



**Vergleichende Qualitätsuntersuchungen
von alten und neuen Gemüsesorten
zur Entwicklung von Zuchtzielen
für den ökologischen Gemüsebau
- SCHLUSSBERICHT -**

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de

Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Institut für Pflanzenanalytik der
Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen (BAZ)
und Verein zur Förderung der biologisch-dynamischen
Gemüsesaatzeit „Kultursaat“

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.





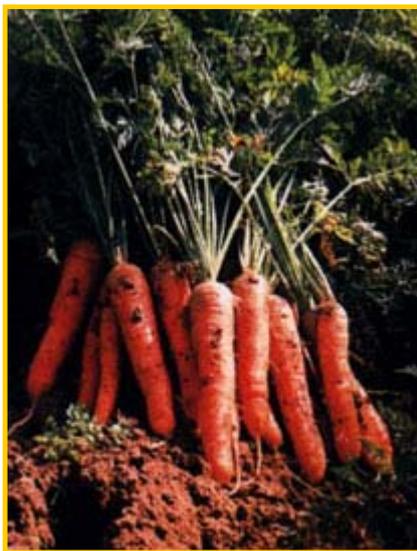
Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen

Institut für Pflanzenanalytik

Vergleichende Qualitätsuntersuchungen von alten und neuen Gemüsesorten zur Entwicklung von Zuchtzielen für den ökologischen

Gemüsebau

Dieses Dokument ist in der
Wissenschaftsplattform des Zentralen
Internetportals "Ökologischer Landbau"
archiviert und kann unter
<http://www.orgprints.org/7551>
heruntergeladen werden.



Zusammenarbeit:

Verein zur Förderung der biologisch-dynamischen
Gemüsesaatzeit „Kultursaat“
(Dottenfelderhof)

Förderkennzeichen:

02OE027

Laufzeit:

01.07.2002 - 31.03.2004

Bearbeiter: K. Borschel¹, D. Ulrich¹ (Projektkoordinator), E. Hoberg¹, R. Quilitzsch¹,
W. Schütze¹, D. Bauer², M. Fleck³



¹ Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenanalytik

² Verein zur Förderung der biologisch-dynamischen Gemüsesaatzeit „Kultursaat“,
Dottenfelderhof

³ Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zielstellung

2. Material

3. Methodik

3.1 Untersuchungen auf dem Dottenfelderhof

3.1.1 Bonitur

3.1.2 Sensorik

3.2 Analysen an der Universität Kassel

3.2.1 Bestimmung der Trockensubstanz

3.2.2 Zuckerprofil- und Nitratbestimmung

3.2.3 Mineralstoffbestimmung

3.3 Analysen an der BAZ

3.3.1 Probenverjüngung

3.3.2 Sensorik (QDA)

3.3.3 Texturmessung

3.3.4 Farbmessung

3.3.5 Spektralphotometrische Carotinbestimmung

3.3.6 Glucosinolat-Bestimmung

3.3.7 Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe

4. Ergebnisse

4.1 Möhre

4.1.1 Sensorik

4.1.2 Korrelation zwischen Boniturdaten, instrumenteller Analytik und Sensorik

4.2 Kohl

4.2.1. Sensorik

4.2.2. Korrelation zwischen instrumenteller Analytik und Sensorik

5. Schlussfolgerungen

5.1 Erfahrungen zur Organisation und Kooperation

5.2 Bewertung der Methodik

5.3 Qualität

6. Gesundheitliche Wirkungen

7. Züchtungsfortschritt und Ableitung von Zuchtzielen

8. Literatur

Anhang

Anhangliste:

- Anhang 1: Probenlisten
- Anhang 2: Sortenbeschreibungen
- Anhang 3: Übersicht der Untersuchungsmethoden
- Anhang 4: Boniturschema Möhre
- Anhang 5: Prüfformular für die sensorische Bewertung von Möhren (Quedlinburg)
- Anhang 6: Bestimmung der Glucosinolate in Brassicaceen
- Anhang 7: Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe von Möhren
- Anhang 8: Nomenklatur der Qualitätsparameter
- Anhang 9: Wetterdaten
- Anhang 10: Ergebnisse der Korrelationsanalyse (Korrelationsmatrizes)
- Anhang 11: Beliebtheit aller untersuchten Möhrensorten 2002
- Anhang 12: Ergebnisse der PCA inklusive der Summenparameter
- Anhang 13: Literatur
- Anhang 14: Gegenüberstellung einzelner Sorten
- Anhang 15: Zusammenfassung Glucosinolate
- Anhang 16: Sensorik auf dem Dottenfelderhof
- Anhang 17: Diskussion der Ergebnisse bei Möhre aus Sicht der ökologischen Züchtung
- Anhang 18: Diskussion der Ergebnisse bei Kohl aus Sicht der ökologischen Züchtung
- Anhang 19: Züchtungsfortschritt und Ableitung von Perspektiven für die Züchtung für den ökologischen Landbau

Der Anhang ist als separates Dokument in der Wissenschaftsplattform des Zentralen Internetportals "Ökologischer Landbau" archiviert und kann ebenfalls unter <http://www.orgprints.org/7551> heruntergeladen werden.

1. Einleitung und Zielstellung

Neueste Erkenntnisse der Ernährungsforschung und -psychologie belegen die essentielle Bedeutung einer wohlschmeckenden Ernährung für unsere Gesundheit [39]. Gesunde pflanzliche Nahrungsmittel müssen, um Chancen auf unseren gesättigten Märkten zu haben, gleichzeitig eine hohe sensorische Qualität aufweisen. Der Gesundheitswert und ein besserer, natürlicher Geschmack sind auch die wichtigsten Kaufmotive für Lebensmittel aus ökologischem Landbau. Beide Faktoren werden durch Anbau und Züchtung beeinflusst. Der ökologische Landbau strebt die Erzeugung geschmackvoller und qualitativ hochwertiger Lebensmittel an. Es stellt sich jedoch die Frage, ob diese Ziele mit Sorten, die innerhalb des Systems des konventionellen Landbaus gezüchtet wurden, umfänglich erreicht werden können. Seit Jahren nimmt die Zahl der Hybridsorten im Gemüsebau zu. Fundierte Vergleiche der Qualität bei Hybriden und samenfesten Sorten können eine Orientierung in der Diskussion um den Einsatz von Hybriden im ökologischen Landbau liefern [61]. Am Beispiel ausgewählter Gemüsearten (Möhren und Kohl) wurden alte und neue Sorten sowie Sorten aus biologisch-dynamischer Selektion auf ihre Qualitätsmerkmale hin verglichen. Dabei kam ein breites Methodenspektrum zum Einsatz, das Geschmacksuntersuchungen mittels Humansensorik und instrumenteller Analytik umfasste. Die Untersuchungen geben Aufschluss über die Zusammenhänge verschiedener äußerer und innerer Qualitätsmerkmale. Auf Grundlage der Ergebnisse können Ziele für eine qualitätsorientierte Züchtung im ökologischen Gemüsebau erarbeitet werden.

2. Material

Das Vorhaben wurde in Kooperation zwischen der BAZ und dem Verein „Kultursaat e. V.“ bearbeitet. Der Anbau der Möhren- und Kohlsorten nach biologisch-dynamischen Landbaumethoden erfolgte auf dem Dottenfelderhof in Bad Vilbel, ebenso Ernte, Bonitur und Probenbereitstellung für die Analysen. Für Ortswiederholungen erfolgte der Anbau auf weiteren zwei biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betrieben. Mit einem Komplex an instrumenteller Analytik und Humansensorik wurden die wertgebenden Inhaltsstoffe am Institut für Pflanzenanalytik der BAZ bestimmt. Nicht an der BAZ etablierte Analysemethoden wurden als Aufträge an die Universität Kassel (Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Witzenhausen) vergeben.

In die Untersuchungen wurden im Jahre 2002 insgesamt 34 Möhren- und 22 Kohlsorten einbezogen. Im Erntejahr 2003 umfasste der Versuchsplan 40 Möhren- und 30 Kohlsorten.

Die detaillierten Probenlisten befinden sich im Anhang 1a bis e. Eine beschreibende Einschätzung der verwendeten Möhrensorten ist im Anhang 2 aufgeführt.

Der Anbau der Möhren auf dem Dottenfelderhof war integriert in den Sorten- und Linienanbau des Züchtungsbetriebs. Dieser wiederum war in den Praxisanbau des Dottenfelderhofs einbeschlossen. Der Möhrenanbau erfolgt hier einreihig auf Dämmen mit 75 cm Reihenabstand. Die maschinelle Bearbeitung ist vierreihig. Um einen hinreichend gleichmäßigen Feldbestand zu erreichen wird mit einem handgeschobenen Einzelreihensägerät „HEGE 91“ gearbeitet, das speziell für die

Möhrensaat umgebaut wurde. Eine Handvereinzlung in den Reihen kann hierdurch unterbleiben. Die einreihigen 10 m-Parzellen wurden in 2- oder 3-facher Wiederholung angelegt. Durch die extremen Witterungsbedingungen der beiden Versuchsjahre waren dennoch die Bestandsdichten, bzw. die Wachstumsbedingungen relativ uneinheitlich. Deshalb sind die Ertragszahlen nicht unbedingt aussagekräftig. Da das Ziel des Forschungsprojektes Qualitätsfeststellungen waren ist dieser Umstand von untergeordneter Bedeutung.

Der Weißkohlanbau war ebenfalls in den Sorten- und Linienanbau des Züchtungsbetriebes eingebunden und dieser wiederum in dem praktischen Kohlanbau des Betriebes Dottenfelderhof. Die Feldwiederholung war an 3 Stellen über den Acker verteilt.

3. Methodik

Die Tabelle im Anhang 3 zeigt eine Übersicht über alle angewandten Untersuchungsmethoden.

3.1 Untersuchungen auf dem Dottenfelderhof

3.1.1 Bonitur

Die Bonitur der Kulturarten Möhren und Kohl wurde am Dottenfelderhof zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Auf dieser Grundlage wird der optimale Zeitpunkt bestimmt, an dem die Proben für die Analysen bereitgestellt werden.

Das Boniturschema für Möhren ist im Anhang 4 aufgeführt.

3.1.2 Sensorik

Am Dottenfelderhof wird eine offene, "zielführende" Humansensorik durchgeführt, die speziell für die Anforderungen der ökologischen Züchtung in diesem Betrieb entwickelt wurde (Anhang 16). Die Sensorik von Kohl und Möhren erfolgt nach dem 9-Punkte-Schema an frischem Material. Für die sensorische Bewertung der Möhren wird die Intensität für die Süße und das Aroma (Intensität) eingeschätzt. Bei Kohl werden sensorische Parameter für Geschmack (kohltypisch, süß, fruchtig, nussig, scharf, bitter, grasig, muffig) und Geruch (kohltypisch, süßlich, fruchtig, grasig, muffig, stechend, schweflig, nach Meerrettich) bewertet. Im Jahr 2003 wurden zusätzlich der Nachgeschmack und die Beliebtheit in sensorische Bewertung mit einbezogen.

3.2 Analysen an der Universität Kassel

3.2.1 Bestimmung der Trockensubstanz

Für die Bestimmung der Trockensubstanz wird eine geraspelte, repräsentative Teilprobe auf der Grundlage von 30 Rüben (Möhren) bzw. 9 Köpfen (Kohl) bei 105 °C getrocknet.

3.2.2 Zuckerprofil- und Nitratbestimmung

Für die Messung von Zuckern und Nitrat wird das tiefgefrorene geraspelte Probenmaterial 80 s lang mit Aqua. demin. im Ultra-turrax Homogenisator homogenisiert, anschließend pasteurisiert und filtriert (Faltenfilter 918 ¼, Firma Macherey & Nagel). Die Bestimmung der Zucker geschieht aus dem Homogenisat auf enzymatischem Wege mit Testsets der Firma Boehringer Mannheim (UV-Test zur Bestimmung von Saccharose, D-Glucose und D-Fructose in Lebensmitteln und anderen Probematerialien Best. Nr. 0 716 260). Die Bestimmung von Nitrat wurde mittels kontinuierlicher Durchflussmethode (DIN EN 12014-7) aus dem Homogenisat vorgenommen.

3.2.3 Mineralstoffbestimmung

Das geraspelte Möhrenmaterial wird weiter mit einer Vertikalrotormühle der Fa. RETSCH auf Partikelgröße < 0,12 mm zerkleinert. Die Mineralstoffbestimmung erfolgt mittels der Röntgenfluoreszenzspektroskopie nach Schnug und Haneklaus (1992). Hierfür wurden 1,1 g der gemahlene Substanz mit 4,4 g HOECHST Wachs "C" vermischt und in einer Aluminiumkappe bei einem Druck von 12,5 t gepresst. Der entstandene Pressling wurde mit einem Röntgenspektrometer (Philips PW 1400) auf Mineralstoffmengen von Kalium, Phosphor, Calcium, Magnesium und Schwefel analysiert.

3.3 Analysen an der BAZ

3.3.1 Probenverjüngung

Nach der Ernte am Dottenfelderhof wird das Probenmaterial parallel zur Analytik nach Kassel und Quedlinburg transportiert. Die Analysen an der Universität Kassel werden, wie oben angeführt, anhand geraspelter, repräsentativer Teilproben auf der Grundlage von 30 Rüben (Möhren) bzw. 9 Köpfen (Kohl) durchgeführt. An der BAZ in Quedlinburg erfolgt für die Bestimmung der Gehalte an fettlöslichen Vitaminen (Carotin, Tocopherole) und Glucosinolaten im Kohl eine Probenverjüngung aus 5 Kohlköpfen. Dafür werden die Kohlköpfe geachtelt und grob zerkleinert. Anschließend wird eine repräsentative Teilprobe gefriergetrocknet und mittels Kugelmühle fein zerkleinert. Für die Bestimmung flüchtiger Inhaltsstoffe werden repräsentative Proben aus 10 Einzelmöhren und 3 Kohlköpfen gewonnen. Dafür werden die Möhren je nach Größe längs halbiert bzw. geviertelt, die Kohlköpfe werden geachtelt. Vom klein geschnittenen Material wird eine repräsentative Teilprobe zur Analyse entnommen.

3.3.2 Sensorik (QDA)

Der sensorische Eindruck der Möhren wird nach der Methode der quantitativen deskriptiven Analyse (QDA) beurteilt [40]. Zusätzlich erfolgt vom sensorischen Panel eine Einschätzung der Präferenz (Beliebtheit). Dafür wurde ein Profil mit den Parametern: Geruch, Geschmack, Aroma (retronasaler Geruch), Nachgeschmack und Mundgefühl erstellt. Die Intensität der einzelnen sensorischen Attribute wird anhand einer ungraduierten Skale von 0 bis 10 ausgedrückt. Die

Gesamteinschätzung jeder Probe erfolgt nach der subjektiven Beliebtheitsprüfung [41]. Dabei wird je nach Gefallen oder Missfallen die Beliebtheit auf einer Skale von Note 5 (sehr gut) bis Note 1 (sehr schlecht) eingeschätzt (Anhang 5). Die Ergebnisse der sensorischen Prüfung werden graphisch als Spinnendiagramm dargestellt und nach Aufnahme in die Datenbank mittels multivariater statistischer Methoden bearbeitet.

3.3.3 Texturmessung

Die Texturmessung erfolgt mit Hilfe eines Penetrometers an zwei verschiedenen Stellen im Mittelstück der Möhre. Dabei wird die Kraft gemessen, die benötigt wird, um das Penetrometer 4 mm in die Möhre zu stechen.

3.3.4 Farbmetrik

Die Messung der Farbkoordinaten erfolgt mit einem UV-VIS-Laborspektrometer. Die Möhren werden mit einer Y-Faser senkrecht beleuchtet. Die vom Möhrengewebe reflektierte Strahlung wird von einer Glasfasersonde aufgenommen und dem Monochromator zugeführt. Das von der Sonde erfasste Messfeld hat einen Durchmesser von 10 mm. Die Reflexionsspektren werden zwischen 400 nm und 700 nm in 10 nm-Schritten gemessen und mittels einer Farbmetriksoftware in die Normfarbteile x, y und z und die Farbkoordinaten L^* , a^* , b^* überführt. Gemessen wird im unteren, mittleren und oberen Drittel der Möhre.

3.3.5 Spektralphotometrische Carotinbestimmung

Ausgangspunkt ist der Saft jeder Einzelmöhre. Es werden 5 ml Saft mit destilliertem Wasser auf 50 ml aufgefüllt und mittels Festphasenextraktion an einer 3 ml C18-Säule aufbereitet, indem zunächst 1 ml der Probenlösung mit zwei Säulenfüllungen Wasser und 0,5 ml Methanol gewaschen wird. Die Elution der Carotinoide erfolgt mit zwei Säulenfüllungen des Eluenten Methanol/Methylenchlorid (45:55). Das Eluat wird auf 10 ml aufgefüllt. Davon werden 3 ml in eine Küvette gefüllt. In dem Spektralphotometer Biochrom 4060 wird bei einer Wellenlänge von 455 nm die Extinktion gemessen und daraus der Gesamtcarotingehalt bestimmt. Die Kalibrierung erfolgte vorher durch eine Verdünnungsreihe einer β -Carotin-Standardlösung.

3.3.6 Glucosinolat-Bestimmung

Die Bestimmung der Glucosinolate im Kohl erfolgt mittels HPLC-Analyse. Dafür werden 200 mg der gefriergetrockneten, zermahlene Probe mit Methanol extrahiert. Das Probenextrakt wird auf vorbereitete Säulen auf Festphasenextraktionskammern von Machery-Nagel aufgetragen. Die Glucosinolate werden durch die Zugabe von Sulfatase enzymatisch aufgespaltet und anschließend eluiert. Detaillierte Ausführungen zu dieser Untersuchungsmethode befinden sich im Anhang 6.

3.3.7 Analyse flüchtiger Inhaltsstoffe

Die Analyse von flüchtigen Inhaltsstoffen von Kohl und Möhren erfolgt mit der Headspace SPME gekoppelt mit GC/FID. Eine repräsentative Probe wird aus 10 Einzelmöhren oder 3 Kohlköpfen gewonnen. Dafür werden die Möhren je nach Größe halbiert bzw. geviertelt, die Kohlköpfe werden geachtet. Vom klein

geschnittenen Material wird eine repräsentative Teilprobe mit NaCl-Lösung im Waring Blendor homogenisiert und in einer Kühlzentrifuge zentrifugiert. Der Überstand wird über ein Sieb filtriert, mit einem internen Standard versetzt und in Vials gefüllt. Die Headspace SPME zur Extraktion der flüchtigen Inhaltsstoffe erfolgt über eine automatisierte Injektion mit dem GC (Varian Star 3400) und einem SPME-Autosampler. Die gaschromatographische Trennung erfolgt über eine HPINNOWax-Säule. Ausführlichere Details zur Probenvorbereitung und die genauen Trennbedingungen der GC-Analyse sind im Anhang 8 aufgeführt. Ergebnis der Aromaanalyse ist ein sogenanntes Aromamuster bestehend aus jeweils 10 (Möhre) bzw. 8 (Kohl) semiquantitativen Werten für flüchtige Inhaltsstoffe. Der Vergleich dieser Aromamuster ergibt wichtige Informationen zur sensorischen Qualität.

4. Ergebnisse

Im Verlauf der Projektarbeiten wurden etwa 11 000 Qualitätsdaten ermittelt und in der Datenbank zusammengefasst (Nomenklatur der Qualitätsparameter siehe Anhang 8). Einige Methoden wurden während der Projektarbeit an die jeweiligen Kulturarten adaptiert (Aromanalytik, Sensorik, Textur und Farbe bei Möhre) bzw. neu entwickelt (Sensorik und Aromanalytik bei Kohl). Der erarbeitete Datensatz enthält eine Vielzahl von Informationen, die mit Hilfe der multivariaten Statistik (Statistica V6) extrahiert wurden. Wesentliche Ergebnisse, insbesondere unter den Gesichtspunkten des Sortenvergleiches und der Formulierung von Zuchtzielen, werden nachfolgend aufgezeigt und diskutiert. Eine weiterführende Auswertung der Daten unter speziellen Aspekten sprengt den Rahmen des Berichtes, kann aber von den Projektpartnern mit Hilfe der auf CD gespeicherten Daten vorgenommen werden.

Im Verlauf der Arbeiten hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Ergebnisse der Humansensorik, und damit den Genusswert, in den Mittelpunkt der Betrachtungen zu stellen und anschließend mit den Ergebnissen der anderen Untersuchungskomplexe (Bonitur, Inhaltsstoffe) in Beziehung zu bringen.

Die Untersuchungen wurden als 2-jährige Experimente ausgeführt, um Klimaeinflüsse zu mitteln. Allerdings reagierten die Pflanzen auf die extremen Witterungsbedingungen der Jahre 2002 und 2003 mit erheblichen Qualitätsveränderungen (Anhang 9). Für weiterführende, verallgemeinernde Schlussfolgerungen wären deshalb mehr als zwei Vegetationsperioden erforderlich.

4.1 Möhre

4.1.1 Sensorik

Die Humansensorik ist eine ganzheitliche Prüfmethode, welche die komplexe menschliche Wahrnehmung von Produktmerkmalen erfasst. Ihre Ergebnisse stellen praktisch die Referenz für alle anderen Untersuchungskomplexe in diesem Projekt dar. Das Quedlinburger Panel entwickelte eine Profilanalyse (QDA) mit 26 sensorischen Parametern (Geruch, Geschmack, Mundgefühl). Als zusätzlicher

Parameter wurde anschließend an die Profilanalyse jeweils die Beliebtheit (Präferenzanalyse) ermittelt. Vorangegangene Arbeiten an anderen Kulturarten hatten die Praktikabilität dieser Vorgehensweise belegt [42, 43]. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Beliebtheit aller untersuchten Möhrensorten des Erntejahres 2003 sowie zwei sensorische Profile für die Möhrensorte mit der jeweils höchsten und niedrigsten Beliebtheit.

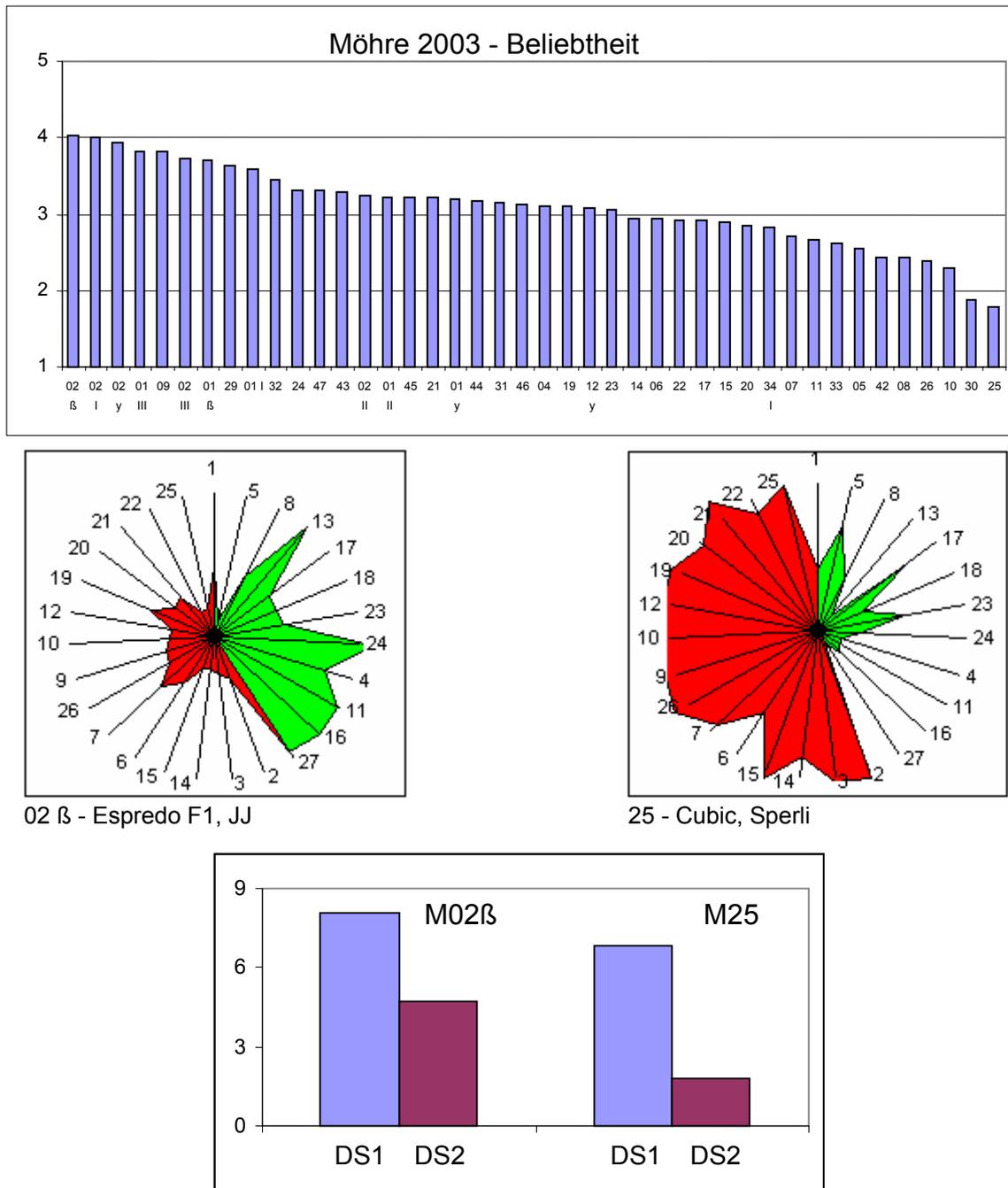


Abb. 1: Ausgewählte Ergebnisse der Möhrensensurik des Erntejahres 2003. Oben - Beliebtheit (QLB) aller untersuchten Sorten. Mitte - Sensorisches Profil der beliebtesten und der unbeliebtesten Sorte. Unten - Intensitäten für Geschmack und Aroma (Dotterfelderhof) der beliebtesten und unbeliebtesten Sorte.

Die Beliebtheit liegt auf der fünfstufigen Skala im Bereich von 4,03 (Espresso F1) bis 1,79 (Cubic Sperli). Ganz offensichtlich spiegelt sich die Beliebtheit der Sorte auch im Profil wider. In Bild 1 wurden die eher negativ bewerteten Parameter rot, die neutralen oder positiven Bewertungen grün gekennzeichnet. Die gewählte Form der Spinnendiagramme ist gut geeignet, die komplexen sensorischen Ergebnisse zu visualisieren. Darüber hinaus korrelieren diese Befunde mit den Ergebnissen der Sensorik auf dem Dottenfelderhof. Die Diagramme für alle untersuchten Proben befinden sich im Anhang. Diese und die hier nicht dargestellten Ergebnisse belegen die Leistungsfähigkeit und Anwendbarkeit der verwendeten sensorischen Methoden für die Qualitätsbewertung.

Beliebte Sorten zeichnen sich tendenziell demnach z. B. durch

- hohe Werte für den typischen, süßlich, würzigen Geruch, möhrentypischen, süßen, nussigen Geschmack, Saftigkeit und
- niedrigere Werte für z. B. muffigen, chemischen Geruch, seifigen, kratzig-brennenden Geschmack aus.

Die Definition und Nomenklatur aller sensorischen Parameter ist im Anhang aufgeführt.

4.1.2 Korrelationen zwischen Boniturdaten, instrumenteller Analytik und Sensorik

Die Datenreduktion und Extraktion von Informationen aus dem umfangreichen Datensatz erfolgte mit Hilfe der Korrelationsanalyse sowie einer multivariaten statistischen Technik, der Hauptkomponentenanalyse.

Die **Korrelation** ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Variablen. Im Anhang 10 befinden sich vier Tabellen, die die Ergebnisse einer Korrelationsanalyse (Pearsonscher Korrelationskoeffizient r , die Werte mit Signifikanz bei $\alpha = 5\%$ sind rot gekennzeichnet) für alle ermittelten Parameter, getrennt für jedes Anbaujahr, enthalten.

2002:

Bemerkenswert ist, dass jeweils innerhalb eines Untersuchungskomplexes zwischen den jeweiligen Parametern (Bonitur, Sensorik, Mineralstoffe/Zucker, Aromanalytik, Textur- und Farbmessungen) starke Korrelationen auftreten. Das ist ein Hinweis darauf, dass eine gewisse Redundanz (Überbestimmung) auftritt. Werden dabei, wie bei Wurzellänge (DB3) und Wurzelgewicht (DB10), auch zukünftig immer Korrelationskoeffizienten von über 0,9 gefunden, kann prinzipiell die Bestimmung eines der Parameter unterbleiben. Die starke Korrelation zwischen den Aromastoffen Limonen (QA5) und Terpinolen (QA7) kann Hinweise auf Zusammenhänge in den Biosynthesewegen dieser Substanzen geben.

Hohe Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Werten unterschiedlicher Untersuchungskomplexe wurden beispielsweise für die nachfolgend aufgeführten Parameter gefunden.

			r
Ringelung (DB15)	x	Geruch typisch Möhre (QS1)	0,75
Farbwert b (QF3)	x	Geruch süßlich (QS4)	0,66
	x	Geruch blumig (QS8)	0,67
Die Wurzellänge (DB3) korreliert signifikant mit insgesamt 12 sensorischen Parametern, z.B.:	x	Geruch krautig (QS2)	0,61
	x	Geruch grün (QS3)	0,68
	x	Geruch süßlich (QS4)	-0,77
	x	Aroma süßlich, (QS16)	-0,67
		usw.	

Negativmerkmale der QLB-Sensorik nahmen also mit der Rübenlänge zu.

Der sensorische Parameter Aroma (DS2) des Dottenfelderhof-Panels korreliert signifikant, wenn auch meist mit niedrigen Werten, mit insgesamt 11 Parametern des Quedlinburger Panels, z.B.:

x	Geschmack süß (QS11)	0,69
x	Aroma süßlich-blumig (QS16)	0,64
x	Aroma muffig-modrig (QS20)	-0,58
	usw.	

Die Aromastoffe beta-Myrcen (QA4) und Caryophyllen (QA8) korrelieren häufig signifikant mit solchen Parametern der Humansensorik, die als negativ zu bewerten sind und negativ mit der Beliebtheit. Sie können damit als sog. Off-Flavour eingestuft werden.

beta-Myrcen (QA4)	x	Aroma grün (QS15)	0,63
	x	Aroma unangenehm (QS21)	0,66
	x	Beliebtheit (QS27)	-0,46
		usw.	
Caryophyllen (QA8)	x	Aroma unangenehm (QS21)	0,69
	x	Mundgefühl kratzig-brennend (QS25)	0,64

2003:

Durch die ungewöhnlichen klimatischen Verhältnisse im Anbaujahr 2003 ergeben sich auch in den Parameterkorrelationen veränderte Beziehungen. Einige der im Jahr 2002 gefundenen Zusammenhänge lassen sich jedoch auch 2003 zeigen.

beta-Myrcen (QA4)	x	Aroma chemisch-LM (QS19)	0,64
		usw.	
Caryophyllen (QA8)	x	Mundgefühl kratzig-brennend (QS25)	0,59
		usw.	

Starke Korrelationen, die 2002 nicht beobachtet werden konnten sind:

Boniturtage (DB2)	x	Carotin (QG1)	0,76
-------------------	---	---------------	------

x	Textur (QT1)	0,78
x	Nitrat (WN1)	0,68

Im Unterschied zum Vorjahr korrelieren Mineralstoff- und Zuckergehalte häufig mit sensorischen Parametern und mit Aromastoffen (z.B.: Chlorgehalt (WM8) mit insgesamt 17 Parametern).

Chlorgehalt (WM8)	x	Summe Aromastoffe (QA11)	-0,71
„	x	Saccharose (WZ3)	0,79
Calciumgehalt (WM4)	x	Trockenmasse (WT1)	0,74

Mittels **Hauptkomponentenanalyse (PCA)** können komplexe, nicht offen erkennbare Zusammenhänge aus großen Datensätzen herausgefiltert werden. Eine übliche Form der Auswertung ist die graphische Darstellung der ersten beiden Hauptkomponenten (principal components) in zweidimensionalen Graphiken. In dieser Darstellung erkennbare Clusterbildungen weisen auf Korrelationen hin.

Generell nicht mit in die PCA aufgenommen wurden einerseits die Boniturparameter (DB) wegen fehlender Daten (missing data) und andererseits die Summen der Aromastoffe, Mineralien, Zucker usw., da es sich hierbei um abgeleitete Werte handelt.

Aus der Lage der sensorischen Parameter (QS) und der Aromastoffe (QA) ergibt sich aus Bild 2b (unten) eine sensorische Ausrichtung der Koordinaten in den Diagrammen:

- rechts - negative sensorische Eindrücke (bitter, kratzig-brennend, unangenehm);
- links - positive sensorische Eindrücke (beliebt, süß, Aroma süßlich-blumig, typisch);
- oben - hohe Konzentrationen an Terpenen (alle QA außer Myristicin QA10)
- unten - Aroma nussig (QS18)

Parameter, die sich um das Zentrum des Diagramms gruppieren tragen nicht wesentlich zu einer Differenzierung der Sorten bei.

Aus der PCA lassen sich u. a. die nachfolgend aufgeführte Aussagen ableiten.

- Hoch beliebte Sorten sind gekennzeichnet durch süßen Geschmack, ein typisches Möhrenaroma und ein süßlich-blumiges Aroma.
Die auf dem Dottenfelderhof ausgeführte Sensorik (Süße, Aroma) korreliert mit den positiven sensorischen Eigenschaften der Quedlinburger Sensorik (links).
- Die Mineralstoff- und Zuckeranalysen lassen keinen einheitlichen Einfluss auf die geschmacklichen Eigenschaften erkennen.
- Die in der Beliebtheitsprüfung schlechtesten Sorten (vergl. Anhang 12 und Datenbank) befinden sich rechts im I. und IV. Quadranten und sind damit negativen sensorischen Eigenschaften zuzuordnen. Die Sorte Kathmandu (30) befindet sich am höchsten Punkt des Diagramms im Bereich der Parameter QA4 und QA8. Tatsächlich zeichnet sich Kathmandu durch den höchsten Gehalt aller untersuchten Sorten an beta-Myrcen (QA4) und Caryophyllen (QA8) aus.
- Die Gruppe 3 (Spätmöhren, samenfest) bilden einen relativ engen Cluster in den Quadranten II und III (Bereich hoher Beliebtheit). Offensichtlich prägen sich in dieser Gruppe die positiven Eigenschaften am stärksten aus.

2002:

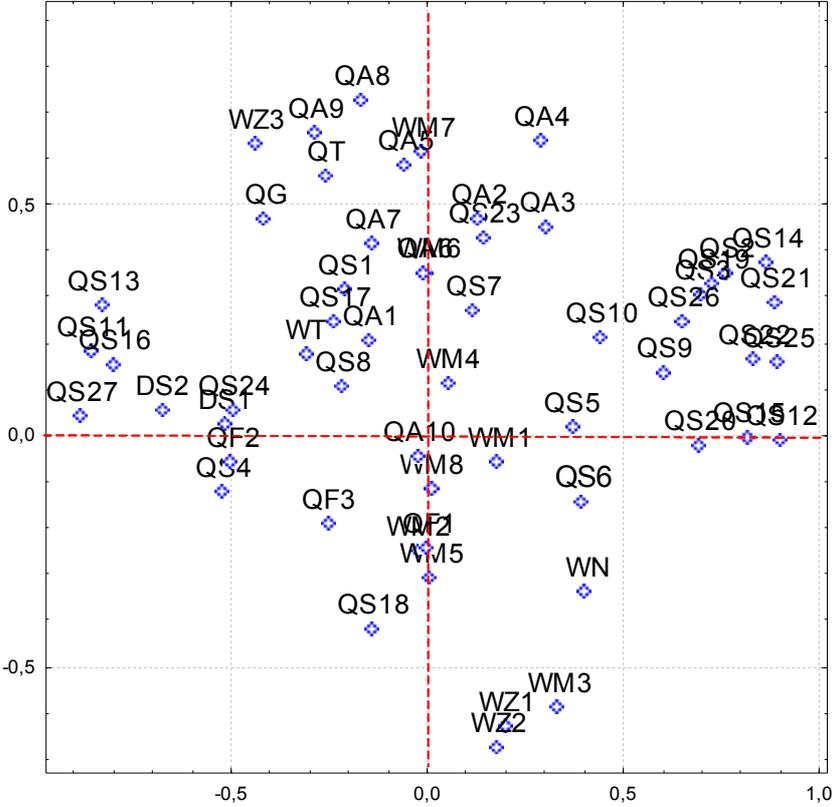
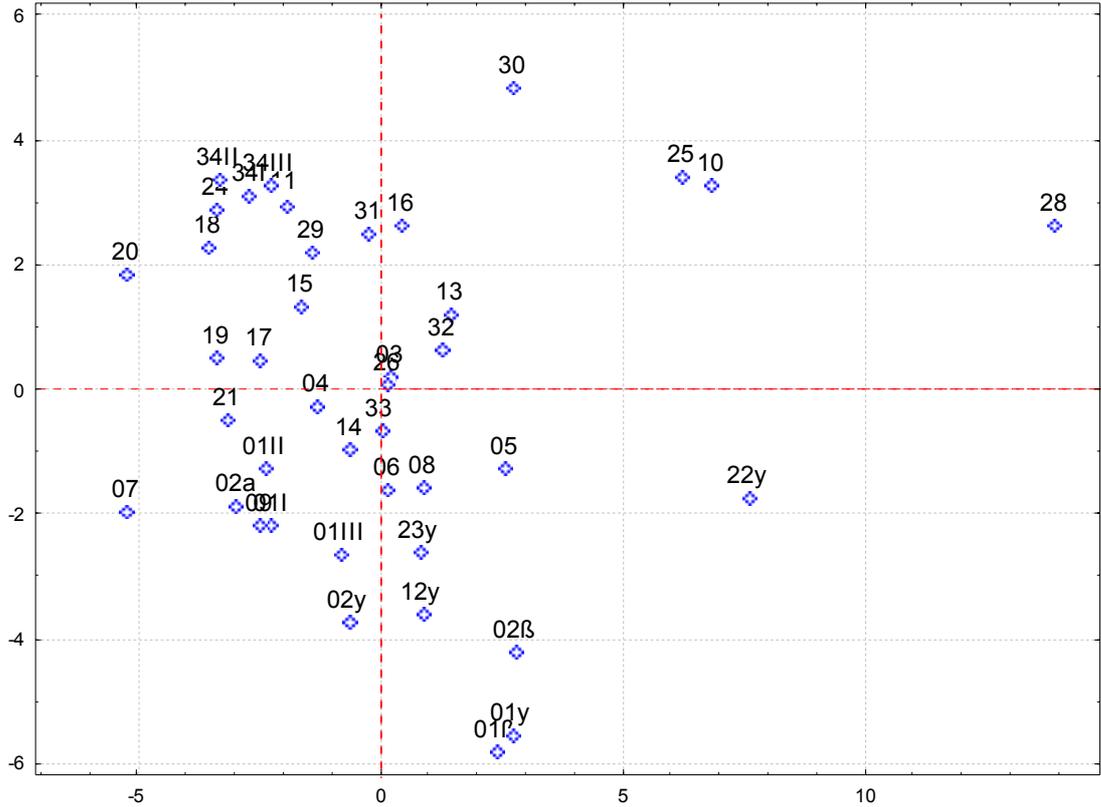


Abbildung 2a: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2002 (oben Sorten, unten Parameter)

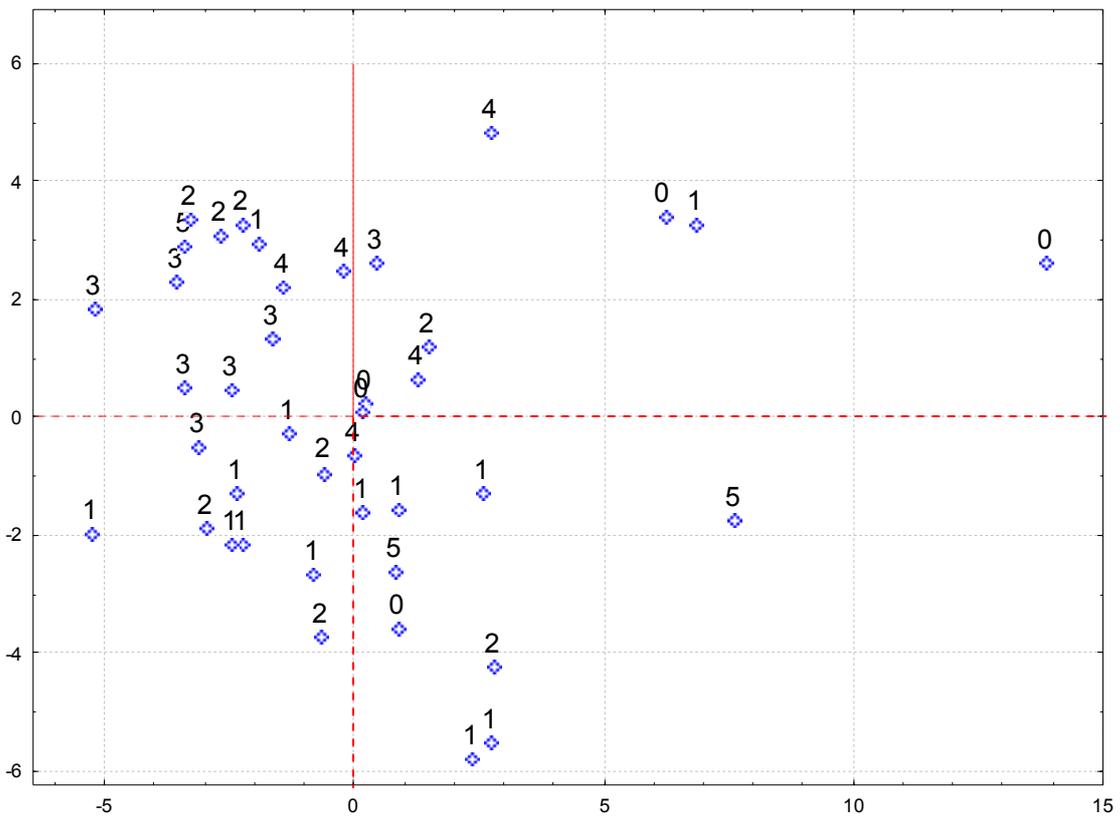


Abbildung 2b: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2002 (Gruppen).

Die Bezeichnung der Quadranten folgt der mathematisch üblichen Form von oben rechts beginnend, gegen den Uhrzeigersinn, mit I bis IV.

Die untersuchten Möhrensorten wurden definierten Gruppen zugeordnet werden: 0. keine Zuordnung sinnvoll; 1. Frühmöhren, samenfest; 2. Frühmöhren, Hybriden; 3. Spätmöhren, samenfest; 4. Spätmöhren, Hybriden; 5. LRST-Gruppe

2003:

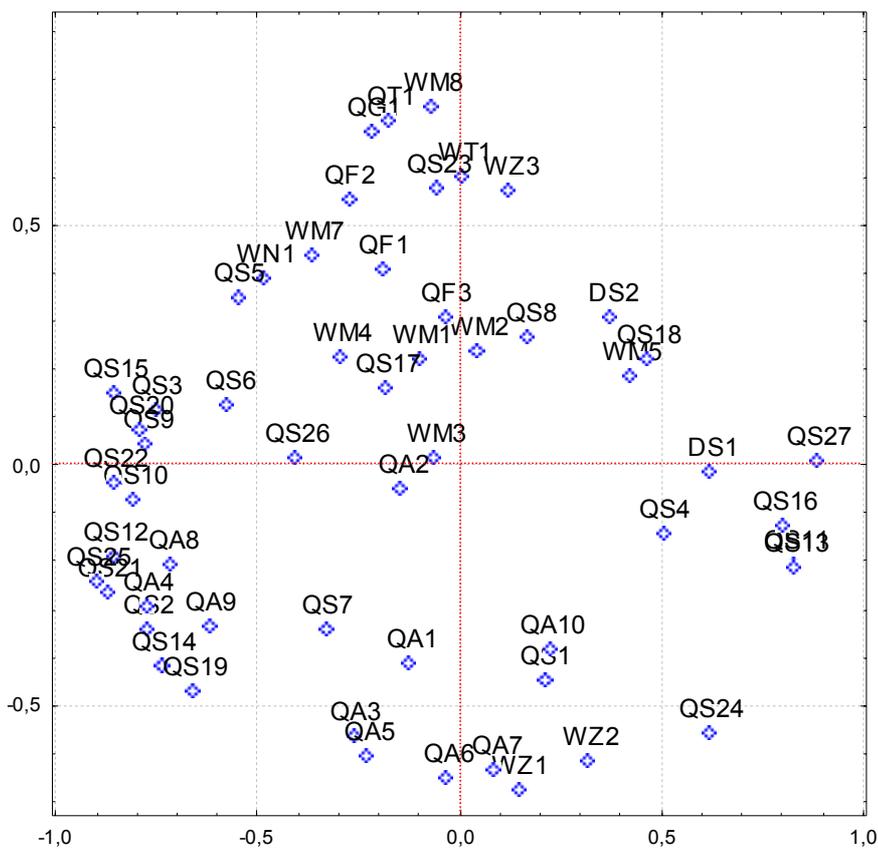
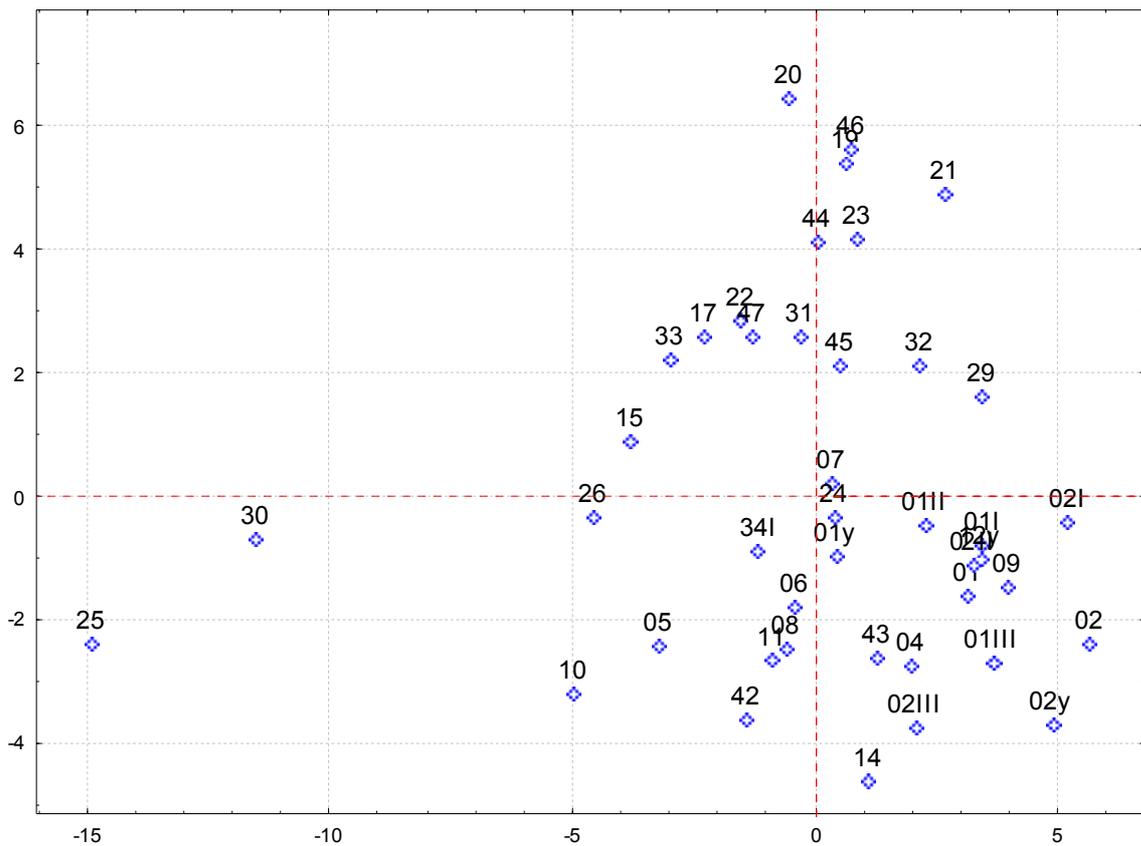


Abbildung 3a: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2003 (oben Sorten, unten Parameter)

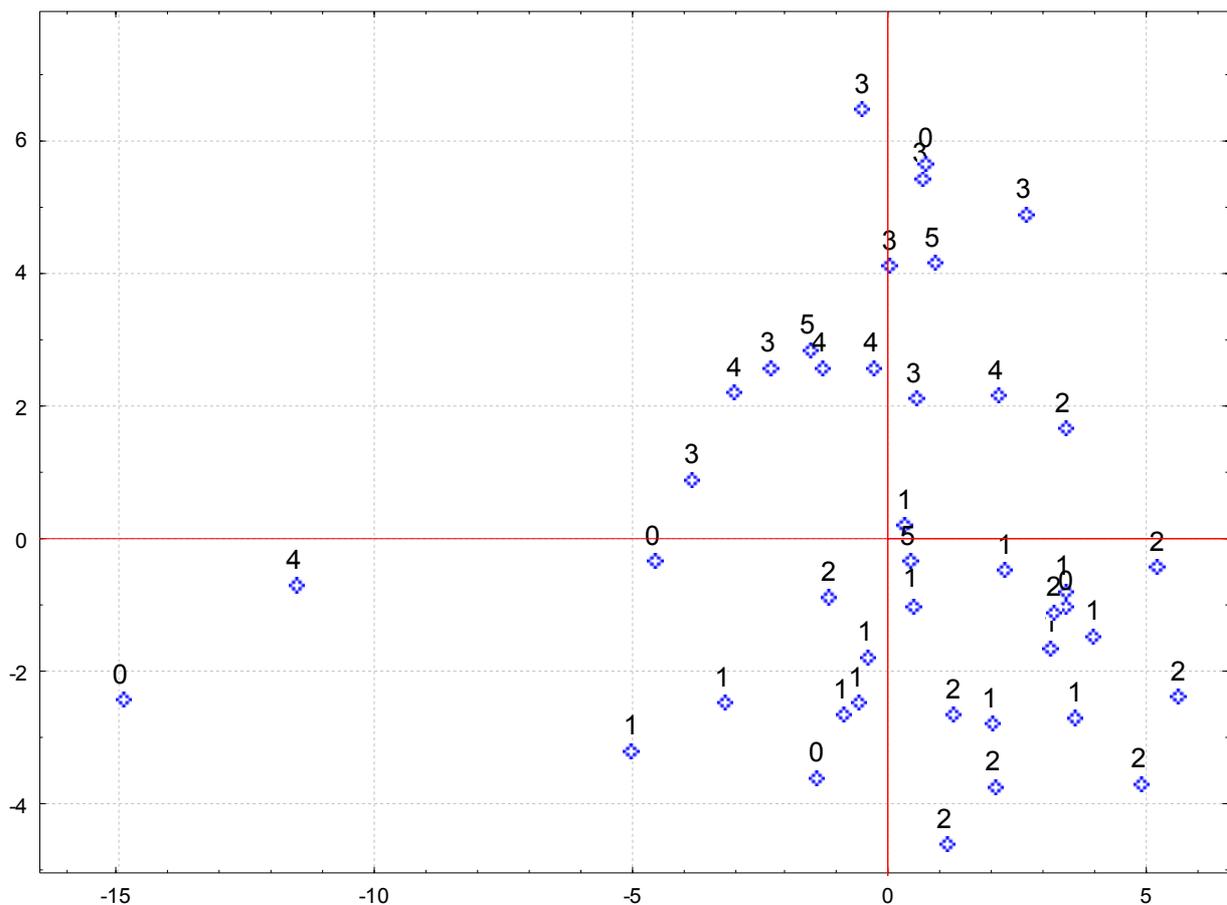


Abbildung 3b: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2003 (Gruppen vergl. Bild 2b)

Für das Anbaujahr 2003 ergeben sich aus der PCA trotz des sehr unterschiedlichen und extremen Witterungsverlaufes tendenziell ähnliche Aussagen wie im Jahr 2002.

- Die Parameter der Humansensorik (QS) differenzieren sich auf der x-Achse deutlich in die positive (rechts) und negative (links) Richtung (Bild 3a, unten).
- Die Einflüsse der Aromastoffe weisen dagegen eine veränderte Tendenz auf. Die im Anbaujahr 2002 als Negativkomponenten erkannten Substanzen Myrcen (QA4) und Caryophyllen (QA8) sind nun komplett in die Gruppe der negativen Parameter eingeordnet. Damit bestätigt sich offensichtlich der ungünstige Einfluss hoher Konzentrationen dieser Aromastoffe auf den Geschmack der Möhre (sog. Off flavour). Auch die Parameter Geruch blumig (QS8) und Aroma nussig (QS18) tragen wiederum zur Differenzierung bei (Quadrant I). Die Lage der meisten Aromastoffe in den unteren Quadranten (III und IV) zusammen mit den sensorischen Parametern Geruch typisch Möhre (QS1) und Geruch chemisch (QS7) bestätigt, dass der Gehalt an Terpenen wesentlich den Geruch der (geschnittenen) Möhre beeinflusst und dass zu hohe Gehalte an Terpenen einen negativen Einfluss in Richtung auf eine chemische, lösungsmittelähnliche Note ausüben können (Simon 1980).
- Die Mineralstoffe gruppieren sich in den Quadranten I und II zusammen mit der Textur (QT1), Bissfestigkeit (QS23) und dem würzigen Geruch (QS5).
- Für die Position der Sorten (Bild 3a, oben) im Parameterraum ergibt sich, dass die unbeliebtesten Sorten (Cubic (25), Kathmandu (30)) im Diagramm auf der

linken Seite positioniert sind und damit eng mit den negativen Parametern der sensorischen Profilanalyse und negativen Aromasubstanzen korrelieren. Die Sorte Rodelika-Kreuzung (20), beispielsweise, fällt in diesem Jahr durch eine Kombination von hoher Festigkeit (QT1), hoher Trockenmasse (WT1) und hohem Karotingehalt (QG1) auf. Werden die Sorten in Gruppen eingeordnet, ergibt sich eine Ausrichtung der Cluster (Bild 3b): es ist eine relativ deutliche Trennung der Früh- und Spätmöhren erkennbar.

- In beiden Jahren zeichnete sich bei den "Rote Riesen"-Typen zudem ab, dass mit jedem Selektionsschritt (Verwerfen der bzgl. Aroma und Süße unzureichenden Pflanzen) tatsächlich die Zuckergehalte ansteigen. Die Selektions-Methodik scheint insofern erfolgreich, um aus bewährten "alten" Sorten schmackhafte Neuzüchtungen zu schaffen.

4.2 Kohl

4.2.1 Sensorik

Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Beliebtheit aller untersuchten Kohlsorten des Erntejahres 2003 sowie zwei sensorische Profile für die Sorte mit der jeweils höchsten und niedrigsten Beliebtheit.

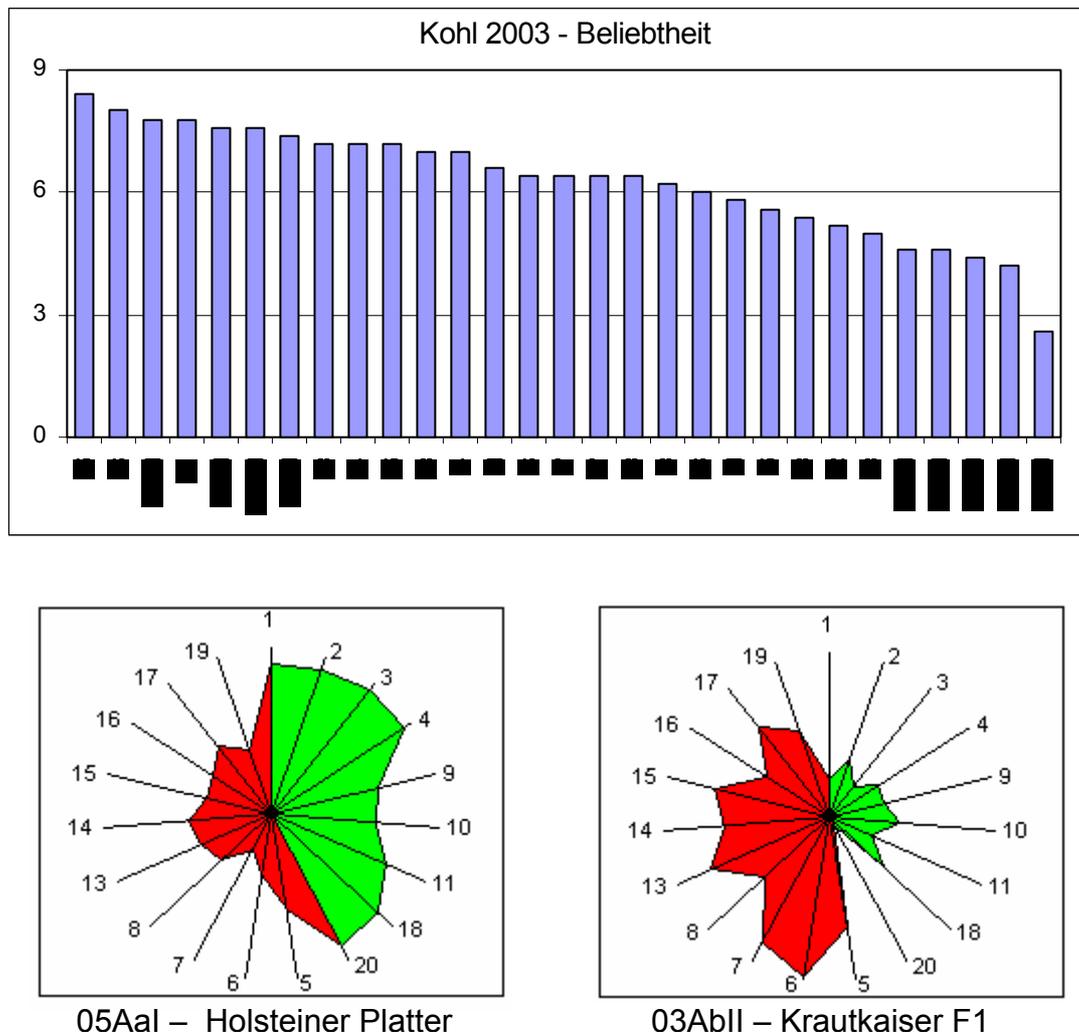


Abb. 4: Ausgewählte Ergebnisse der Kohlsensorik des Erntejahres 2003. Oben - Beliebtheit (QLB) aller untersuchten Sorten. Unten - Sensorisches Profil der beliebtesten und der unbeliebtesten Sorte.

Die Beliebtheit liegt auf der neunstufigen Skala im Bereich von 8,4 (Holsteiner Platt) bis 2,6 (Krautkaiser F1). Ganz offensichtlich spiegelt sich die Beliebtheit der Sorte auch im Profil wider. In Bild 4 wurden die eher negativ bewerteten Parameter rot, die neutralen oder positiven Bewertungen grün gekennzeichnet. Die gewählte Form der Spinnendiagramme ist auch hier gut geeignet, die komplexen sensorischen Ergebnisse zu visualisieren.

Beliebte Sorten zeichnen sich tendenziell demnach z. B. durch

- hohe Werte für den typischen, süßlichen und fruchtigen Geruch; kohltypischen, süßen, fruchtigen, nussigen Geschmack, sowie süßen Nachgeschmack und
- niedrigere Werte für schwefligen, stechenden, grasigen, muffigen Geruch; scharfen, bitteren, grasigen, muffigen Geschmack sowie scharfen und muffig- Fauligen Nachgeschmack aus.

Die Definition und Nomenklatur aller Qualitätsparameter ist im Anhang 8 aufgeführt.

4.2.2 Korrelation zwischen Boniturdaten, instrumenteller Analytik und Sensorik

Die **Korrelationsanalyse** zeigt eine ganze Reihe signifikanter Zusammenhänge zwischen den Qualitätsparametern. Nachfolgend sind auszugsweise nur signifikante Korrelationen mit Werten über $r = +0,75$ aufgeführt.

2002: Korrelationskoeffizient r zwischen Parametern unterschiedlicher Untersuchungskomplexe:

Bonitur und Glucosinolate			
Ertrag (DB2)	x	Neobrassicin (QG11)	-0,74
Mineralstoffe und Trockenmasse			
Schwefel (WM2)	x	Trockenmasse (WT)	0,76
Kalium (WM3)	x	„	0,80
Magnesium (WM5)	x	„	0,87
Σ Mineralstoffe (WM9)	x	„	0,83
Sensorik und Aromastoffe			
Geschmack scharf (DS5)	x	X1 (QA6)	0,74
Geschmack bitter (DS6)	x	Propen-ITC (QA3)	0,78
“	x	Allyl-ITC (QA4)	0,87
“	x	X1 (QA6)	0,86
“	x	X2-ITC (QA7)	0,86
“	x	Phenylethyl-ITC (QA8)	0,79
“	x	Σ Aromastoffe (QA9)	0,90
Geruch Meerrettich (DS12)	x	Buten-ITC (QA5)	0,95
Geruch grasig (DS15)	x	X1 (QA6)	0,79
„	x	Phenylethyl-ITC (QA8)	0,89
Sensorik und Glucosinolate			
Geschmack scharf (DS5)	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,80
Geschmack bitter (DS6)	x	Sinigrin (QG4)	0,80
„	x	Neobrassicin (QG12)	0,82
Geschmack muffig (DS8)	x	Gluconapin (QG6)	0,74
Geruch Meerrettich (DS12)	x	Progoetrin (QG2)	0,95
„	x	Gluconapin (QG6)	0,95
schweflig (DS13)	x	Progoetrin (QG2)	0,79
„	x	Paphanin (QG3)	0,75

schweflig (DS13)	x	Gluconapin (QG6)	0,82
Aromastoffe und Mineralstoffe			
Hexanal (QA1)	x	Phosphor (WM1)	0,82
„	x	Schwefel (WM2)	0,84
„	x	Kalium (WM3)	0,94
„	x	Calcium (WM4)	0,84
„	x	Σ Mineralstoffe (WM9)	0,90
Propen-ITC (QA3)	x	Phosphor (WM1)	0,79
Aromastoffe und Glucosinolate			
Hexanal (QA1)	x	Neobrassicin (QG11)	0,77
Propen-ITC (QA3)	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,76
Allyl-ITC (QA4)	x	Sinigrin (QG4)	0,94
„	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,81
Buten-ITC (QA5)	x	Gluconapin (QG6)	0,96
„	x	Progoitrin (QG2)	0,99
X1 (QA6)	x	Sinigrin (QG4)	0,95
„	x	Iberin (QG1) 20,85	
X2-ITC (QA7)	x	Iberverin (QG8)	0,80
Phenylethyl-ITC (QA8)	x	Sinigrin (QG4)	0,94
„	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,80
Σ Aromastoffe (QA9)	x	Sinigrin (QG4)	0,96
„	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,83
Glucosinolate und Mineralstoffe			
Neobrassicin (QG11)	x	Schwefel (WM2)	0,79
„	x	Magnesium (WM5)	0,77
„	x	Σ Mineralstoffe (WM9)	0,74
Calcium (WM4)	x	Nitrat (WN)	0,78
Allyl-ITC (QA4)	x	Σ Aromastoffe (QA9)	1,00
2003:			
Bonitur und Trockenmasse			
Kopfgewicht (DB1)	x	Trockenmasse (WT)	-0,82
Ertrag (DB2)	x	„	-0,77
Bonitur und Mineralstoffe			
Kopfgewicht (DB1)	x	Phosphor (WM1)	-0,80
„	x	Schwefel (WM2)	-0,85
„	x	Kalium (WM3)	-0,75
„	x	Calcium (WM4)	-0,76
„	x	Magnesium (WM5)	-0,83
„	x	Σ Mineralstoffe (WM9)	-0,86
Ertrag (DB2)	x	Phosphor (WM1)	-0,80
„	x	Schwefel (WM2)	-0,84
„	x	Kalium (WM3)	-0,78
Ertrag (DB2)	x	Magnesium (WM5)	-0,76

Ertrag (DB2)	x	Σ Mineralstoffe (WM9)	-0,84
Bonitur und Glucosinolate			
Anz. Blattansätze (DB8)	x	Progoitrin (QG2)	-0,76
Mineralstoffe und Trockenmasse			
Phosphor (WM1)	x	Trockenmasse (WT)	0,78
Schwefel (WM2)	x	„	0,87
Kalium (WM3)	x	„	0,76
Calcium (WM4)	x	„	0,80
Magnesium (WM5)	x	„	0,85
Σ Mineralstoffe (WM9)	x	„	0,88
Sensorik und Aromastoffe			
Geruch schweflig (DS13)	x	Hexanal (QA1)	-0,77
Geruch stechend (DS14)	x	„	-0,77
Geruch stechend (DS14)	x	(E)-2-Hexenal (QA2)	-0,76
Sensorik und Glucosinolate			
Geschmack bitter (DS6)	x	Glucobrassicin (QG9)	0,72
Aromastoffe und Glucosinolate			
Propen-ITC (QA3)	x	Sinigrin (QG4)	0,78
Allyl-ITC (QA4)	x	„	0,89
„	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,77
Buten-ITC (QA5)	x	Progoetrin (QG2)	0,90
„	x	Gluconapin (QG6)	0,86
Σ Aromastoffe (QA9)	x	Sinigrin (QG4)	0,88
„	x	Σ Glucosinolate (QG12)	0,74
Glucosinolate und Mineralstoffe			
Iberverin (QG8)	x	Kalium (WM3)	0,77
Allyl-ITC (QA4)	x	Σ Aromastoffe QA9	1,00

Die Korrelationsanalyse zeigt für beide Jahre eine ganze Reihe interessanter Zusammenhänge auf. Für das Pflanzenwachstum bestanden insbesondere im Jahr 2003 extreme Bedingungen, so dass analog zu den Möhrenproben (s.o.) auch beim Kohl zwischen beiden Versuchsjahren Unterschiede zu verzeichnen sind. Im Hinblick auf die Ausprägung von für Sorten und Linien typischen Merkmalen sollte deshalb insbesondere das Jahr 2002 betrachtet werden.

Enge Zusammenhänge wurden hier für die Aromastoffe bzw. Glucosinolate einerseits und die Sensorik andererseits gefunden. Auch der Zusammenhang zwischen den Aromastoffen und dem Glucosinolatgehalt ist hoch korreliert. Dieser Fakt lässt sich durch die bekannten Bildungswege der Aromastoffe durch enzymatische Zersetzung der Glucosinolate erklären. 2002 zeigt sich deutlich, dass die Aromastoffen QA3, QA4, QA6, QA7 (sämtlich Isothiocyanate (ITC) d. h. Metabolite der Glucosinolate) mit negativen sensorischen Parametern korrelieren. Hohe Gehalte dieser ITC sind also als negativ für die sensorische Qualität

einzuschätzen. Andererseits ist ein geringer Gehalt dieser Substanzen sicherlich für die Ausprägung einer kohltypischen Note erforderlich.

Im Unterschied zur Möhre zeigen hierbei die Mineralstoffgehalte deutliche Korrelationen zu anderen Parametern wie beispielsweise den Aromastoffen, den Glucosinolaten und der Trockenmasse. Im trocken-heißen Anbaujahr 2003 nahmen alle Mineralstoffe bei höheren Erträgen ab (Verdünnungseffekt). Insbesondere die Gehalte an Schwefel (WM2) und Kalium (WM3) stehen in hohem Maße im Zusammenhang mit einigen Glucosinolaten und Aromastoffen, was die Bedeutung dieser Elemente für die Pflanzenernährung resp. Biosynthese hervorhebt.

Unter dem Gesichtspunkt des Gesundheitswertes sind insbesondere Korrelationen zwischen sensorischen Parametern und den Gehalten an Glucosinolaten interessant. Im Jahr 2002 ergaben sich insgesamt 10 signifikante Korrelationen zwischen diesen Qualitätsparametern mit Koeffizienten über 0,74 (siehe oben). Allerdings handelt es sich ausnahmslos um mehr oder weniger negative sensorische Eindrücke wie scharf, bitter, muffig, Meerrettich oder schweflig.

Nachfolgend werden Ergebnisse der **Hauptkomponentenanalyse (PCA)** für Kohl, nach Anbaujahren getrennt, dargestellt. Um eine Verfälschung der Statistik durch Missing Data zu vermeiden, wurden auch hierbei die Daten der Bonitur nicht für die Berechnungen verwendet.

Aus der Lage der sensorischen Parameter (DS) ergibt sich im Bild 5a (unten) eine sensorische Ausrichtung der Koordinaten im Diagramm:

- oben - negative sensorische Eindrücke (Geruch Meerrettich, muffig, scharf, schweflig, Geschmack muffig,);
- unten - positive sensorische Eindrücke (Geruch fruchtig, kohltypisch, süßlich);
- rechts - Geruch fruchtig, Geschmack süß;
- links - Geruch grasig.

Sinnvolle Zusammenhänge zwischen den einzelnen, voneinander unabhängigen Untersuchungskomplexen zeigen sich auch hierbei. So liegen fast alle Aromastoffe und Glucosinolate in einem Quadranten und zeigen damit die bekannten biochemischen Zusammenhänge zwischen diesen Substanzgruppen. Während die meisten der untersuchten Sorten einen Cluster im positiven Bereich des Parameterraumes bilden (Bild 5a, oben) fallen die Sorten Krautkaiser (03), Premstättner Schnitt (14), Böhmerwaldkohl (07) und Bergkabis (19) deutlich heraus. Premstättner Schnitt tendiert deutlich zu muffig und meerrettich-artig, während Bergkabis durch einen grasigen Geschmack auffällt. Werden die einzelnen Sorten den oben beschriebenen Gruppen zugeordnet (Bild 5b) zeigen sich ebenfalls deutliche Clusterungen.

2002:

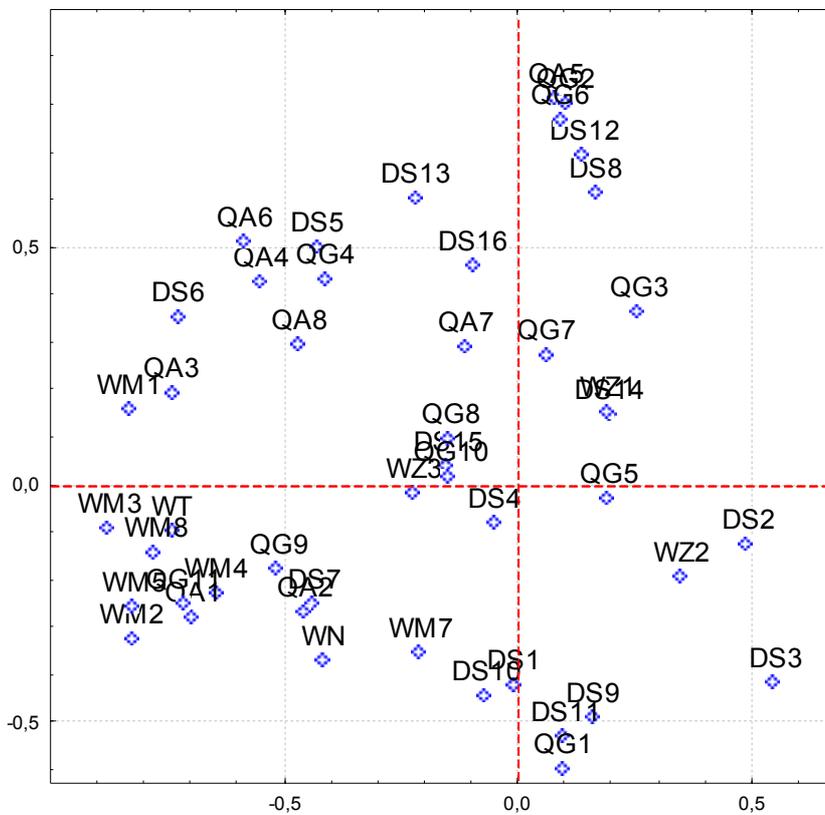
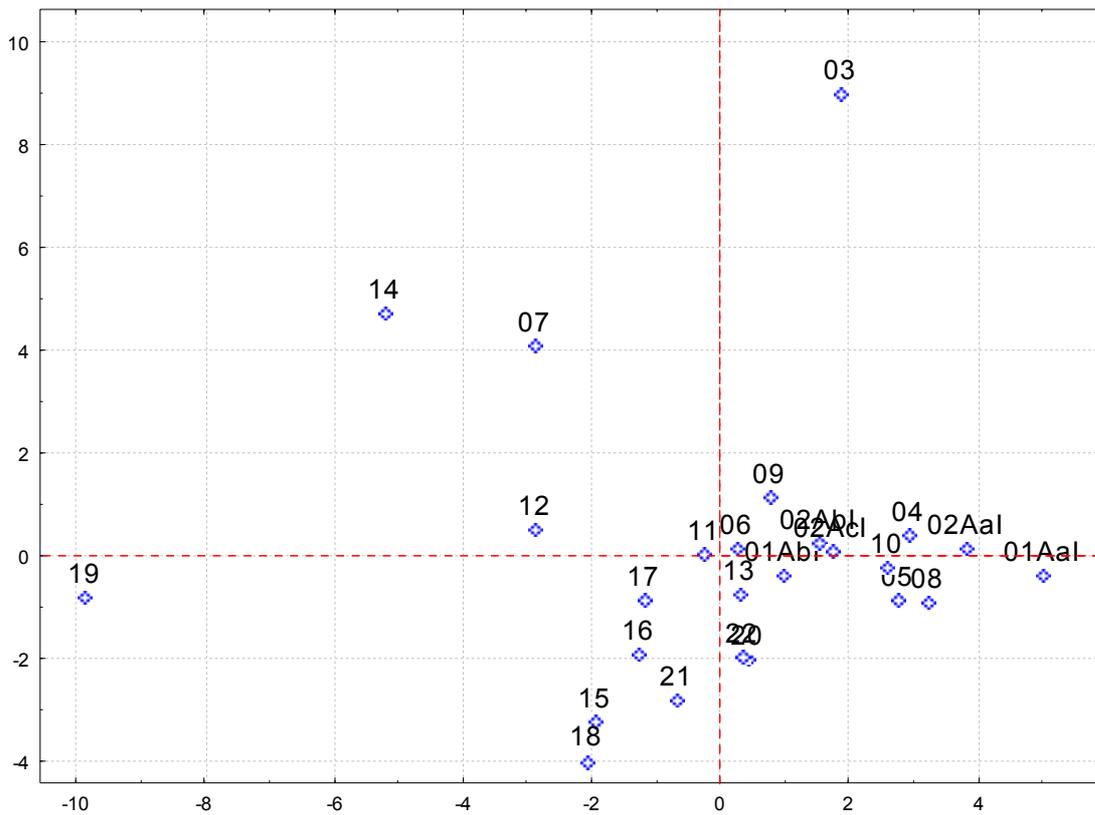


Abbildung 5a: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2002 (oben Sorten, unten Parameter)

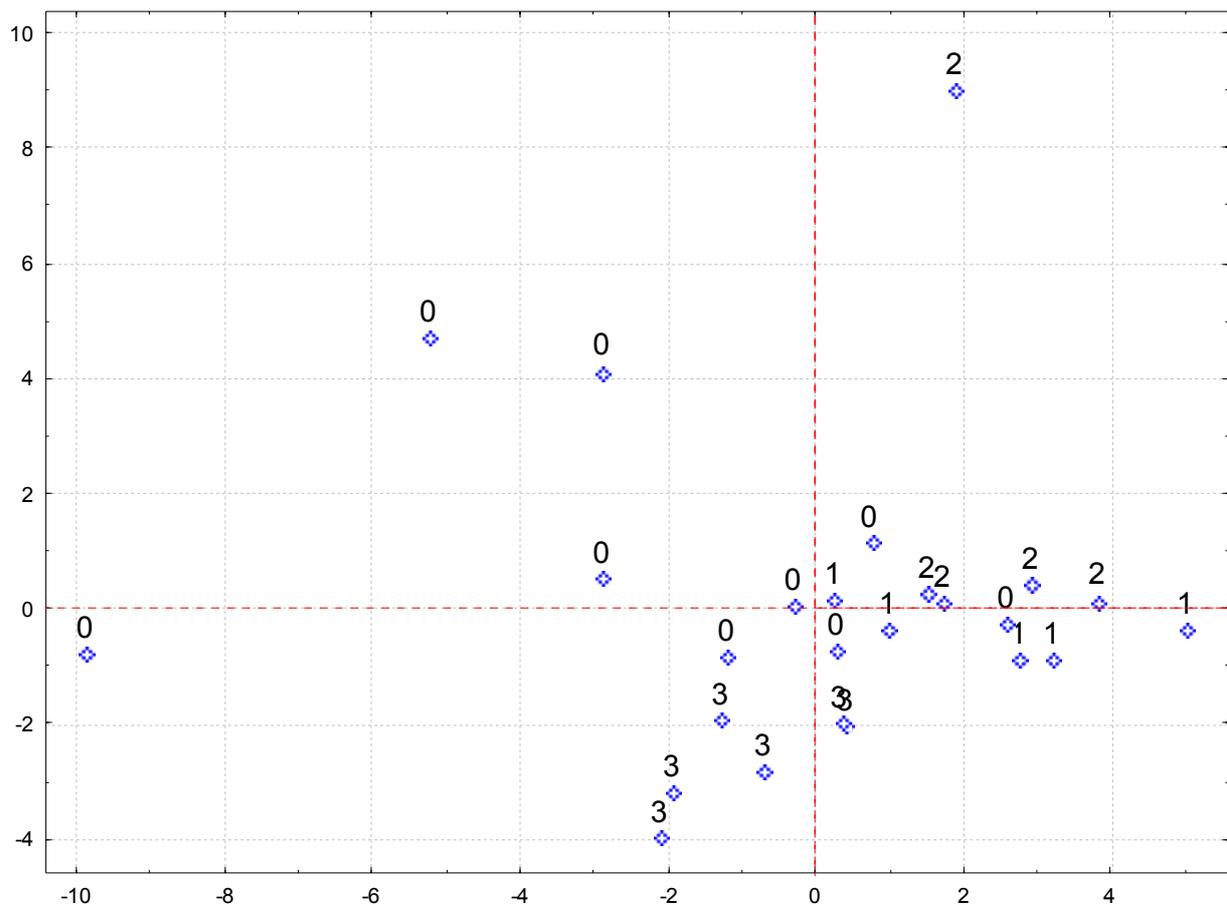


Abbildung 5b: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2002 (Gruppen).

Die untersuchten Kohlsorten wurden definierten Gruppen zugeordnet: 0. keine Zuordnung sinnvoll; 1. Einschnidekohl, samenfest; 2. Einschnidekohl, Hybriden; 3. Lagerkohl, samenfest; 4. Lagerkohl, Hybriden

Im Erntejahr 2003 führte die Erweiterung der sensorischen Prüfmethode, neben Einflussfaktoren wie Klima, zu veränderten Resultaten in der PCA. Zusätzlich zu den im Jahre 2002 verwendeten 16 Parametern wurden die Eindrücke Nachgeschmack scharf, -süß, -muffig/faulig und die Beliebtheit hinzugenommen. Die Aussagekraft der Methode hat sich dadurch vergrößert. In Bild 6a (unten) ergibt sich demnach eine sensorische Ausrichtung des Parameterraumes wie folgt:

- links - positive Eindrücke wie Beliebtheit, Geschmack fruchtig, sowie Geruch kohltypisch, fruchtig;
- rechts - negative Eindrücke wie Geschmack bitter, grasig und Geruch grasig;
- oben - Geschmack scharf, Geruch stechend und Nachgeschmack scharf;
- unten - Geruch muffig.

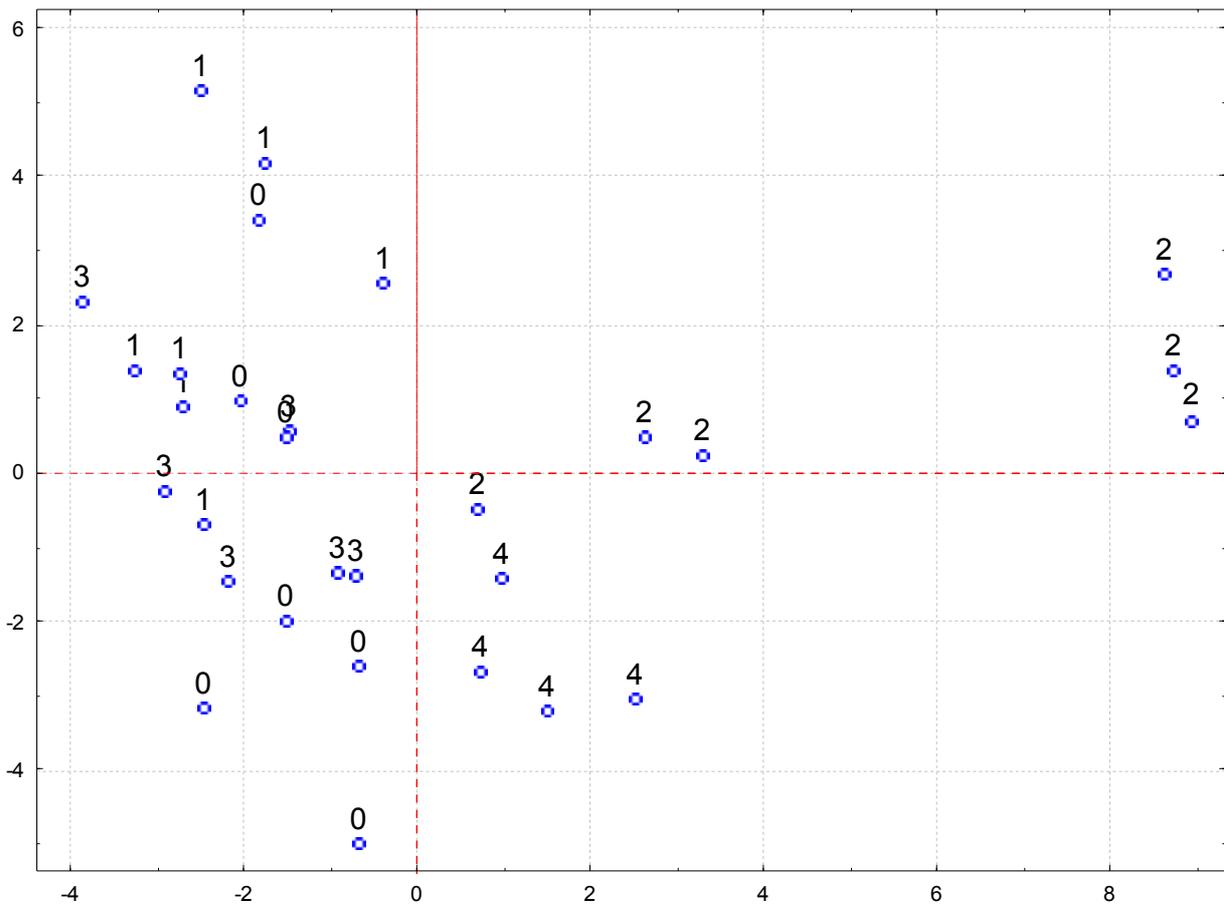


Abbildung 6b: Ergebnisse der PCA für das Erntejahr 2003 (Gruppen vergl. Bild 5b)

Analog zum Jahr 2002 ordnet sich auch hier die Hybride Krautkaiser (03) am deutlichsten im negativen Bereich ein. Auch Premstättner Schnitt liegt wiederum im sensorisch ungünstigen Bereich, während ein Cluster von Sorten (Dottenfelder Dauer (20), Holsteiner Platt (5), Dänisches Lager (26) bei positiver Beliebtheit eingeordnet ist. Bild 6b zeigt sich eine Clusterung in Hinblick auf die definierten Gruppen: die Gruppen 2 (Einschneidekohl, Hybriden) und 4 (Lagerkohl, Hybriden) liegen deutlich in den negativen Quadranten.

5. Schlussfolgerungen

5.1 Erfahrungen zur Organisation und Kooperation

Durch den interdisziplinären Forschungsansatz stellten sich an alle Beteiligten hohe Anforderungen in Hinsicht auf den organisatorischen Ablauf der Arbeiten. Insgesamt waren 6 Arbeitsgruppen an 3 unterschiedlichen Orten an der Bearbeitung beteiligt. Ungünstig auf den Projektablauf wirkte sich die sehr späte Genehmigung in Kombination mit der sehr kurzen Laufzeit von 24 Monaten aus. Bei einer Mittelzuweisung im Juni 2002, wie in diesem Projekt, kann üblicherweise erst im Folgejahr ein Versuchsanbau vorgenommen werden. Nur durch hohen persönlichen Einsatz und Kreativität konnten überhaupt Daten aus dem Anbaujahr 2002 gewonnen werden.

5.2 Bewertung der Methodik

Das Projekt war als Sortenscreening unter Anwendung eines möglichst breiten Methodenspektrums ausgelegt. Bei den angewendeten Methoden (vergl. Anhang 3) handelte es sich sowohl um etablierte Methoden (z.B.: Sensorik Dottenfelderhof, Aromaanalytik Möhre, Glucosinolanalytik Kohl), als auch um neu entwickelte Verfahren (Aromaanalytik Kohl). Insbesondere die Sensorik bei Kohl wurde während des Projektes weiterentwickelt und an die Bedingungen angepasst (vergl. Pkt. 4.4.2).

Alle eingesetzten Methoden bringen wichtige Informationen in Hinblick auf die Zielstellung. Aus der Literatur ist, nach unserem Wissen, bisher kein Forschungsansatz bekannt, bei dem eine so große Anzahl an Qualitätsparametern bei einer derartigen Sortenvielfalt untersucht werden konnte. In dieser Hinsicht ist als ein wesentliches Ergebnis des Projektes, die Testung der Methodik für fortführende Arbeiten anzusehen. Für die Bewertung der sensorischen Qualität bei züchterischen Arbeiten, Sortenvergleichen und Qualitätskontrollen hat sich die Humansensorik und hierbei insbesondere die Profilanalyse (QDA - quantitative deskriptive Analyse) bewährt. Die Korrelation mit Bonituren und instrumenteller Analytik ergibt wesentliche Ergebnisse.

Die Methoden der sensorischen Prüfung in Quedlinburg (Anhang 5) und auf dem Dottenfelderhof (Anhang 16) weisen einige wesentliche Unterschiede auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Die Quedlinburger QDA entspricht in allen Belangen den auch in der DIN [40] geforderten Bedingungen. Grundsätzlich werden die Proben kodiert untersucht. Dadurch soll eine Beeinflussung der Ergebnisse durch vorgefasste Meinungen und eine "Chefsensorik" verhindert werden. Auch psychologische Effekte, wie Aversionen (vergl. Anhang 17, Pkt.4) werden vermindert. Bei der Probenvorbereitung wird versucht, eine repräsentative Probe durch Zerkleinerung und Mischung zu erzielen, da entsprechend der Zielstellung des Projektes die Sorte (und nicht Einzelmöhren) charakterisiert werden sollten. Im Unterschied hierzu wird die Geschmacksprüfung auf dem Dottenfelderhof stets offen vorgenommen, um "zielführend" zu sein. Zusätzlich kommen ganze Möhren zur Verkostung, um Variabilität beurteilen zu können. Die Ergebnisse beider Methoden - QDA bei Möhre und zielführende Sensorik bei Kohl - ergeben ganz offensichtlich verwertbare und konsistente Ergebnisse, wie aus den Resultaten der PCA zu ersehen ist. Ein direkter Vergleich oder eine Beurteilung der beiden Methoden ist im Rahmen des Projektes leider nicht

möglich, da die Möhrensensoren auf dem Dottenfelderhof keine Profilparameter verwendet und Kohlsensoren nicht in Quedlinburg betrieben werden konnte.

Die instrumentelle Analytik ist in einigen Bereichen effektiver als Humansensorik, kann diese jedoch immer nur teilweise ersetzen. Bei Möhre wurden die beiden Aromastoffe beta-Myrcen (QA4) und Caryophyllen (QA8) als Negativkomponenten (off-flavor) ermittelt. Ebenso wirkt ein zu hoher Terpenegehalt negativ auf den Geschmack (vergl. Anhang 13). In weiterführenden Arbeiten sollten diese Zusammenhänge verifiziert werden. Da die Bestimmung der relativen Gehalte an beta-Myrcen, Caryophyllen und der Summe an Aromastoffen sehr effektiv vorgenommen werden kann, sollte geprüft werden, ob diese instrumentell-analytischen Parameter als Leitsubstanzen für guten Geschmack nutzbar sind. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich bei Kohl. Die engen Korrelationen zwischen Glucosinolaten und einigen Aromastoffen (Metabolite der Glucosinolate) sollten mit dem Ziel weiter untersucht werden, die Qualitätsanalytik zu effektivieren.

Zur Bewertung der Lebensmittelqualität aus ökologischer Produktion werden einige spezielle Methoden eingesetzt. Im Statusbericht 2003 "Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren" [<http://orgprints.org/00000754/>] werden diese als "Komplementäre Ansätze zur Erfassung der Lebensmittelqualitäten" bezeichnet. Außerhalb dieses Projektes wurden bildschaffende Methoden und sog. Bildekräfteuntersuchungen an Material angewandt, das mit dem hier verwendeten identisch ist. In den Sortenbeschreibungen (Anhang 18) sind teilweise Ergebnisse dieser Methoden zitiert.

5.3 Qualität

Als ein Ergebnis der Untersuchungen können für die Kulturarten Möhre und Kohl Qualitätsprofile (als Kombination von sensorischen Parametern und Inhaltsstoffen) für sensorisch hochwertige (beliebte) Sorten angegeben werden, die als Standards für weiterführende Untersuchungen dienen können. Die nachfolgend getroffenen Aussagen wurden durch eine Datenreduktionsmethode, die **Hauptkomponentenanalyse (PCA)** gewonnen. Wesentlich ist hierbei, dass die PCA stets auf der Gesamtheit der bestimmten Daten und damit auf großen Datenmengen beruht. Bei Gegenüberstellungen von Sorten und Gruppen in Datentabellen sind komplexe Zusammenhänge nicht immer extrahierbar.

Gut schmeckende Möhren sind gekennzeichnet durch:

- hohe Werte für den typischen, süßlichen, blumigen Geruch, süßen, nussigen Geschmack, Saftigkeit und
- niedrigere Werte für z. B. muffigen, chemischen Geruch, seifigen, kratzig-brennenden Geschmack; Myrcen, Caryophyllen, Humulen und die Summe der Terpene.

Die in der Literatur [2,3,34,35] bisher für das Aroma (retronasal) als ausschlaggebend angesehenen Terpene sind offensichtlich mehr für die Ausprägung des Geruchs (pronasal) der Möhre verantwortlich. Da die Möhren bei zu hohen Gehalten zu geringerer Beliebtheit tendieren, sprechen diese Ergebnisse für ein Optimum im Gehalt.

Der Vergleich von samenfesten Sorten und Hybriden zeigt insbesondere im Anbaujahr 2002 sensorische Vorteile bei der Gruppe der samenfesten Spätmöhren. (Bild 2b).

Kohl mit guten sensorischen Eigenschaften ist gekennzeichnet durch:

- hohe Werte für den typischen, süßlichen und fruchtigen Geruch; kohltypischen, süßen, fruchtigen, nussigen Geschmack, sowie süßen Nachgeschmack; Iberverin, Iberin und
- niedrigere Werte für schwefligen, stechenden, grasigen, muffigen Geruch; scharfen, bitteren, grasigen, muffigen Geschmack sowie scharfen und muffig-fauligen Nachgeschmack; Sinigrin, Gluconapin aus.

Im Anbaujahr 2003 ergeben die samenfesten Sorten beider Gruppen (Einschneide- und Lagerkohl) in Hinsicht auf die Beliebtheit bessere Werte (Bild 6b).

Aus züchterischer Sicht sind **Vergleiche einzelner Sorten** untereinander durchaus sinnvoll. Im Anhang 14 sind Sortenvergleiche für die Mittelwerte der Qualitätsparameter aus beiden Anbaujahren zusammengestellt. Einschränkend muss hierbei jedoch angemerkt werden, dass die Werte Trends und keine statistisch abgesicherten Differenzen darstellen. Dieser Fakt folgt aus der konzeptionellen Gestaltung des Projektes als ein Screening möglichst vieler Genotypen ohne pflanzenbauliche Wiederholungen für jede der untersuchten Sorten. Unter Berücksichtigung der Fehlerbetrachtungen, die für einige Standardsorten in diesem Projekt ausgeführt wurden (vergl. Datenbank), stellen die in Anhang 14 zusammengefassten Daten jedoch deutliche Unterschiede (Differenzen jeweils größer als 100 %) dar.

Möhre

- Der Vergleich der beliebtesten (Espredo F1 (02)) und der unbeliebtesten Sorte (Cubic (25)) zeigt insgesamt bei 13 sensorischen und 6 Inhaltsstoffparametern deutliche Unterschiede. Analog zur PCA können die Substanzen beta-Myrcen (QA4) und Caryophyllen (QA8) als Off-flavor angesehen werden. Der Zusammenhang zur Summe der Terpene (QA11) wird ebenfalls deutlich: unbeliebte Sorten haben einen erhöhten Gehalt an Terpenen.
- Die Rodelika-Typen 16, 17, 19 und 20 weisen gegenüber der Ausgangssorte, Rothild (15) verringerte Werte in den negativen sensorischen Parametern (z.B.: 19, 20, 21) auf.
- Die Rodelika-Typen 16, 17, 19 und 20 zeigen im Vergleich mit der Ausgangssorte, Rothild (15) verringerte Werte des Off-flavors beta-Myrcen (QA4) auf.

Die beiden letzten Punkte belegen einen deutlichen Züchtungsfortschritt bei den Rodelika-Typen in Richtung auf eine höhere sensorische Qualität. Die in der Literatur beschriebene Beobachtung, dass samenfeste Möhrensorten im Vergleich zu Hybriden durch höhere Mineralstoffgehalte und geringere Mengen an Einfachzuckern charakterisiert sind [45], konnte bei diesen Arbeiten nicht nachgewiesen werden.

Bei Kohl ergeben direkte Gegenüberstellungen einzelner Sorten in dieser Form keine konsistenten Ergebnisse.

Eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse aus der **Sicht der ökologischen Züchtung** ist in den Anhängen 17 und 18 aufgeführt. Hierbei muss beachtet werden, dass die dort getroffenen Aussagen nicht nur auf den Ergebnissen und Methoden der zweijährigen Untersuchungen beruhen, die in diesem Projekt ausgeführt wurden, sondern die gesamten Erfahrungen einer langjährigen Pflanzenzüchtung umfassen. Bei Möhre wird ein Züchtungsfortschritt insbesondere bei den Qualitätsparametern Trockensubstanz, Zuckergehalt und -zusammensetzung, Nitratgehalt und Genusswert diskutiert. Für Einschneidekohl zeigen die Projektergebnisse eine gute Qualität der Sorte Holsteiner Platter. Vergleicht man samenfeste und Hybridsorten bei Lagerkohl, so sind bezüglich der Qualität die seit längerer Zeit unter biologisch-dynamischen Bedingungen züchterisch bearbeiteten Sorten den Hybridsorten vorzuziehen. Im Ertrag stehen die samenfesten Sorten gleichrangig neben den Hybridsorten. Eine weitere Bearbeitung bezüglich der Uniformität der samenfesten Sorten wäre wünschenswert.

6. Gesundheitliche Wirkungen

Die gesundheitlichen Wirkungen von Obst und Gemüse werden üblicherweise auf bestimmte Inhaltsstoffe zurückgeführt. In den letzten Jahren hat die Forschung verstärktes Interesse an diesen Substanzen (funktionelle Inhaltsstoffe, Nutraceuticals) gefunden. Psychopharmacologen haben inzwischen aber auch die sensorische Qualität als einen gesundheitlich wirksamen Faktor beschrieben. Nach Warburton [39] kann vom bewussten Genuss sensorisch hochwertiger Nahrung ein positiver Einfluss auf das Befinden und die Gesundheit ausgehen. Im Umkehrschluss gilt ebenso, dass geschmacklich minderwertige Nahrung auch einen negativen Effekt auf und die Gesundheit haben kann. In diesem erweiterten Sinne betrachtet, hat der im Pkt. 5.3 belegte Züchtungsfortschritt bei Möhre in Richtung höhere sensorische Qualität auch einen gesundheitlichen Aspekt.

In Kohl weist insbesondere die Substanzgruppe der Glucosinolate deutliche gesundheitliche Wirkungen auf, wobei zwischen einer Gruppe von Substanzen mit positiven und negativen Eigenschaften unterschieden wird. Ausführlicher sind die bekannten gesundheitlichen Wirkungen der einzelnen Glucosinolate im Anhang 15 dargestellt. Die Auswertung mittels PCA beider Anbaujahre (Bilder 5a und 6a) zeigt, dass die Positionen der Glucosinolate im Parameterraum im Prinzip über alle Quadranten verteilt ist. Damit ergibt sich zwischen dem Gehalt an gesundheitlich wirksamen Inhaltsstoffen und den anderen Qualitätsparametern, insbesondere dem Geschmack, kein strenger Zusammenhang.

7. Züchtungsfortschritt und Ableitung von Zuchtzielen

Aus dem hier vorliegenden Sortenüberblick können verschiedene Empfehlungen für Züchtung und Anbau für den ökologischen Landbau abgeleitet werden, wenn man v.a. eine gute Qualität anstrebt:

1. Wiederaufgreifen der ehemals angestammten Lokalsorten und deren züchterische Bearbeitung unter Qualitäts-, Anbau- und Verarbeitungsgesichtspunkten. Die überragende Qualität dieser Sorten und ihr besonderes Verhältnis zu den lokalen Gegebenheiten konnte besonders am

Filderkraut gezeigt werden. Aber auch die anfänglich züchterisch bearbeiteten übrigen Lokalsorten sind es wert wiederentdeckt zu werden.

2. Die Selektion geeigneter Formen (hier: Selektion runde Form aus Holsteiner Platter) aus bewährten Sorten kann ebenfalls zielführend für einen qualitätsorientierten Anbau sein.
3. Der Wegfall der Handhabungsvorteile (gleichmäßige Abreife, schwere runde Köpfe, Kurzzeitlagerfähigkeit) wird nur teilweise durch züchterische Maßnahmen an den angestammten Sorten ausgeglichen werden können. Demgegenüber steht aber der hier belegte und von Anbauern durchaus bestätigte Qualitätsvorteil.

8. Literatur

Im Anhang 13 befindet sich eine ausführliche Liste der relevanten Literatur.