusammen mit der Sorte Trafford F1 wurde Solvita am schlechtesten bewertet. Neben einem geringen Gesamtgeschmack und sehr gering ausgeprägter Süße, konnte auch kein Komponentenreichtum im Geschmack festgestellt werden, sondern eine Flüchtigkeit und Wässrigkeit des Geschmacks. Solvita zeigte sich ausgesprochen wurzelartig herb und stark grün im Geschmack und ließ ein brennendes Mundgefühl erkennen. Seifigkeit und Bitterkeit waren ebenso vorhanden wie ein häufig genannter Fremdgeschmack.

Kupferchlorid-Kristallisation:

Eine ähnlich geringe Qualität wie bei Trafford F1 konnte auch bei Solvita mit der Kupferchlorid-Kristallisation festgestellt werden. Neben einer geringen Substanzwirkung zeigten sich durchgängig stark verdichtete Bereiche, starre Strukturen Unregelmäßigkeiten in der Gesamtbildgestaltung und früh auffächernde oder auslaufende Nadelzüge, die den Bildrandbereich nicht erreichten. Gewünschte Bildmerkmale, die eine differenzierte und ausgereifte Sorten kennzeichnen, wie z.B. Gleichmäßigkeit, Verbundenheit oder Beweglichkeit konnten bei Solvita nur in äußerst geringem Maße erkannt werden. Die beschriebenen negativ konnotierten Merkmale deuten auf Unausgereiftheit dieser Sorte hin. Die geringe Qualität von Solvita zeigte zusammen mit Trafford F1 eine klare Abtrennung zu den vier anderen Sorten und Zuchtlinien.

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

Die Sorte war ähnlich stabil wie Trafford F1, allerdings auf einem höheren Bewertungsniveau. Bei den Fragebogenergebnissen rangierte sie zwischen Rang 3,3 und 1,7. Die günstigste Beurteilung erhielt sie am Standort GAR 2021, die ungünstigste in KHOH 2021. Im Durchschnitt erreichte die Sorte das Ranking 2,7, welches das zweithöchste im Vergleich ist. (Es fällt auf, dass das Merkmal *Wärme* in GAR 2020 und 2021 deutlich ungünstiger als die Skalen 1 und 2 eingestuft wurden. Das heißt, die Sorte schien, zumindest auf diesem Standort, eine gewisse Schwäche bzw. Einseitigkeit hinsichtlich dieser Qualität zu haben.)

In der freien Beschreibung zeigte Solvita meistens eine gleich hohe Vielfalt wie die anderen Sorten und Zuchtlinien (abgesehen von Trafford F1). Nur am Standort KHOH 2021 erschien sie schlichter. Die Qualität *Atem vertieft / Weitung der Brust* war in KHOH in beiden Jahren eher schwach ausgeprägt, in GAR (in beiden Jahren) hingegen gut. Hier deutete sich ein Standorteffekt an.

5.2.5.8 KS-MOG-DH-RxR

Agronomische Merkmale:

KS-MOG-DH-RxR bildete mit durchschnittlich 49,4 t ha⁻¹ den signifikant niedrigsten Ertrag aller untersuchten Genotypen. Die konischen Rüben hatten einen eher niedrigen Durchmesser. Am sandigen Standort GAR bildete die Zuchtlinie zusammen mit KS-MOG-CHE-HKÖ die längsten Rüben. Die Laubstabilität war hoch. Im Vergleich der Genotypen wies KS-MOG-DH-RxR das niedrigste antioxidative Potenzial auf.

Sensorik:

Auffallend bei KS-MOG-DH-RxR war die sehr geringe Ausprägung aller negativ konnotierten sensorischen Merkmale und die Betonung der Süße im Geschmack und Geruch. Wenn sich auch die Intensität des Geschmacks eher auf einem mittleren Niveau abbildete, wurde KS-MOG-DH-RxR ein mildes Möhrenaroma attestiert. Lediglich im Jahr 2021 in dem alle Sorten und Zuchtlinien am Standort GAR stark wurzelartig bewertet wurden, war auch bei KS-MOG-DH-RxR dieses Attribut vorhanden. Geschmacklich könnte diese Zuchtlinie als süß, unaufdringlich und sanft beschrieben werden.

Kupferchlorid-Kristallisation:

Gleichmäßigkeit, eine feine, sehr fruchtartige Benadelung, lebendige Beweglichkeit und eine eher sanfte und nicht kraftvolle ausbreitende Dynamik standen bei KS-MOG-DH-RxR im Vordergrund. All diese Merkmale wurden nicht durchgängig und fehlerlos abgebildet, waren jedoch immer wieder als Hauptcharakteristika erkennbar. Eine Grundspannung aller Strukturen war vorhanden, jedoch nicht die hohe Präsenz, die Rodelika und auch KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-CHE-HKÖ abbildeten. Fruchtartigkeit, Feinheit der Strukturen, ohne überdimensionierte kraftvolle Gesten und mit sehr wenigen negativ konnotierten Bildmerkmalen ließen eine etwas verhaltene hohe Qualität dieser Sorte erkennen.

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

Die Zuchtlinie zeigte im Ranking eine große Schwankungsbreite, nämlich zwischen 1,0 und 4,8.

Im Jahr 2020 (GAR und KHOH) und in KHOH 2021 wurde sie im Fragebogen gut bis sehr gut bewertet (Plätze im Ranking: 1,6, 2,1 und 1,0). Nur in GAR 2021 erhielt sie ein ungünstiges Ranking (Platz 4,8). Trotzdem wurde sie im Mittel mit dem Ranking 2,4 am höchsten von allen Sorten und Zuchtlinien eingestuft.

Die Merkmalsvielfalt war immer hoch abgesehen von GAR 2021. Die Qualität *Wärme* (und *Hülle*) wurde mittel bis gut bewertet.

5.2.5.9 KS-MOG-SAT505:

Agronomische Merkmale:

Mit einem durchschnittlichen Ertrag von 61,0 t ha⁻¹ lag KS-MOG-SAT505 auf dem gleichen hohen Ertragsniveau wie Rodelika, KS-MOG-DH-HKÖ und Trafford F1. Als einzige Sorte hatte sie eine zylindrische Wurzelform bei gleichzeitig niedrigstem Rübindurchmesser. Die Laubstabilität lagen im Vergleich der Genotypen im mittleren Bereich. Wie bei KS-MOG-CHE-HKÖ wurde ein mittleres antioxidatives Potenzial gemessen.

Sensorik:

KS-MOG-SAT505 zeigte sich bei den sensorischen Bewertungen über die Anbaujahre eher instabil. Im ersten Anbaujahr 2020 konnte die höchste Bewertung bei den positiven sensorischen Attributen festgestellt werden, jedoch auch für eine sehr hohe Bewertung der negativen Merkmale. Ein intensiver Geruch und Gesamtgeschmack waren vorhanden und eine mittlere bis intensive Süße. Dies galt allerdings auch für stark vorhandene Seifigkeit, Bitterkeit, grünen Geschmack und brennendes Mundgefühl. Im zweiten Anbaujahr bewegte sich die sensorische Bewertung sowohl bei den positiv als auch den negativ konnotierten Merkmalen im Mittelfeld ohne besondere Auffälligkeiten. Im Versuchsjahr 2023 mit schwierigen Anbaubedingungen und Unkrautdruck verlor KS-MOG-SAT505 ihre positiven sensorischen Merkmale und wurde wie Solvita und Trafford F1 als wenig süß und aromatisch aber intensiv wurzelartig herb und grün beschrieben. Zusätzlich konnte die stärkste Bitterkeit und ein stark brennendes Mundgefühl beobachtet werden. Für KS-MOG-SAT505 kann kein

eindeutiges sensorisches Sortenprofil erstellt werden, da die Schwankungen über die Anbaujahre sehr groß waren.

Kupferchlorid-Kristallisation:

Auch bei der Kupferchlorid-Kristallisation waren über die Anbaujahre Qualitätsunterschiede bei KS-MOG-SAT505 zu erkennen. Im ersten Anbaujahr 2020 lag die Bewertung von KS-MOG-SAT505 zusammen mit Rodelika an erster Stelle. Hohe Substanzwirkung mit dichter fruchtbetonter Benadelung, Präsenz und kraftvolle Dynamik kennzeichneten KS-MOG-SAT505. Im Vergleich zu Rodelika war eine leichte Instabilität der Bildmerkmale über die Konzentrationsbereiche zu erkennen. Im Anbaujahr 2021 bildete KS-MOG-SAT505 eine mittlere Qualität in den Kristallbildern ab, betont wurde weiterhin die feine, fruchtartige Benadelung und ein Ausbreiten der Nadelstrukturen bis zum Randbereich. 2023 konnte ein deutlicher Anstieg negativer Bildmerkmale festgestellt werden, die auf Unausgereiftheit hindeuten. Dennoch hoben sich die positiven Bildmerkmale von Solvita und Trafford F1 ab. Insgesamt zeigte die Sorte eine hohe Qualität, die durch unterschiedliche Anbaujahre jedoch stark beeinflusst wurde.

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

Auch diese Zuchtlinie erschien eher instabil (vergleichbar mit KS-MOG-DH-RxR).

Im Ranking der Fragebogenergebnisse lag sie zwischen Platz 2 und Platz 5,6. Am Standort KHOH erreichte sie nur die Plätze 5,6 (2020) und 5 (2021), am Standort GAR hingegen in beiden Jahren das Ranking 2,0 (2020) und 3,8 (2021). Im Durchschnitt belegt die Zuchtlinie im Ranking mit dem Wert 4,1 den zweitletzten Platz. Die Ergebnisse deuten auf einen Standorteinfluss.

Die Merkmalsvielfalt war mittel bis hoch, abgesehen von GAR 2021, wo KS-MOG-SAT505 ausschließlich ungünstige Werte erreichte. Auffällig war, dass die Zuchtlinie das Merkmal *hell, wach* u.ä. im Jahr 2020 auf beiden Standorten am stärksten von allen Genotypen ausprägte. Im Jahr 2021 verhielt sich die Zuchtlinie in dieser Hinsicht unauffällig. Dies könnte auf einen Jahreseffekt deuten.

5.2.5.10 KS-MOG-CHE-HKÖ

Agronomische Merkmale:

KS-MOG-CHE-HKÖ bildete mit durchschnittlich 56,3 t ha⁻¹ einen hohen Ertrag und befand sich damit auf dem gleichen Niveau wie Rodelika, KS-MOG-SAT505 und Trafford F1. Der Rübendurchmesser war eher hoch. HKÖ hatte eine konische Rübenform und wies zusammen mit Solvita die höchste Laubstabilität auf. Am sandigen Standort GAR hatte die Zuchtlinie zusammen mit KS-MOG-CHE-HKÖ die längsten Rüben. Das antioxidative Potenzial lag im mittleren Bereich.

Sensorik:

Zusammen mit Rodelika und KS-MOG-SAT505 zeigte KS-MOG-CHE-HKÖ häufig die höchste Bewertung der positiven Geschmacksattribute. Ein intensiver möhrentypischer Geruch und Geschmack sowie Komponentenreichtum und ein süßer Geschmack kennzeichneten diese Zuchtlinie. Allerdings war ein mildes Möhrenaroma bei KS-MOG-CHE-HKÖ geringer vorhanden als bei Rodelika, da auch ein wurzelartig herber und grüner Geschmack vorhanden war. So könnte KS-MOG-CHE-HKÖ als insgesamt sehr geschmacksintensiv beschrieben werden mit wurzelbetont herber Geschmacksrichtung.

Kupferchlorid-Kristallisation:

Diese Zuchtlinie zeigte neben einer hohen Substanzwirkung auch immer wieder etwas struppige Nadelzüge, die neben einer Fruchtartigkeit auch etwas Wurzelbetontes in den Kristallbildern abbildeten. Größtenteils hatten die entstandenen Bilder eine sehr kraftvoll ausbreitende Dynamik mit äußerst prägnanten Strukturen und weiter Durchstrahlung bis in den Randbereich. Präsenz und Grundspannung waren in hohem Maße vorhanden. Dabei wurde jedoch nicht die Gleichmäßigkeit und Integration von Rodelika erreicht. Teilweise waren Zonenbildungen erkennbar und auch starr wirkende Nadelzüge. Es war nicht nur ein harmonisches Zusammenspiel der positiv konnotierten Merkmale vorhanden, sondern eher eine Fixierung auf kraftvolle Gestaltung, die dadurch jedoch Unregelmäßigkeiten aufzeigte. Auch bei der Saftverarbeitung bildete sich KS-MOG-CHE-HKÖ stärker abgeschwächt ab als Rodelika und zeigte daher eine mittlere bis gute Bewertung der Qualität.

Lebensmittelinduzierte Emotionen:

Die Zuchtlinie offenbarte die größte Abweichung im Ranking, das heißt die Ergebnisse waren nicht stabil.

Im Mittel erreichte sie bei den Fragebogenergebnissen ein Ranking von 3,5, womit sie insgesamt an vierter Stelle lag. Allerdings waren die Schwankungen enorm, von Platz 1 (KHOH 2020), über Ranking 1,8 (GAR 2021) zu den Platzierungen 5,6 (GAR 2020 und KHOH 2021). Es war kein Standort- oder Jahreseffekt erkennbar.

Die Vielfalt der Merkmale reagierte entsprechend variabel: Am Standort KHOH 2020 war sie am höchsten, im gleichen Jahr in GAR am niedrigsten im Vergleich. Im Jahr 2021 war die Merkmalsvielfalt in KHOH auf mittlerem Niveau und in GAR auf hohem Niveau.

6 Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse

- Wie im Abschnitt 5.1.1.2 beschrieben, kann eine Sortenempfehlung aus agronomischer Sicht ausgesprochen werden. Mit Ausnahme von KS-MOG-DH-RxR, welche durch niedrige Erträge auffiel, sind alle Sorten und Zuchtlinien für den Anbau zu empfehlen. Die Sorge vieler Anbauer, samenfeste Sorten würden unterdurchschnittliche Erträge erzielen, konnten, unter Berücksichtigung der Sortenwahl, entkräftet werden. Die samenfeste Sorte Solvita ist als Verarbeitungsmöhre (Saft) aufgrund ihres herausragenden Ertragspotenzials aus agronomischer Sicht besonders zu empfehlen. KS-MOG-SAT505 ist die einzige Sorte mit zylindrischer Wurzelform und könnte daher zur Verwendung als TK-Ware interessant sein.
- Die untersuchten Möhrensorten sind in Bezug auf Inhaltsstoffe wie Carotenoide, Zucker, Vitamin C und Phenole als gleichwertig zu betrachten (keine signifikanten Unterschiede). Lediglich in ihrer antioxidativen Kapazität, die auf die unterschiedliche Zusammensetzung phenolischer Substanzen zurückzuführen ist, zeigten sich Unterschiede: Die Sorten Solvita und Trafford F1 wiesen dabei das höchste Potenzial auf. Auch aus inhaltsstofflicher Sicht sind alle oben genannten Sorten als anbauwürdig zu betrachten. Bei den Terpenen gab es signifikante Unterschiede, die auf verschiedene Geschmacksausprägungen hinweisen; daher sollten diese sensorischen Unterschiede bei der Sortenwahl berücksichtigt werden.
- Bei den wertgebenden Inhaltsstoffen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Saftverarbeitungsverfahren festgestellt werden, und beide Verarbeitungsverfahren können aus dieser Sicht für die Praxis empfohlen werden. Die Terpenegehalte differenzierten allerdings und könnten sich im Geschmack bemerkbar machen.
- Sowohl mit der Sensorik als auch mit der Methode der Kupferchlorid-Kristallisation konnten die sechs untersuchten Möhrensorten und -zuchtlinien unterschieden und charakterisiert werden. Beide Verfahren zeigten für Rodelika die höchste Qualität. Die Sensorik mit einem

sehr ausgewogenen Geschmack, der sich intensiv, süß und gleichzeitig sehr mild ohne störende unerwünschte Merkmale ausprägte. Bei der Auswertung mittels Kupferchlorid-Kristallisation konnte für Rodelika ein sehr harmonisches Zusammenspiel aller positiven Bildmerkmale festgestellt werden und eine außerordentliche Stabilität gegenüber äußeren Einflüssen, wie schwierige Anbaujahre oder auch die Verarbeitung zu Saft. Auch KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-DG-RxR und KS-MOG-SAT505 zeigten empfehlenswerte Qualitäten mit individuellen Charakteristiken. Lediglich die Sorten Solvita und Trafford F1 zeigten eine mindere Qualität mit starker Ausprägung unerwünschter Geschmacksattribute wie Bitterkeit, stark grünen und wurzelartig herben Attributen, Seifigkeit und auch Flüchtigkeit. Auch bei der Kupferchlorid-Kristallisation überwogen die negativen Bildmerkmale dieser beiden Sorten über alle Anbaujahre und Standorte und wiesen auf eine nicht abgeschlossene Ausreifung hin.

- Die Säfte aus Kalt- und Heißvermahlung konnten sowohl sensorisch als auch mit der Kupferchlorid-Kristallisation unterschieden werden. Dabei wurde der Kaltvermahlung eine höhere Produktqualität attestiert. Die Strukturelemente der Kristalle zeigten deutlich weniger Merkmale, die einem Alterungs- oder Degenerationsprozess zuzuordnen sind. Die Säfte aus der Kaltvermahlung wiesen höhere Geschmacksintensität und Süße sowie einem geringeren Kochgeschmack und Bitterkeit gegenüber den heißvermahlenden Säften auf. Demnach kann die Kaltvermahlung als das geeignetere Verfahren zur Herstellung qualitativ hochwertiger Möhrensäfte eingestuft werden.
- Der Vergleich der Tankmischprobe mit dem in Flaschen konservierten Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“ ließ sowohl sensorisch wie auch bei den Untersuchungen mittels Kupferchlorid-Kristallisation keine Unterschiede erkennen. Damit ist die untersuchte industrielle Flaschenabfüllung im Falle des Produkts „Feldfrischer Möhrensaft“ als ein qualitätsschonender bzw. -erhaltender Prozess zu bewerten.
- Anhand des Empathic Food Test konnten Sorten und Zuchtlinien unterschieden und Sortenempfehlungen ausgesprochen werden. Günstig im Hinblick auf das körperliche und emotionale Befinden wurden die Sorten und Zuchtlinien Rodelika und KS-MOG-DH-RxR, gefolgt von Solvita bewertet. Eher ungünstig wurden die Sorten und Zuchtlinien Trafford F1 und KS-MOG-SAT505 eingeschätzt. Die Ergebnisse der Frischmöhren und der Säfte deckten sich hierbei weitgehend.
- Auf Grundlage der umfangreichen Untersuchungen an Frischmöhren und Säften von sechs Genotypen wurden Sortencharakterisierungen und Empfehlungen ausgearbeitet, die den verschiedenen Nutzergruppen zur Verfügung gestellt werden (Schlussbericht, Praxismerkblätter, weitere Veröffentlichungen und Veranstaltungen). Konkretes Interesse an den umfassenden Qualitätsbeschreibungen der Möhrensorten haben bereits ökologische Gemüsezüchter, Anbauer und Saatgutvertriebsfirmen geäußert.
- Die Sortencharakterisierungen erlauben eine gezielte Verwendung der Sorten, um von interessierten Konsumenten gewünschte Qualitätsmerkmale wie hervorragender Geschmack, Gesundheitswert und Wohlbefinden berücksichtigen zu können.
- Die Qualitätsbeschreibungen der untersuchten Sorten und Zuchtlinien können zur Bewerbung von Möhrenprodukten genutzt werden.
- Für die Kupferchlorid-Kristallisation wurde erfolgreich ein Verfahren zur qualitätserhaltenden Konservierung der instabilen Möhrensaftproben entwickelt, welches bereits auf Untersuchungen an anderem Probenmaterial außerhalb von EATMORE übertragen werden konnte.

- Die Methoden Kupferchloridkristallisation und lebensmittelinduzierte Emotionen wurden im Verhältnis zur Sensorik und Inhaltsstoffanalysen beschrieben. Dadurch wurde ein Beitrag zur Entwicklung ganzheitlicher Methoden geleistet.
- Gesunde Ernährung zur Stärkung des Wohlbefindens ist laut Öko-Barometer des BÖLN (2016-2019) ein Hauptgrund für den Kauf von Biolebensmitteln. Mit der Untersuchung lebensmittelinduzierter Emotionen kann dieser Aspekt direkt adressiert werden.

7 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen

Wie vorgesehen wurden im Rahmen des Projektes fünf ökologisch gezüchtete, samenfeste Sorten und Zuchtlinien neben einer Referenzsorte aus konventioneller Züchtung zweijährig in Exaktversuchen sowie im großflächigen Praxisanbau getestet. Alle geplanten agronomischen Erhebungen wie auch Qualitätsuntersuchungen an den Frischmöhren fanden statt. Auf Grundlage der umfangreichen mehrjährigen und mehrortigen Frischmöhrenergebnisse konnten differenzierte Sortencharakterisierungen und Empfehlungen für Züchtung, Anbau und Verarbeitung ausgearbeitet werden.

Der Vergleich der Saftverarbeitungsverfahren im Jahr 2021 führte zu vielversprechenden Ergebnissen und zeigte einen teils deutlichen Qualitätsunterschied zwischen den verarbeiteten Säften aus Heiß- und Kaltvermahlung mittels Sensorik, Kupferchlorid-Kristallisation sowie Lebensmittelinduzierte Emotionen. Leider gelang es im Jahr 2023 aufgrund zu geringer Erntemengen am Praxisstandort GAR nicht, den Vergleich zu wiederholen. Die Ergebnisse der beiden großtechnischen Verarbeitungsverfahren konnten daher nicht zweijährig ausgewertet werden. Weitere Studien sind hierfür notwendig.

Anhand eines Auszugs der im Projekt erhobenen Daten wurden mögliche Zusammenhänge bzw. Korrelationen zwischen den einzelnen Qualitätserfassungsmethoden statistisch geprüft. Eine Hauptkomponentenanalyse mit vorangegangener Korrelationsberechnung zwischen den Attributen der Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation wies dabei auf einen starken Zusammenhang der beiden unabhängigen Methoden hin. Auch zwischen Merkmalen der Sensorik und der Lebensmittelinduzierten Emotionen deuteten sich einzelne Zusammenhänge an. Für einen vertieften und erweiterten Methodenvergleich besteht hoher Forschungsbedarf. Dies erscheint besonders mit Blick auf die relativ neuen Methoden Kupferchlorid-Kristallisation und lebensmittelinduzierte Emotionen von Interesse.

Als Nebenergebnis der Kupferchlorid-Kristallisation wurden interessante Qualitätsunterschiede zwischen gefrosteten und frischen Möhrensaftproben gefunden, die auf einen negativen Qualitätseinfluss des Einfrierens von Lebensmitteln hindeuten. Hierzu ist eine wissenschaftliche Publikation geplant.

Die Untersuchungen zum vermuteten Zusammenhang zwischen Pektingehalt und der Ausprägung von Bildmerkmalen konnten aufgrund fehlender Laborkapazitäten bzw. -kompetenzen nicht wie vorgesehen durchgeführt werden. Ersatzweise wurden vergleichende Untersuchungen mit Apfel- und Citruspektin angestellt, wodurch allerdings die Hypothese von Pektin als Markersubstanz bei der Kupferchlorid-Kristallisation nicht beantwortet werden konnte.

Die Anwendung des Empathic Food Tests erfordert mehr Zeit und Aufmerksamkeit als ein sensorischer Test. Für eine künftige Anwendung auf Sortenfragen (mit Jahres- und Standortwirkungen) sind deshalb mehr Wiederholungen oder größere Prüfgruppen erforderlich, um die statistische Stärke (Power) zu erhöhen.

8 Zusammenfassung

Für Konsumenten von Bio-Produkten zählen guter Geschmack, Wohlbefinden und Gesundheitswirkung zu den zentralen Kaufmotiven. Um die von Verbraucherseite geforderten Qualitätskriterien sicherstellen, ist es wichtig, die wesentlichen qualitätsbestimmenden Einflussfaktoren im gesamten Prozess vom Anbau über Verarbeitung bis hin zum Handel zu berücksichtigen. Im Rahmen des Verbundprojektes EATMORE wurde die Qualität von Bio-Möhren als Frischware sowie verarbeitet zu Möhrensaft mittels klassischer sowie innovativer Qualitätserfassungsmethoden vielschichtig untersucht und bewertet. Dabei wurde der Einfluss von Sorte, Anbaustandort und Verarbeitungsverfahren auf die Qualität des Endprodukts untersucht. Parallel dazu wurde die innovative Qualitätserfassungsmethode Kupferchlorid-Kristallisation methodisch weiterentwickelt.

Fünf ökologisch gezüchtete, samenfeste Verarbeitungssorten und -zuchtlinien von Möhren wurden im Vergleich zu einer konventionellen Referenzsorte in den Jahren 2020 und 2021 an zwei Standorten in Feldversuchen angebaut. Parallel dazu wurden die gleichen Genotypen in den Jahren 2020, 2021 und 2023 auf einem zertifiziert ökologisch bewirtschafteten Praxisbetrieb zwecks industrieller Verarbeitung großflächig angebaut. Der am Projekt beteiligte Wirtschaftspartner verarbeitete die sechs Genotypen sortenrein nach praxisüblichem Verfahren zu Saft. Dabei kamen die beiden im Unternehmen zur Verfügung stehenden Saftverarbeitungsverfahren, die sogenannte Heiß- und Kaltvermahlung, zum Einsatz. 2020 wurden alle sechs Genotypen mittels Heißvermahlung verarbeitet. 2021 wurden die einzelnen Möhrenchargen aufgeteilt und parallel mit beiden Verfahren sortenrein verarbeitet. Im Jahr 2023 sollte der Verfahrensvergleich wiederholt werden, aufgrund zu geringer Erntemengen konnten die Möhren jedoch lediglich per Kaltvermahlung verarbeitet werden. Zusätzlich wurden in den Jahren 2021 und 2023 Saftproben des Endprodukts „Feldfrischer Möhrensaft“ unmittelbar vor der Abfüllung aus dem Tank entnommen und mit dem in Flaschen konservierten Saft verglichen.

An den Frischmöhren aus Versuchs- und Praxisanbau, den sortenreinen Saftproben aus Heiß- und Kaltvermahlung sowie den Saftmischproben aus Tank und Flasche wurden umfangreiche Qualitätsuntersuchungen vorgenommen. Im Speziellen kam die bildschaffende Methode Kupferchlorid-Kristallisation zur Anwendung, über deren Befunde vergleichend Rückschlüsse auf die „ganzheitliche Qualität“ der Lebensmittel gezogen wurden. Mittels des Empathic Food Tests wurden lebensmittelinduzierte Emotionen abgefragt und damit das Wohlbefinden der Konsumenten adressiert. Vergleichende Analytik wertgebender Inhaltsstoffe sowie Sensorikuntersuchungen durch geschulte Panels dienten als Referenz für das gesamte Methodenset. Die visuelle Auswertung der Kupferchlorid-Kristallbilder durch ein Experten-Panel sowie Einzelauswertung wurde anhand der Frischmöhren- und Saftproben weiterentwickelt.

Hinsichtlich der agronomischen Merkmale der Frischmöhren zeigten fünf der sechs untersuchten Genotypen eine hohe bis sehr hohe Anbauwürdigkeit. Die Erträge lagen im Mittel der Möhrenerträge aus deutschem Ökoanbau oder übertrafen diese. Solvita ist aufgrund ihres herausragenden Ertragspotenzials aus agronomischer Sicht besonders zu empfehlen. KS-MOG-SAT505 war die einzige Sorte mit zylindrischer Wurzelform und könnte daher zur Verwendung als Tiefkühlware interessant sein.

In Bezug auf wertgebende Inhaltsstoffe wie Carotenoide, Zucker, Vitamin C und Phenole sind alle sechs Genotypen als gleichwertig zu betrachten. Lediglich in ihrer antioxidativen Kapazität zeigten sich Unterschiede: Solvita und Trafford F1 wiesen dabei das höchste Potenzial auf. Bei den Terpenen gab es signifikante Unterschiede, die auf verschiedene

Geschmacksausprägungen hinwiesen. Die Saftverarbeitungsverfahren konnten bezüglich der Inhaltstoffe nicht differenziert werden. Wie bei den Frischmöhren traten jedoch in den Terpenegehalten signifikante Unterschiede auf.

Die Untersuchung auf lebensmittelinduzierte Emotionen ergab nur wenige statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Sorten und Zuchtlinien; Jahres- und Standorteffekte waren oft deutlicher. Allerdings zeigten sich mehrfach wiederkehrende Muster im Verhältnis der Genotypen, sodass dennoch Schlüsse über die Frischmöhren- und Saftvarianten gezogen werden konnten. Günstig in ihrer Wirkung auf das körperliche und emotionale Befinden wurden Rodelika und KS-MOG-DH-RxR, gefolgt von Solvita bewertet. Eher ungünstig wurden Trafford F1 und KS-MOG-SAT505 eingeschätzt. Die Ergebnisse der Frischmöhren und der Säfte deckten sich hierbei weitgehend. Im Vergleich der Saftverarbeitungsverfahren Kalt- und Heißvermahlung reagierten vier der sechs Sorten und Zuchtlinien mit einem einheitlichen Muster in der Veränderung der Wirkungen. Auch beim Vergleich von Tankmischung mit flaschenkonserviertem Saft war eine Veränderung in der Intensität der Wirkungen zu erkennen.

Bei der Bewertung der sensorischen Merkmale der Frischmöhren konnten signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten und Zuchtlinien gefunden werden. Solvita und Trafford F1 zeigten über sämtliche Untersuchungen eine deutlich reduzierte sensorische Qualität. Rodelika und KS-MOG-DH-RxR hingegen zeichneten sich mit positiv bewerteten Merkmalen wie einer hohen Süße und einem milden Möhrenaroma aus. Für KS-MOG-SAT505 konnte aufgrund hoher Schwankungen kein eindeutiges sensorisches Sortenprofil erstellt werden. Statistisch gesicherte Unterschiede traten auch in den verarbeiteten Säften auf. Die beiden Verarbeitungsverfahren Kalt- und Heißvermahlung konnten sensorisch signifikant unterschieden werden. Bei der Kaltvermahlung zeigte sich ein intensiverer, komponentenreicherer Geschmack mit höherer Süße. Bei der Heißvermahlung waren die Zunahme eines flüchtig wässrigen Geschmacks, eine erhöhte Bitterkeit und ein stärkerer Kochgeschmack zu identifizieren.

Die Kupferchlorid-Kristallisation konnte alle sechs Genotypen anhand der Frischmöhrenproben differenzieren und diese in einem qualitativen Ranking beschreiben. Mindestens zwei sich signifikant unterscheidende Untergruppen ließen sich bilden. Die qualitativ hochwertig bewertete Gruppe bestand aus Rodelika, KS-MOG-CHE-HKÖ, KS-MOG-SAT505 und KS-MOG-DH-RxR. Mit insbesondere negativ konnotierten Merkmalen wurden Solvita und Trafford F1 beschrieben. Wie bei der Sensorik waren die Säfte der beiden Verarbeitungsverfahren auch mittels Kupferchlorid-Kristallisation statistisch gesichert zu unterscheiden, und zwar mit einer höheren Qualitätsbeurteilung der Kaltvermahlung gegenüber der Heißvermahlung. Die Kaltvermahlung kann demnach als das geeignetere Verfahren zur Herstellung qualitativ hochwertiger Möhrensäfte eingestuft werden.

Der Vergleich der Tankmischprobe mit dem in Flaschen konservierten Endprodukt „Feldfrischer Möhrensaft“ ließ sowohl sensorisch wie auch bei den Untersuchungen mittels Kupferchlorid-Kristallisation keine Unterschiede erkennen. Damit ist die untersuchte industrielle Flaschenabfüllung im Falle des Produkts „Feldfrischer Möhrensaft“ als ein qualitätsschonender bzw. -erhaltender Prozess zu bewerten.

Anhand eines Auszugs der im Projekt erhobenen Daten wurden mögliche Zusammenhänge bzw. Korrelationen zwischen den einzelnen Qualitätserfassungsmethoden statistisch geprüft. Eine Hauptkomponentenanalyse mit vorangegangener Korrelationsberechnung zwischen den Attributen der Sensorik und Kupferchlorid-Kristallisation wies dabei auf einen starken Zusammenhang der beiden unabhängigen Methoden hin. Auch zwischen Merkmalen der

Sensorik und der Lebensmittelinduzierten Emotionen deuteten sich einzelne Zusammenhänge an. Für einen vertieften und erweiterten Methodenvergleich besteht hoher Forschungsbedarf. Auf Grundlage der Frischmöhren- und Saftergebnisse der angewendeten Untersuchungsmethoden wurde für jede Sorte und Zuchtlinie eine Charakterisierung ausgearbeitet.

9 Literatur

- Aadil RM, Zeng XA, Han Z, Sun, DW, 2013: Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 141, 3201–3206.
- Arscott SA Tanumihardjo SA, 2010: Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (9), 223–239, doi: 10.1111/j.1541-4337.2009.00103.x.
- Barba FJ, Esteve MJ, Tedeschi P, Brandolini V, Frígola A, 2013: A Comparative Study of the Analysis of Antioxidant Activities of Liquid Foods Employing Spectrophotometric, Fluorometric, and Chemiluminescent Methods. *Food Anal. Methods* 6 (1), 317–327, doi: 10.1007/s12161-012-9441-3.
- Benamor, J, Mezghani N, Periago MJ, Navarro-Gonzalez I, Elvira-Torales LI, Ouakrim Y, Tarchoun N, 2020: Variations in the sugars and antioxidant compounds related to root colour in tunisian carrot (*Daucus carota* subsp. *sativus*) landraces. *Italian Journal of Food Science* (32), 654–673.
- Ben-Noon E, Shtienberg D, Shlevin E, Vintal H, Dinoor A, 2001: Optimization of chemical suppression of *Alternaria dauci*, the causal agent of *Alternaria* leaf blight in carrots. *Plant Disease* 85 (11), 1149–1156.
- Benzie IFF, Strain JJ, 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239, 70–76.
- Bieri, JG, McKenna MC, 1981. Expressing dietary values for fat-soluble vitamins: changes in concepts and terminology. *The American Journal of Clinical Nutrition* 34 (2), 289–295, doi: 10.1093/ajcn/34.2.289.
- Boskovic-Rakocevic L, Pavlovic R, Zdravkovic J, Zdravkovic M, Pavlovic N, M Djuric, 2012: Effect of nitrogen fertilization on carrot quality. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(18), pp. 2884-2900.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C., 1995: Use of Free radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie* 28, 25–30.
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) 2024: <https://www.landwirtschaft.de/infothek/landwirtschaft-in-zahlen/pflanze/jede-fuenfte-heimische-moehre-ist-eine-bio-moehre>, aufgerufen am 12.09.2024
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2024: <https://bmel-statistik.de/ernaehrung/versorgungsbilanzen/obst-gemuese-zitrusfruechte-schalen-und-trockenobst>, aufgerufen am 12.09.2024
- DESTATIS Statistisches Bundesamt 2024: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Obst-Gemuese-Gartenbau/Tabellen/oekologisches-gemuese.html>, aufgerufen am 12.09.2024
- DESTATIS, 2021: Anbauflächen und Erntemengen von ökologisch angebautem Gemüse, <<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft->

- Forstwirtschaft-Fischerei/Obst-Gemuese-Gartenbau/Tabellen/oekologisches-gemuese.html> (Sep 13, 2022).
- Geier U, Büssing A, Kruse P, Greiner R, Buchecker K, 2016: Development and Application of a Test for Food Induced Emotions. *PLoS ONE* 11(11): e0165991. doi:10.1371/journal.pone.0165991
- Geier U, Mandt G, Helmert E, Vagedes J, 2024a: Heart Rate Variability Measurement and Emotional Profiling to Describe Milk Quality? *Milk Science International – Milchwissenschaften*. Submitted.
- Geier, U, Peschke, J, Wieckmann, P, 2024b: Milch und pflanzliche Alternativen – Gefühlt unterschiedlich? *Lebendige Erde* 2/2024.
- Giannakourou MC, Taoukis PS, 2003: Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry* 83 (1), 33–41, doi: 10.1016/S0308-8146(03)00033-5.
- Gmuer A, Nuessli Guth J, Runte M, Siegrist M., 2015: From emotion to language: Application of a systematic, linguistic-based approach to design a food-associated emotion lexicon. *Food Qual Prefer.* 40 (A):77±86.
- Guler Z, Karaca F, Yetisir H, 2013: Volatile compounds in the peel and flesh of cucumber (*cucumis sativus* L.) grafted onto bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) rootstocks. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 88 (2), 123–128, doi: 10.1080/14620316.2013.11512945.
- Hendy HM, 2012: Which comes first in food-mood relationships, foods or moods? *Appetite.* 58(2):771±5. doi: 10.1016/j.appet.2011.11.014 PMID: 22123609
- Hochmuth GJ , Jeffrey K. Brecht JK, MJ. Bassett, 1999: Nitrogen Fertilization to Maximize Carrot Yield and Quality on a Sandy Soil *HORTS CIENCE* 34(4):641–645.
- Howard LR, Braswell DD, J Aselage, 1996: Chemical composition and color of strained carrots as affected by processing. *Journal of Food Science*, 61, pp. 327-330
- Jacobo-Velázquez DA, Cisneros-Zevallos L, 2012: An Alternative Use of Horticultural Crops: Stressed Plants as Biofactories of Bioactive Phenolic Compounds. *Agriculture* 2 (3), 259–271, doi: 10.3390/agriculture2030259.
- Jaeger SR, Roigard CM, Jin D, Xia Y, Zhong F, Hedderley DI, 2020: A single-re-sponse emotion word questionnaire for measuring product-related emotional associations inspired by a circumplex model of core affect: Method characterisation with an applied focus. *Food Quality and Preference* 83, 103805.
- Jaeger SR, Spinelli S, Ares G, Monteleone E, 2018: Linking Product-Elicited Emotional Associations and Sensory Perceptions Through a Circumplex Model Based on Valence and Arousal: Five Consumer Studies. *Food Research International* 109, 626–640
- Jager G, Schlich P, Tijssen I, Yao J, Visalli M, de Graaf C, 2014: Temporal dominance of emotions: Measuring dynamics of food-related emotions during consumption. *Food Qual Prefer.* 2014; 37:87±99.
- Kabat-Zinn J, 1982: An outpatient program in behavioural medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditations: theoretical considerations and preliminary results. *General Hospital Psychiatry* 4, 33–37.
- Kabat-Zinn J, 1990: Full catastrophe living: using the wisdom of your body and mind to face stress, pain and illness. Delacorte, New York.

- King SC, Meiselman HL, 2010: Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Qual Prefer.* 21(2):168±77.
- King SC, Meiselman HL, Carr BT, 2013: Measuring emotions associated with foods: Important elements of questionnaire and test design. *Food Quality and Preference* 28 (1), 8–16.
- Kobus Z, Nadulski R, Guz T, Mazur J, Panasiewicz M, Zawislak K, 2015: Effect of Pasteurization on Rheological Properties of White Carrot Juice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7, 99–102, doi: 10.1016/j.aaspro.2015.12.043.
- Koley TK, Nishad J, Kaur C, Su Y, Sethi S, Saha S, Sen S, Bhatt BP, 2020: Effect of high-pressure microfluidization on nutritional quality of carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Journal of food science and technology* 57 (6), 2159–2168, doi: 10.1007/s13197-020-04251-6.
- Kongkachuichai R, Charoensiri R, Kettawan A, 2019: Vitamin C, folate, and phytochemical compounds of organically versus inorganically grown fruits and vegetables commonly consumed in Thailand. *Pharmaceutical Sciences Asia* 46 (4), 218–230, doi: 10.29090/psa.2019.04.018.0044.
- Kramer M, Bufler G, Ulrich D, Leitenberger M, Conrad J, Carle R, DR Kammerer, 2012: Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on bitter compounds in carrots (*Daucus carota* L.), *Postharvest Biology and Technology*, Volume 73, 28-36.
- Ladizinsky G 1998: *Plant Evolution under Domestication*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 192.
- Lagast S, Gellynck X, Schouteten JJ, De Herdt V, De Steur H, 2017: Consumers' emotions elicited by food: A systematic review of explicit and implicit methods. *Trends in Food Science & Technology* 69, 172–189.
- Lee EJ, Yoo KS, Patil BS, 2011: Total carotenoid, anthocyanin, and sugar contents in sliced or whole purple (cv. Betasweet) and orange carrots during 4-week cold storage. *Horticulture Environment and Biotechnology* 52 (4), 402–407, doi: 10.1007/s13580-011-0227-0.
- Lee HS, Castle WS, 2001: Seasonal changes of carotenoid pigments and color in Hamlin, Earlygold, and budd blood orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49 (2), 877–882, doi: 10.1021/jf000654r.
- Ng M, Chaya C, Hort J, 2013: Beyond liking: Comparing the measurement of emotional response using EsSense Profile and consumer defined check-all-that-apply methodologies. *Food Qual Prefer.* 28 (1):193±205.
- Nicolle C, Simon G, Rock E, Amouroux P, Rémésy C, 2004: Genetic Variability Influences Carotenoid, Vitamin, Phenolic, and Mineral Content in White, Yellow, Purple, Orange, and Dark-orange Carrot Cultivars. *JASHS* 129 (4), 523–529, doi: 10.21273/JASHS.129.4.0523.
- Nummenmaa L, Glerean E, Hari R, Hietane JK, 2014: Bodily maps of emotions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (2), 646–51.
- Palanisamy R, Lada RR, Asiedu SK, Caldwell CD, Adams A, 2009: Canopy volume and root length influence greenshoulder and internal greening in carrot. *International Journal of Vegetable Science* 15 (2), 116–132, doi: 10.1080/19315260802560532.
- Pearce RS, 1999: Molecular analysis of acclimation to cold. *Plant Growth Regulation* (29), 47–76.

- Piepho H-P, 2004: An algorithm for a letter-based representation of all-pairwise comparisons. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 13 (2), 456–466, doi: 10.1198/1061860043515.
- Piqueras-Fizman B, Jaeger SR, 2014: Emotion responses under evoked consumption contexts: A focus on the consumers' frequency of product consumption and the stability of responses. *Food Qual Prefer.* 35:24±31.
- Porcherot C, Delplanque S, Raviot-Derrien S, Calve BL, Chrea C, Gaudreau N, 2010: How do you feel when you smell this? Optimization of a verbal measurement of odor-elicited emotions. *Food Qual Prefer.* 21(8):938±47.
- Prior RL, Hoang H, Gu L, Wu X, Bacchiocca M, Howard L, Hampsch-Woodill M, Huang D, Ou B, Jacob R, 2003: Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC(FL))) of plasma and other biological and food samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (11), 3273–3279, doi: 10.1021/jf0262256.
- Prior RL, Wu X, Schaich K, 2005: Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (10), 4290–4302, doi: 10.1021/jf0502698.
- Purkiewicz A, Ciborska J, Tańska M, Narwojsz A, Starowicz M, Przybyłowicz KE, Sawicki T, 2020a: The Impact of the Method Extraction and Different Carrot Variety on the Carotenoid Profile, Total Phenolic Content and Antioxidant Properties of Juices. *Plants (Basel, Switzerland)* 9 (12), doi: 10.3390/plants9121759.
- Purkiewicz A, Ciborska J, Tańska M, Narwojsz A, Starowicz M, Przybyłowicz KE, Sawicki T, 2020b: The Impact of the Method Extraction and Different Carrot Variety on the Carotenoid Profile, Total Phenolic Content and Antioxidant Properties of Juices. *Plants (Basel, Switzerland)* 9 (12), doi: 10.3390/plants9121759.
- Rubatzky VE, Quiros CF, and Simon PW, 1999: *Carrots and Related Vegetable Umbelliferae*. Wallingford, CT: CAB International, 2–9.
- Samant, H-S S, 2019: Using both emotional responses and sensory attribute intensities to predict consumer liking and preference toward vegetable juice products. *Food Qual Prefer* 73, 75–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.12.006>
- Santos P, Nunez JJ, Davis RM, 2000: Influence of gibberellic acid on carrot growth and severity of *Alternaria* leaf blight. *Plant Disease* 84 (5), 555–558.
- Scheerens JC, Hosfield, GL, 1976: The Feasibility of Improving Eating Quality of Table Carrots by Selecting for Total Soluble Solids. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106 (6), 705–709.
- Sekara A, Pohl A, Kalisz A, Grabowska A, Cebula S, 2014: Evaluation of selected Polish carrot cultivars for nutritive value and processing – a preliminary study. *Horticulture and Landscape Architecture* 35, 3–14.
- Simon PW, Freeman RE, Vieira JV, Boiteux LS, Briard M, Nothnagel T, Michalik B, Kwon, Y-S, 2008: Carrot. In: Prohens-Tomás, J. (Ed.), *Vegetables II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. Handbook of Plant Breeding Ser, v.2. Springer New York, New York, NY, pp. 327–357.
- Singh BK, Koley TK, Maurya A, Singh PM, Singh B, 2018: Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens). *Physiology and molecular biology of plants* :

- an international journal of functional plant biology 24 (5), 899–907, doi: 10.1007/s12298-018-0574-8.
- Spinelli S, Masi C, Dinnella C, Zoboli GP, Monteleone E, 2014: How does it make you feel? A new approach to measuring emotions in food product experience. *Food Quality and Preference* 37, 109–22.
- Statista, 2024: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/318586/umfrage/pro-kopf-konsum-von-gemuese-in-deutschland-nach-art/>, aufgerufen am 12.09.2024
- Strider, D.L., 1963: Control of *Alternaria* leaf blight of carrots. *Plant Disease Report* 47, 66–69.
- Szczepańska, J, Skąpska, S, Lorenzo, JM, Marszałek K, 2021: The Influence of Static and Multi-Pulsed Pressure Processing on the Enzymatic and Physico-Chemical Quality, and Antioxidant Potential of Carrot Juice During Refrigerated Storage. *Food Bioprocess Technol* 14 (1), 52–64, doi: 10.1007/s11947-020-02577-9.
- Tan, BL, Norhaizan, ME, Liew, W-P-P, Sulaiman Rahman H, 2018: Antioxidant and Oxidative Stress: A Mutual Interplay in Age-Related Diseases. *Frontiers in pharmacology* 9, 1162, doi: 10.3389/fphar.2018.01162.
- van Nguyen T, Bowyer MC, van Vuong Q, Altena, IA, Scarlett, CJ, 2015: Phytochemicals and antioxidant capacity of Xao tam phan (*Paramignya trimera*) root as affected by various solvents and extraction methods. *Industrial Crops and Products* 67, 192–200, doi: 10.1016/j.indcrop.2015.01.051.
- Vereinte Nationen, 2017: UNECE-NORM FFV-10 für die Vermarktung und Qualitätskontrolle von Möhren.
- Watson A, 2016: Managing carrot powdery mildew. *Australasian Plant Pathology* 45 (1), 29–35, doi: 10.1007/s13313-015-0383-2.
- Westland J, Agilent Technologies, Inc., 2019: SPME Arrow Sampling of Terpenes in Cannabis Plant Material. 5994-1046EN. Agilent Technologies Inc., 1–6.
- Wohlers J, Stolz P, Geier U, 2024: Intensive processing reduces quality of grains: a triangulation of three assessment methods, *Biological Agriculture & Horticulture*, DOI: 10.1080/01448765.2023.2295868
- Wootton-Beard PC, Moran A, Ryan L, 2011: Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. *Food Research International* 44 (1), 217–224, doi: 10.1016/j.foodres.2010.10.033.
- Yasaminshirazi K, Hartung J, Fleck M, Graeff-Hoenninger S, 2020: Bioactive Compounds and Total Sugar Contents of Different Open-Pollinated Beetroot Genotypes Grown Organically. *Molecules (Basel, Switzerland)* 25 (21), doi: 10.3390/molecules25214884.
- Yoo KS, Bang H, Pike L, Patil BS, Lee EJ, 2020: Comparing carotene, anthocyanins, and terpenoid concentrations in selected carrot lines of different colors. *Horticulture Environment and Biotechnology* 61 (2), 385–393, doi: 10.1007/s13580-019-00225-6.
- Zehiroglu, C., Ozturk Sarikaya, S.B., 2019: The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. *Journal of food science and technology* 56 (11), 4757–4774, doi: 10.1007/s13197-019-03952-x.

10 Übersicht über alle im Berichtszeitraum vom Projektnehmer realisierten Veröffentlichungen zum Projekt (Printmedien, Newsletter usw.), bisherige und geplante Aktivitäten zur Verbreitung der Ergebnisse

Alle Projektpartner haben während der Laufzeit bereits auf das Verbundprojekt hingewiesen, etwa in Jahresberichten und auf internen und externen (Fach-)Veranstaltungen sowie im Rahmen von Vorlesungen erste Projektergebnisse vorgestellt. Im ersten Projektjahr wurde eine [Projektwebsite](#) eingerichtet sowie ein Faltblatt gedruckt, um dem interessierten Fachpublikum erste Informationen zur Verfügung zu stellen. Das bei der 16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau im März 2023 in CH-Frick der Wissenschaftsgemeinschaft vorgestellte Poster (siehe nachfolgende Auflistung) wurde zusätzlich bei den Öko-Feldtagen im Juni 2023 in DE-Ditzingen ausgestellt, um auch mit Praktikern ins Gespräch zu kommen. Eine wissenschaftliche Publikation wurde bereits eingereicht, zwei weitere sind konkret in Vorbereitung. Darüber hinaus ist geplant, im Laufe der nächsten ca. 18 Monate einen oder zwei Artikel über die Ergebnisse und Methoden von Kupferchlorid-Kristallisation und Lebensmittel induzierten Emotionen zu publizieren.

Titel des Beitrages	Konferenz / Organ	Art des Beitrages
Von besonderer Sorte	Forschungsfelder (01/2021) des BMEL	Mitteilung
Vorstellung eines innovativen Methodensets zur vielschichtigen Untersuchung von Lebensmittelqualität.	16. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, März 2023, Frick	Poster
Vergleich elf verschiedener Möhrensorten hinsichtlich ihres marktfähigen Ertrages und ihrer BRIX-Werte	64. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V., Oktober 2023, Göttingen	Poster
Vergleich verschiedener Möhrensorten hinsichtlich Ertrag, Trockensubstanz, BRIX-Wert und Terpenprofil (EATMORE)	17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, März 2024, Gießen	Poster
Vergleich von Möhrensorten im Hinblick auf lebensmittelinduzierte Emotionen (EATMORE)	17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, März 2024, Gießen	Poster
Vergleich von drei Möhrensorten mittels der Methoden Kupferchloridkristallisation und Lebensmittel-Sensorik (EATMORE)	17. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, März 2024, Gießen	Poster
Agronomic Performance of six Carrot Genotypes grown under Organic Farming Conditions	Scientia Horticulturae (Elsevier) <i>eingereicht</i>	Wissenschaftliche Publikation
Leckere Möhren aus Öko-Züchtung	Zeitschrift GEMÜSE (12/2024)	Kommentar
Bioactive Compounds in six Orange Colored Carrot Genotypes Grown under Organic Farming Conditions	European Food Research and Technology (Springer) <i>geplant</i>	Wissenschaftliche Publikation
Terpene Profile and Sugar Content of Six Carrot Genotypes and Their Juices from Two Different Industrial Juice Processing Methods	Food Chemistry (Elsevier) - <i>geplant</i>	Wissenschaftliche Publikation

11 Anhang

Tabelle 38: ANOVA-Tabelle mit Mittelwerten und Konfidenzintervall der zwölf polaren Merkmale des Empathic Food Test der Frischmöhren der Standorte GAR und KHOH in den Jahren 2020 und 2021.

	Trafford F1	Solvita	KS-MOG-DH-RxR	Rodelika	KS-MOG-CHE-HKÖ	KS-MOG-SAT505	p-Wert	
GAR 2020	warm/kalt	1.96 ± 0.43	2.10 ± 0.43	1.73 ± 0.44	2.03 ± 0.44	2.38 ± 0.43	1.78 ± 0.44	0,202
	hell/dunkel	2.51 ± 0.59	2.34 ± 0.59	2.19 ± 0.58	2.39 ± 0.59	2.63 ± 0.58	2.23 ± 0.59	0,871
	leicht/schwer	2.71 ± 0.57	2.20 ± 0.57	2.39 ± 0.57	2.86 ± 0.57	2.89 ± 0.57	2.46 ± 0.57	0,456
	erfrischt/matt	2.49 ± 0.58	2.45 ± 0.57	2.54 ± 0.58	2.90 ± 0.57	2.90 ± 0.57	2.43 ± 0.5	0,642
	motiviert/unmotiviert	2.82 ± 0.59	2.36 ± 0.58	2.45 ± 0.58	2.71 ± 0.58	2.82 ± 0.59	2.37 ± 0.59	0,660
	wach/müde	2.34 ± 0.58	2.19 ± 0.57	2.28 ± 0.57	2.57 ± 0.56	2.26 ± 0.57	2.25 ± 0.57	0,917
	konzentriert/unkonzentriert	2.69 ± 0.53	2.21 ± 0.54	2.26 ± 0.54	2.44 ± 0.54	2.44 ± 0.54	2.61 ± 0.54	0,669
	entspannt/unentspannt	2.23 ± 0.50	2.10 ± 0.50	1.84 ± 0.50	1.99 ± 0.50	2.44 ± 0.50	1.86 ± 0.50	0,398
	wohlig/unwohl	2.52 ± 0.54	2.29 ± 0.53	2.06 ± 0.54	2.50 ± 0.54	3.00 ± 0.54	2.08 ± 0.54	0,503
	zufrieden/unzufrieden	2.40 ± 0.55	2.28 ± 0.55	2.26 ± 0.55	2.38 ± 0.55	2.89 ± 0.55	2.14 ± 0.55	0,402
	ausgewogen/unausgewogen	2.39 ± 0.28	2.21 ± 0.28	2.35 ± 0.28	2.49 ± 0.28	2.72 ± 0.28	2.25 ± 0.28	0,767
	lang/kurz	2.19 ± 0.21	1.95 ± 0.41	1.77 ± 0.42	1.99 ± 0.41	1.89 ± 0.41	2.00 ± 0.41	0,310
GAR 2021	warm/kalt	2.36 ± 0.65	1.93 ± 0.65	2.14 ± 0.66	1.79 ± 0.65	1.79 ± 0.65	2.07 ± 0.66	0,703
	hell/dunkel	2.07 ± 0.67	2.07 ± 0.67	2.07 ± 0.67	2.79 ± 0.67	2.00 ± 0.67	2.36 ± 0.67	0,556
	leicht/schwer	3.00 ± 0.74	2.43 ± 0.74	2.86 ± 0.74	3.07 ± 0.74	2.71 ± 0.74	3.00 ± 0.74	0,817
	erfrischt/matt	3.14 ± 0.72	2.14 ± 0.71	2.93 ± 0.71	2.86 ± 0.71	2.71 ± 0.72	2.79 ± 0.71	0,489
	motiviert/unmotiviert	3.14 ± 0.78	2.21 ± 0.78	3.00 ± 0.78	2.93 ± 0.78	2.64 ± 0.78	3.00 ± 0.78	0,583
	wach/müde	2.57 ± 0.75	2.14 ± 0.75	2.93 ± 0.74	2.71 ± 0.75	2.57 ± 0.75	2.64 ± 0.75	0,791
	konzentriert/unkonzentriert	2.86 ± 0.75	2.14 ± 0.75	2.71 ± 0.75	2.36 ± 0.75	2.43 ± 0.75	2.29 ± 0.75	0,720
	entspannt/unentspannt	3.14 ± 0.81	2.29 ± 0.81	2.50 ± 0.81	2.43 ± 0.81	2.14 ± 0.81	2.50 ± 0.81	0,479
	wohlig/unwohl	3.64 ± 0.78	3.36 ± 0.78	3.21 ± 0.79	2.86 ± 0.78	2.43 ± 0.78	2.50 ± 0.78	0,147
	zufrieden/unzufrieden	3.07 ± 0.78	2.36 ± 0.77	3.21 ± 0.78	2.86 ± 0.77	2.79 ± 0.77	3.21 ± 0.78	0,554
	ausgewogen/unausgewogen	3.43 ± 0.74	2.29 ± 0.74	3.21 ± 0.75	2.86 ± 0.74	2.71 ± 0.75	3.07 ± 0.75	0,278
	lang/kurz	2.07 ± 0.56	1.64 ± 0.56	1.86 ± 0.55	2.29 ± 0.55	1.64 ± 0.56	1.64 ± 0.56	0,268
KHOH 2020	warm/kalt	1.95 ± 0.37	1.59 ± 0.39	1.62 ± 0.37	1.94 ± 0.37	1.32 ± 0.34	2.05 ± 0.36	0,018
	hell/dunkel	2.20 ± 0.41	1.80 ± 0.41	1.98 ± 0.41	1.80 ± 0.41	1.59 ± 0.41	2.19 ± 0.41	0,208
	leicht/schwer	2.62 ± 0.51	2.23 ± 0.52	2.40 ± 0.51	2.27 ± 0.52	2.26 ± 0.52	2.51 ± 0.52	0,813
	erfrischt/matt	2.61 ± 0.52	2.13 ± 0.52	2.18 ± 0.52	2.34 ± 0.52	1.97 ± 0.52	2.51 ± 0.52	0,400
	motiviert/unmotiviert	2.52 ± 0.51	2.03 ± 0.50	2.07 ± 0.51	2.09 ± 0.50	1.93 ± 0.50	2.61 ± 0.51	0,210
	wach/müde	2.05 ± 0.50	1.71 ± 0.50	1.70 ± 0.50	1.75 ± 0.50	1.63 ± 0.50	2.02 ± 0.50	0,630
	konzentriert/unkonzentriert	2.51 ± 0.49	2.35 ± 0.50	1.81 ± 0.50	2.12 ± 0.49	1.88 ± 0.50	2.08 ± 0.49	0,144
	entspannt/unentspannt	2.17 ± 0.51	2.09 ± 0.51	1.76 ± 0.51	2.17 ± 0.51	1.69 ± 0.51	2.40 ± 0.51	0,274
	wohlig/unwohl	2.59 ± 0.54	2.37 ± 0.54	2.20 ± 0.55	2.35 ± 0.54	1.82 ± 0.54	2.74 ± 0.54	0,170
	zufrieden/unzufrieden	2.31 ± 0.57	2.29 ± 0.58	2.31 ± 0.58	2.40 ± 0.57	1.71 ± 0.58	2.65 ± 0.57	0,297
	ausgewogen/unausgewogen	2.48 ± 0.57	2.26 ± 0.58	2.12 ± 0.58	2.52 ± 0.58	1.86 ± 0.58	2.79 ± 0.58	0,178
	lang/kurz	1.98 ± 0.39	1.95 ± 0.39	2.23 ± 0.39	1.95 ± 0.39	1.74 ± 0.39	2.05 ± 0.39	0,220
KHOH 2021	warm/kalt	2.08 ± 0.55	2.01 ± 0.55	1.63 ± 0.55	1.93 ± 0.55	2.26 ± 0.55	2.42 ± 0.55	0,421
	hell/dunkel	2.20 ± 0.70	2.46 ± 0.70	1.52 ± 0.35	2.23 ± 0.70	2.60 ± 0.70	2.60 ± 0.70	0,257
	leicht/schwer	2.83 ± 0.36	2.62 ± 0.36	1.99 ± 0.36	2.61 ± 0.36	2.57 ± 0.36	2.76 ± 0.36	0,620
	erfrischt/matt	2.94 ± 0.73	2.76 ± 0.73	1.99 ± 0.73	2.54 ± 0.73	2.88 ± 0.73	2.99 ± 0.73	0,390
	motiviert/unmotiviert	2.70 ± 0.74	2.44 ± 0.73	2.24 ± 0.73	2.63 ± 0.74	2.82 ± 0.74	2.75 ± 0.73	0,878
	wach/müde	2.45 ± 0.76	2.54 ± 0.75	1.98 ± 0.75	2.00 ± 0.76	2.50 ± 0.76	2.50 ± 0.76	0,787
	konzentriert/unkonzentriert	2.62 ± 0.69	2.07 ± 0.69	1.93 ± 0.69	2.30 ± 0.69	2.99 ± 0.69	2.23 ± 0.69	0,299
	entspannt/unentspannt	2.32 ± 0.77	2.44 ± 0.77	2.35 ± 0.77	2.25 ± 0.77	2.77 ± 0.77	2.45 ± 0.77	0,947
	wohlig/unwohl	2.76 ± 0.75	2.74 ± 0.74	2.15 ± 0.75	2.40 ± 0.75	3.04 ± 0.74	2.83 ± 0.75	0,604
	zufrieden/unzufrieden	2.60 ± 0.72	2.52 ± 0.72	2.31 ± 0.72	2.86 ± 0.72	2.98 ± 0.72	2.67 ± 0.72	0,822
	ausgewogen/unausgewogen	2.60 ± 0.72	2.52 ± 0.72	2.31 ± 0.72	2.86 ± 0.72	2.98 ± 0.72	2.67 ± 0.72	0,780
	lang/kurz	2.77 ± 0.77	2.86 ± 0.77	2.46 ± 0.77	2.54 ± 0.77	3.20 ± 0.77	2.60 ± 0.77	0,780

Tabelle 39: Statistisch gesicherte Unterschiede bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (ANOVA mit anschließendem post-hoc-Test, Tukey bzw. Games Howell) zwischen den einzelnen Möhrensorten und -zuchtlinien bei unterschiedlichen sensorischen Attributen der QDA der Frischmöhren, verkostet als Raspel, im Versuchsjahr 2020.

Attribut	TAU (Raspel von Frischmöhren)	KHOH (Raspel von Frischmöhren)	GAR (Raspel von Frischmöhren)
Geruch	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001)		
Gesamtaroma	KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-SAT505 (p = 0,001)		
Gesamtgeschmack	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,024) Solvita < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001) Trafford F1 < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001)	Solvita < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,008) Trafford F1 < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,020)	Solvita < Rodelika (p = 0,022)
Geschmack bitter	KS-MOG-SAT505 < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,011)		KS-MOG-CHE-HKÖ < Solvita (p = 0,026)
Geschmack grün	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,004) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001)		Trafford F1 < Solvita (p = 0,004)
Geschmack seifig	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,003)	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) Rodelika < Solvita (p = 0,050)	
Geschmack süß	Trafford F1 < KS-MOG-DH-RxR (p = 0,050) Trafford F1 < KS-MOG-SAT505 (p = 0,008)		
Mundgefühl brennend	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,021) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p = 0,001)		
Mundgefühl knackig	Trafford F1 < Rodelika (p = 0,046)	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,016) KS-MOG-CHE-HKÖ < Solvita (p = 0,041) Trafford F1 < Solvita (p = 0,003) Trafford F1 < KS-MOG-SAT505 (p = 0,029)	Solvita < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,008)
Mundgefühl saftig	KS-MOG-HKÖ < Solvita (p = 0,040)	Trafford F1 < Solvita (p < 0,001) Trafford F1 < KS-MOG-DH-RxR (p < 0,001) Trafford F1 < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,031) Trafford F1 < KS-MOG-SAT505 (p = 0,022) Trafford F1 < Rodelika (p = 0,004)	
Farbintensität	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,006) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < Trafford F1 (p < 0,001)		Trafford F1 < Solvita (p < 0,003) Trafford F1 < KS-MOG-DH-RxR (p < 0,001) Trafford F1 < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001) Trafford F1 < Rodelika (p < 0,001) KS-MOG-SAT505 < Rodelika (p = 0,014)

Schlussbericht EATMORE-Verbundprojekt

Tabelle 40: Signifikante Unterschiede bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ (ANOVA mit anschließendem post-hoc-Test, Tukey bzw. Games Howell) zwischen den einzelnen Möhrensorten und -zuchtlinien bei unterschiedlichen sensorischen Attributen der QDA der Frischmöhren, verkostet als frisch gepresster Saft, im Versuchsjahr 2020.

Attribut	TAU Frischmöhren (Saft)	KHOH Frischmöhren (Saft)	GAR Frischmöhren (Saft)
Geruch Gesamtaroma	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) Rodelika < Solvita (p = 0,019) KS-MOG-DH-RxR < Trafford F1 (p = 0,002)		
Geruch grün	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001)	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,004)	KS-MOG-CHE-HKÖ < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-SAT505 < Solvita (p = 0,010) Rodelika < Solvita (p = 0,003) Trafford F1 < Solvita (p = 0,004)
Geruch süß		Solvita < KS-MOG-SAT505 (p = 0,026) Solvita < Rodelika (p = 0,036)	Solvita < KS-MOG-DH-RxR (p = 0,017) Solvita < KS-MOG-SAT505 (p = 0,003)
Gesamtgeschmack	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,024) Solvita < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001) Trafford F1 < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001)	Solvita < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,008) Trafford F1 < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,020)	Solvita < Rodelika (p = 0,022)
Geschmack bitter	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,003) KS-MOG-CHE-HKÖ < Solvita (p < 0,001)		KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-CHE-HKÖ < Solvita (p = 0,020) Trafford F1 < Solvita (p = 0,027) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-SAT505 (p = 0,005) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p = 0,014)
Geschmack grün	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p = 0,009) KS-MOG-DH-RxR < Trafford F1 (p < 0,001)		
Geschmack seifig	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,003)	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) Rodelika < Solvita (p = 0,050)	
Geschmack süß	Solvita < KS-MOG-DH-RxR (p < 0,001) Solvita < KS-MOG-SAT505 (p < 0,001) Solvita < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,020) Solvita < Rodelika (p < 0,001)		Solvita < KS-MOG-DH-RxR (p = 0,029) Solvita < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,008)

Schlussbericht EATMORE-Verbundprojekt

Attribut	TAU Frishmöhren (Saft)	KHOH Frishmöhren (Saft)	GAR Frishmöhren (Saft)
	Trafford F1 < KS-MOG-DH-RxR (p = 0,041) Trafford F1 < KS-MOG-SAT505 (p = 0,015) Trafford F1 < Rodelika (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p = 0,011) KS-MOG-CHE-HKÖ < Rodelika (p < 0,001)		
Mundgefühl brennend	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-SAT505 (p = 0,033) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p = 0,004) KS-MOG-DH-RxR < Trafford F1 (p < 0,001)	KS-MOG-CHE-HKÖ < Trafford F1 (p = 0,042) Rodelika < Trafford F1 (p = 0,025)	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-CHE-HKÖ < Solvita (p = 0,020) Trafford F1 < Solvita (p = 0,042) KS-MOG-SAT505 < Solvita (p < 0,001) Rodelika < Solvita (p = 0,031)
Farbintensität	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-CHE-HKÖ (p < 0,001) KS-MOG-DH-RxR < KS-MOG-SAT505 (p = 0,002) KS-MOG-DH-RxR < Rodelika (p = 0,003) KS-MOG-DH-RxR < Trafford F1 (p < 0,001)	KS-MOG-DH-RxR < Solvita (p = 0,019) Rodelika < Solvita (p = 0,013) Trafford F1 < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-SAT505 < Trafford F1 (p = 0,003) Solvita < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,049)	Trafford F1 < Solvita (p < 0,001) KS-MOG-SAT505 < Solvita (p = 0,022) Trafford F1 < KS-MOG-CHE-HKÖ (p = 0,006) Trafford F1 < Rodelika (p = 0,029)