

Differenzierung und Klassifizierung von Öko-Produkten mittels validierter analytischer und ganzheitlicher Methoden

Discrimination and classification of organic products by validated analytical and holistic methods

FKZ: 02OE170/F2

Projektnehmer:

KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH
Fuldaer Str. 21, 36160 Dipperz
Tel.: +49 6652 6492
Fax: +49 6657 6592
E-Mail: mail@kwalis.de
Internet: <http://www.kwalis.de>

Autoren:

Strube, Jürgen; Stolz, Peter

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Bundesprogramm Ökologischer Landbau

Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im Ökologischen Landbau

**Abschlussbericht
zum Projekt Nr. 02OE170/F2**

**“Differenzierung und Klassifizierung von Öko-Produkten
mittels validierter analytischer und ganzheitlicher Methoden”**

06. Juli 2007

Verfasser: Jürgen Strube, Peter Stolz

Anschrift:

KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH
Fuldaer Str. 21
36160 Dipperz
Tel.: 06657 - 6492
Fax: 06657 - 6592
office@kwalis.de

Hinweise Der gesamte Abschlussbericht zum Projekt 02OE170/F umfasst die Berichte 02OE170/F1 und 02OE170/F2.

Die Autoren der Textabschnitte sind durch den jeweiligen Autorennamen in der Kapitelüberschrift gekennzeichnet.

Projektpartner innerhalb des Projektes 02OE170/F

- 1. Universität Kassel, Fachbereich 11 Ökologische Agrarwissenschaften**
Fachgebiet “Ökologische Lebensmittelqualität und Ernährungskultur“,
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Tel.: 05542 98 1715, Email:
kahl@uni-kassel.de

Abschlussbericht Teil A:	Dr. Johannes Kahl, Dr. Nicolaas Busscher
Projektleitung:	Dr. Johannes Kahl, Dr. Nicolaas Busscher
Projektkoordination:	Dr. Johannes Kahl
Koordination Statistik:	Dr. Nicolaas Busscher
Bildschaffende Methoden:	Dr. Nicolaas Busscher, Dr. Johannes Kahl, Gaby Mergardt
Sensorik:	Monika Röger, Prof. Dr. Angelika Ploeger
Sekundäre Pflanzenstoffe:	Dipl. Ing. agr. Marco Roose, MSc. Andreas Werries

- 2. KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH**, Fuldaer Str. 21, 36160 Dipperz,
Tel. 06657-6492, Email: office@kwalis.de

Abschlussbericht Teil B:	Jürgen Strube, Peter Stolz
Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie:	Dr. Jürgen Strube
Physiologischer Aminosäurenstatus:	Dr. Peter Stolz

3. **Institut für ökologischen Landbau (OEL) der FAL**, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Tel. 04539-1819, Email: oel@fal.de

Organisation, Codierung und Versand der Proben, Auswahl der Praxisbetriebe: Prof. und Dir. PD Dr. Gerold Rahmann,
Silke Lippelt, Clarisse Ludwig

4. **Statcon Consult**, Schulstr. 2, 37217 Witzenhausen, Tel. 05542 933000, E-mail: consult@statcon.de

Statistische Bearbeitung der Daten: Dipl.-Sozialwirt Bertram Schäfer
Boris Kulig

5. **Dr. Stavros Kromidas**, Rosenstr. 16, 66125 Saarbrücken,
Email: info@kromidas.de

Bewertung der Validierung der Methoden: Dr. Stavros Kromidas

6. **Institut für biologischen Landbau (FiBL)**, Ackerstrasse, CH-5070 Frick, Tel. 04162- 8657272, Email: admin@fibl.ch

Feldversuche DOK Weizen, Mais, Beratung Auswahl Praxisbetriebe:
Dr. Paul Mäder

Feldversuche Äpfel, Datenerhebung. Beratung Auswahl Praxisbetriebe:
Dr. Franco Weibel

7. **Technische Universität München**, Institut für Pflanzenwissenschaften und Obstbau, Alte Akademie 16, 85350 Freising-Weihenstephan, Tel. 08161-713753, Email: dieter.treutter@wzw.tum.de

Bestimmung der Polyphenole aus Äpfeln: Prof. Dr. Dieter Treutter

8. **Eidgenössische Forschungsanstalt Agroscope ART Reckenholz-Tänikon, Reckenholzstr. 191, CH-8049 Zürich**

Projektleitung Langzeitvergleich biologischer und integrierter Ackerbausysteme im DOK-Versuch, Datenerhebung DOK-Versuch: Dr. David Dubois

9. **Universität Kassel, FG Ökologischer Landbau, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen**

Feldversuche Möhren, Datenerhebung: Prof. Dr. Peter von Fragstein,
Dipl. agr. Michael Fleck

Projektpartner der assoziierten Projekte:

10. **BÖL-Projekt Nr. 03OE191:** Charakterisierung der Mikroflora und Beurteilung der Haltbarkeit verderblicher pflanzlicher Produkte aus ökologischer und konventioneller Erzeugung mit Hilfe neuer Methoden. Hochschule Fulda, **Fachbereich Oecotrophologie, Hochschule Fulda, Marquardstraße 35, D-36039 Fulda**, Prof. Dr. Friedrich-Karl Lücke, Dipl. oec. troph. (FH) Diana Steinhauer

11. **BÖL-Projekt Nr. 03OE208:** Sensorische Akzeptanz von ökologischen Lebensmitteln bei Kindern im Alter von 2 bis 7 Jahren – Untersuchungsmöglichkeiten, Einflussfaktoren und Perspektiven. **Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Life Sciences, Department Ökotrophologie, Lohbrügger Kirchstr. 65, 21033 Hamburg**, Prof. Dr. Mechtild Busch-Stockfisch und Andrea Gieland

12. **BÖL-Projekt Nr. 04OE027:** Bestimmung der ernährungsphysiologischen Qualität von Öko-Produkten anhand des antioxidativen Potentials der Lebensmittel. Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Institut für

Ernährungsphysiologie, Haid-und Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe. Dr. Bernhard Watzl, Berenike Stracke, Corinna Rüfer

Inhalt

1	Aufgaben und Ziele des Projektes (J. Strube, P. Stolz)	10
2	Ziele und Aufgabenstellung Gesamtprojekt (J. Kahl)	12
2.1	Gesamtziel	12
2.2	Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens	12
2.3	Proben	13
2.4	Nachweismethoden	15
2.5	Statistik	16
3	Projektablauf (J. Kahl)	18
3.1	Vernetzung mit anderen Projekten innerhalb des Bundesprogramms Ökolandbau	18
3.2	Koordination	18
3.3	Projektablauf	19
3.4	Arbeitstreffen	20
3.5	Abschlusskonferenz	21
3.6	Berichte	22
4	Proben und Probenorganisation (G. Rahmann)	23
4.1	Aufgabenstellung	23
4.2	Kontaktpflege mit Landwirten	24
4.3	Probenahme, Aufbereitung und Lagerung	27
4.4	Erzeugerproben	30
4.5	Definierte Proben	36
4.6	Bodenproben	45
4.7	Probenteilung und Codierung	46
4.7.1	Weizen	47
4.7.2	Möhren	48
4.7.3	Äpfel	50
4.7.4	Mais	52
4.8	Rückstellproben	53
4.9	Auslieferung der Proben	61
4.10	Daten	62
4.11	Decodierungen	62
5	Methoden (J. Strube, P. Stolz)	64
5.1	Methode Physiologischer Aminosäuren-Status (PAS)	64
5.1.1	Physiologie des N-Stoffwechsels der Pflanze	65
5.1.2	Beschreibung der Einzelprüfmethoden	69
5.2	Methode Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (FAS)	72

5.2.1	Verfahrensgrundlage und Bezeichnung	72
5.2.2	Ursachen der Lumineszenz	73
5.2.3	Messprinzip	74
5.2.4	Mess-Zyklus	76
5.2.5	Messgrößen der Emission	78
5.2.6	Spektrenbeispiel	78
5.2.7	Datenvektor	79
5.2.8	Mittelwertbildung und Probenhomogenität	80
5.2.9	Statistik	81
5.2.10	Validierung	82
6	Ergebnisse (J. Strube, P. Stolz)	86
6.1	Allgemeines und Arbeitsfragen	86
6.2	Ergebnisse PAS	87
6.2.1	Apfel Erzeugerproben (Elstar)	87
6.2.2	Apfel FiBL (Golden Delicious)	88
6.2.3	Mais aus dem DOK-Versuch des FiBL	90
6.2.4	Möhren Markt	91
6.2.5	Möhren Universität Kassel (Düngungsstufen)	93
6.2.6	Weizenproben aus dem DOK-Versuch	95
6.2.7	Weizenproben Erzeuger	97
6.3	Ergebnisse FAS	99
6.3.1	Validierungsergebnisse Apfel	99
6.3.2	Validierungsergebnisse Mais	103
6.3.3	Ergebnisse Anbauvarianten Apfel – Erzeugerproben (Elstar)	106
6.3.4	Ergebnisse Anbauvarianten Apfel – FiBL (Golden Delicious)	110
6.3.5	Ergebnisse Anbauvarianten Mais (DOK)	114
6.3.6	Ergebnisse Anbauvarianten Möhren – Erzeugerproben	117
6.3.7	Ergebnisse Anbauvarianten Möhren – Universität Kassel	120
6.3.8	Ergebnisse Anbauvarianten Weizen (DOK)	124
6.3.9	Ergebnisse Anbauvarianten Weizen – Erzeugerproben	130
6.4	Zusammenfassung und Konsequenzen der Ergebnisse	133
6.4.1	Zusammenfassung der PAS - Ergebnisse	133
6.4.2	Zusammenfassung der FAS - Ergebnisse	134
6.4.3	Konsequenzen aus beiden Untersuchungsarten	135
7	Methodeninterne Korrelationen (J. Strube, P. Stolz)	141
7.1	Korrelationen innerhalb der Methode PAS	141
7.1.1	Apfel Erzeuger	142
7.1.2	Apfel FiBL (Golden Delicious)	142
7.1.3	Mais	143
7.1.4	Möhren von Erzeugern	144
7.1.5	Möhren Uni Kassel (Düngungsstufen)	145
7.1.6	Weizen Erzeuger	146
7.1.7	Weizen FiBL (DOK)	147
7.2	Korrelationen innerhalb der Methode FAS	148
8	Korrelationen zu weiteren Untersuchungen (J. Strube, P. Stolz)	150

8.1	Korrelationen der PAS zu Ergebnissen weiterer Untersuchungsarten ..	150
8.1.1	Apfel Erzeuger	150
8.1.2	Apfel FiBL (Golden Delicious)	151
8.1.3	Mais	152
8.1.4	Möhre Erzeuger	152
8.1.5	Möhre Uni Kassel (Düngungsstufen)	153
8.1.6	Weizen Erzeuger	153
8.1.7	Weizen FiBL (DOK)	153
8.1.8	Kommentar zu Korrelationen PAS mit anderen Methoden	154
8.2	Korrelationen der FAS zu Ergebnissen weiterer Untersuchungsarten ..	156
8.2.1	Äpfel (Erzeugerproben und FiBL)	156
8.2.2	Mais	161
8.2.3	Möhren	162
8.2.4	Weizen	163
8.2.5	Weizen-DOK	163
8.2.6	Zusammenfassung zur Korrelationsuntersuchung FAS	164
8.2.7	Auswertung mittels CART-Tree	165
9	Zusammenfassung (J. Strube, P. Stolz)	168
9.1	PAS	168
9.2	FAS	170
10	Literaturverzeichnis	172

1 Aufgaben und Ziele des Projektes (J. Strube, P. Stolz)

Das Gesamtprojekt 02OE170F ist in zwei Projekte mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten und mit jeweils eigenem Projektbericht gegliedert. Gemeinsame Teile sind in beiden Berichten enthalten.

Ziel des vorliegenden Projektes war die Klärung der Frage, ob sich pflanzliche Lebensmittel aus konventionellem und ökologischem Anbau mit zwei ausgewählten Untersuchungsverfahren unterscheiden lassen und das Anbauverfahren durch Untersuchungen am Produkt bestimmt werden kann. Als Untersuchungsverfahren wurden die Bewertung des physiologischen Aminosäuren-Status auf Basis ausgewählter Analysendaten und die Bewertung von optischen Probandaten auf Basis der Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie eingesetzt.

Die Aufgabe wurde bearbeitet durch Untersuchungen von ausgewählten Produkten (Äpfel, Weizen, Möhren, Mais). Das Probenmaterial war im gesamten Projekt einheitlich. Die Proben für die Untersuchung kamen zum einen aus definierten wissenschaftlichen Anbauversuchen, zum anderen handelte es sich um Erzeugerproben ausgesuchter ökologisch und konventionell arbeitender Anbaubetriebe.

Die beiden hier eingesetzten Untersuchungsverfahren waren zuvor für diesen Anwendungszweck erprobt und validiert worden. Als Erweiterung zu der im Projekt 02OE170 erfolgten Validierung wurden in diesem Folgeprojekt vier Produkte untersucht, sowie die Untersuchung auf mehrere Sorten, Standorte und Jahrgänge ausgeweitet. Mit dieser Ausweitung erfolgte ein Schritt von der Untersuchung von Proben aus wissenschaftlichen Anbauversuchen hin zu Bedingungen, wie sie in der landbaulichen Praxis vorliegen.

Für die hier untersuchten Methoden war zu prüfen, a) ob diese anhand des Probenmaterials zwischen den Anbauvarianten unterscheiden können und b) ob sie unbekannte kodierte Proben einem Anbauverfahren korrekt zuordnen können.

Als Besonderheit sollte innerhalb des Gesamtprojektes die Prüfung erfolgen, c) ob die Methoden voneinander unabhängige Ergebnisse liefern oder in welchem Ausmaß Zusammenhänge zwischen den Methoden bestehen. Und schließlich war zu prüfen, d) ob sich durch die Kombination verschiedener Methoden das Unterscheidungsvermögen oder die Aussagesicherheit erhöhen lassen.

Die Arbeitsfragen c und d wurden übergreifend von beiden Projekten und weiteren assoziierten Projektpartnern bearbeitet. Ermöglicht wurde dies u.a. durch gleichartiges Probenmaterial, das allen Projektpartnern zur Verfügung stand und das aus einem Gesamtpool nahezu zeitgleich an die Beteiligten verteilt wurde. Untersuchungen an gleichartigen Probenmaterial ließen außerdem die Zusammenführung der in den verschiedenen Arbeitsgruppen gemessenen Daten sinnvoll erscheinen. Die Aufgabe der Zusammenführung sowie der statistischen Aufbereitung und Weiterverarbeitung (Korrelationsberechnungen und rekursive Partitionierungen) wurde von Arbeitsgruppe Busscher/Kahl übernommen. Auch von den hier eingesetzten Untersuchungsmethoden wurden die erforderlichen Daten in ein vereinbartes Datenformat konvertiert und zur Verfügung gestellt.

Dieser Bericht enthält sowohl die Beschreibung des speziellen Projektsegments wie auch die übergreifenden Beschreibungen. Damit wird eine selbständige Lesbarkeit, ohne zwingenden Rückgriff auf andere Teile angestrebt. Gleichwohl wird empfohlen, den Bericht der Arbeitsgruppe um J. Kahl und N. Busscher (Universität Kassel) für eine vollständige Übersicht heranzuziehen.

2 Ziele und Aufgabenstellung Gesamtprojekt (J. Kahl)

2.1 Gesamtziel

Das Ziel des Projektes ist es, anhand von ausgewählten ökologischen Produkten, zum einen aus definierten Langzeitversuchen (wie dem DOK-Versuch am FIBL/CH, Mäder et al. 2002), zum anderen an Erzeugerproben ausgesuchter ökologisch und konventionell arbeitenden Anbaubetriebe, eine vergleichende Bewertung von pflanzlichen Rohstoffen aus konventionellem und ökologischem Anbau vorzunehmen.

Dafür soll die Gültigkeit der im Projekt 02OE170 validierten Methoden zur Unterscheidung ökologischer von konventionellen Lebensmitteln auf weitere Produkte sowie Sorten-, Standort- und Jahrgangsvariationen ausgeweitet werden. Damit wird ein weiterer Schritt in Richtung Untersuchung von Proben aus wissenschaftlichen Anbauversuchen hin zu praxisnahen Bedingungen (Ermittlung des Status zur Praxistauglichkeit der Methoden) gemacht.

Dies soll an vier Produkten beispielhaft durchgeführt werden, mit dem Ziel, später einzelne Methoden im Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) zu verankern. Die Ergebnisse der Forschung sollen auf einer Tagung mit Vertretern aus Verbraucher- und Anbauverbänden, Verarbeitungsunternehmen, dem Handel und der Politik diskutiert werden.

2.2 Wissenschaftliche Arbeitsziele des Vorhabens

Es sollen eine Reihe von ausgewählten validierten Methoden an definierten Proben aus Feldversuchen und von Erzeugerproben zur Bestimmung der Produktqualität eingesetzt werden (Fortführung des Projektes 02OE170).

Folgende Methoden sollen an Vergleichsmessungen mit codierten Proben teilnehmen:

- Biokristallisation
- Fluoreszenz-Anregungsspektroskopie
- Physiologischer Aminosäurenstatus
- Sensorische Untersuchungen
- sekundäre Pflanzenstoffe

Die Arbeitsziele untergliedern sich wie folgt:

- Für jede Methode wird das Trennungsvermögen zwischen Produkten aus ökologischem und konventionellem Anbau einzeln geprüft.
- Im nächsten Schritt wird untersucht, in wie weit die einzelnen Methoden voneinander unabhängige Ergebnisse liefern.
- Abschließend wird untersucht, ob sich durch eine Verknüpfung der Methoden das Unterscheidungsvermögen zwischen den Proben verbessern lässt.
- Die Ergebnisse des Projektes werden zur Praxis rückgekoppelt (Wissenschaftstagung, sowie Vorstellung der Ergebnisse auf praxisnahen Verbandstagen, Biofach).

2.3 Proben

Die Proben werden zu zwei aufeinander folgenden Ernten gemessen. Dies gilt sowohl für die Proben aus den definierten Anbauversuchen als auch für die Erzeugerproben. Vermessen werden vier pflanzliche landwirtschaftliche Produkte:

Weizen, Möhre, Mais, Apfel,

die aus Anbauversuchen (Langzeitstudien) stammen. Der Weizen und der Mais kommen aus dem DOK-Versuch des FIBL mit Anbausystemunterschieden. Die Apfelproben stammen von einem 1997 gepflanzten und 1999 angelegten Pflanzenernährungsversuch (KOB) auf einem Bioobstbetrieb in der Schweiz. Verglichen werden können damit Produkte aus integrierter Produktion (optimaler konv. Anbau nach Schweizer Gesetzgebung) mit Produkten aus ökologischer Produkti-

on. Die Möhrenproben kommen aus einem Anbauversuch der Universität Kassel, FG Ökologischer Landbau auf der Domäne Frankenhausen. Basierend auf den Erfahrungen im Projekt 02OE170 (hier konnten die Methoden sowohl Sorten- als auch Düngungsstufen unterschieden) werden je eine Sorte aus dem ökologischen und konventionellen Anbau in verschiedenen Düngungsstufen angebaut (cross-over-Test).

Zusätzlich werden Proben direkt vom Erzeuger am Markt aus einer Auswahl von 30 Paaren von verschiedenen ökologisch und konventionell arbeitenden Betrieben gezogen. Für jedes Produkt werden 4-6 Betriebe je Anbausystem ausgewählt, wobei jeweils zwei Sorten auf je drei Standorten verglichen werden.

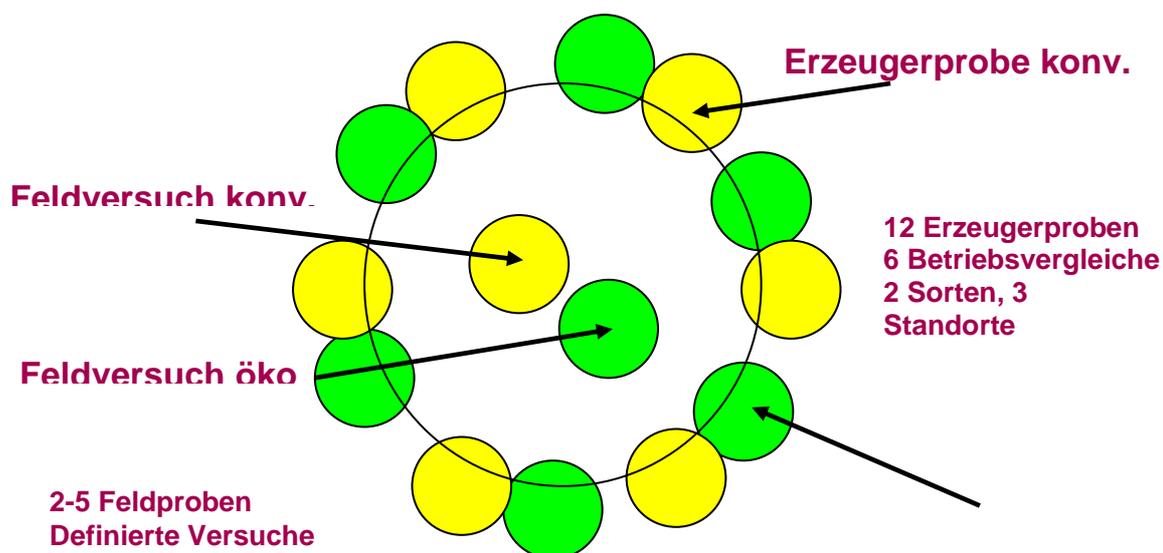


Abb. 1: Probenauswahl für das Projekt.

Tab. 1: Übersicht über die im Projekt bereitgestellten Proben 2004 und 2005

Probenart	Erzeuger (Betriebe)	Feldversuche	Anzahl der Proben
Apfel	18	-	18
Mais	-	5	5
Möhre	10	4	14
Weizen	12	5 (4 Feldwiederholungen)	17

Die Proben für Mais und Weizen aus den Feldversuchen werden als DOK bezeichnet, weil sie vom sog. DOK-Versuch am FiBL bzw. FAL in der Schweiz kommen. Die Proben für Möhren aus dem Feldversuch werden als UniK abgekürzt, weil sie aus einem Versuch an der Universität Kassel kommen. Bei den Apfelproben kommen 4 Betriebspaare aus Deutschland (Erzeugerproben) und 5 Betriebspaare aus einem definierten Versuch in der Schweiz, betreut durch das FiBL, daher FiBL-Proben (näheres s. Kapitel 3).

2.4 Nachweismethoden

Die Proben werden gleichzeitig mittels mehrerer ausgewählter Methoden gemessen. Dazu gehören vor allem die ganzheitlichen und analytischen Methoden, die bereits im BÖL-Projekt Nr. 02OE170 für eine Fragestellung validiert wurden. Ergänzt werden diese Methoden um die sensorische Prüfung der Lebensmittelproben.

Die Methoden der Fluoreszenz-Anregungsspektroskopie, der Biokristallisation und des physiologischer Aminosäurestatus werden zunächst für die neuen Produkte (Äpfel, Mais) validiert. Anschließend werden die Proben vermessen und die Ergebnisse sowohl zur Decodierung als auch für die Korrelation zur Verfügung gestellt. Dies wird sowohl in Proben aus 2004 als auch 2005 durchgeführt.

Für die Klasse der sekundären Pflanzenstoffe werden die Apfelproben auf den Polyphenolgehalt untersucht. Für die Weizen-, Mais- und Möhrenproben werden verschiedene Polyphenole und Carotinoide bestimmt. Für die sensorischen Prüfung der Proben wird ein Panel nach DIN 10961 (allgemeine Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen) trainiert und für die deskriptive Analyse der Produktgruppen eingesetzt.

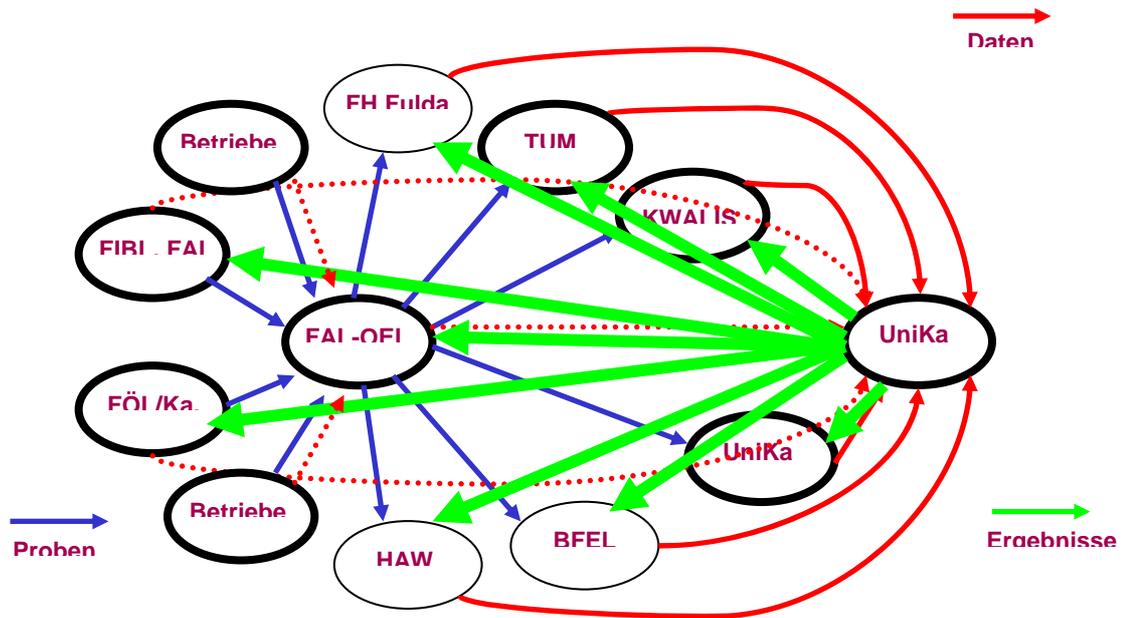
Sowohl die Proben der definierten Feldversuche als auch die Erzeugerproben werden mit weiteren Methoden vermessen, die von den jeweils verantwortlichen Institutionen außerhalb dieses Projektes durchgeführt und finanziert werden (z.B. 1000-Korngewicht, Zuckerbestimmung, Aschegehalt, Mineralstoffe etc.). Diese

Messungen werden, soweit möglich, mit den Vergleichsmessungen aus diesem Projekt sowohl terminlich als auch inhaltlich abgestimmt, so dass die Ergebnisse für dieses Projekt genutzt werden können (u.a. für die Interpretation der Ergebnisse sowie ggf. Korrelationen).

2.5 Statistik

Zunächst werden die Anforderungen für die statistische Korrelation mit den Projektpartnern (Methoden) definiert. Daraus wird ein geeignetes Verfahren ausgewählt. Zum Testen des Datentransfers werden alle Projektpartner Testdaten vor Beginn der Vergleichsmessung liefern. Alle Projektpartner werden die Ergebnisse der Vergleichsmessungen innerhalb eines Monats nach Decodierung dem Koordinator für die Statistik Dr. Busscher übermitteln. Dieser wird in Zusammenarbeit mit der Statcon Consult (Dipl.-Sozialwirt B. Schäfer) die Daten für Korrelationen statistisch auswerten. Das Ergebnis wird durch die Wiederholung in 2005 überprüft. Es wird in drei Stufen für jedes Produkt extra vorgegangen:

- Ermittlung des Trennungsvermögen jeder einzelnen Methode (wird von jedem Partner selbst durchgeführt und anschliessend überprüft),
- Test auf Abhängigkeit/Unabhängigkeit der Aussage der Methoden,
- Test welche Methodenkombination das Trennvermögen verbessert.



•
Abb. 2: Projektstruktur Proben, Ergebnisse und Daten unter Einbeziehung der weiteren Projekte im BÖL.

3 Projekttablauf (J. Kahl)

3.1 Vernetzung mit anderen Projekten innerhalb des Bundesprogramms Ökolandbau

Es wurden drei weitere Projekte im Bundesprogramm Ökolandbau mit diesem Projekt vernetzt (03OE191, 03OE208, 04OE027) hinsichtlich Probenlieferung und Korrelation der Ergebnisse. Die Projekte wurden erfolgreich mit dem Projekt der Universität Kassel verbunden und haben entsprechend ihren Vorgaben Anbauproben erhalten. Soweit die Methoden bereits für die Vorgaben der Vergleichsmessungen entwickelt werden konnten, nahmen sie auch an den Vergleichsmessung mit codierten Proben und der statistischen Korrelation teil. Die Ergebnisse der statistischen Korrelation dieser Partner werden in dem vorliegenden Abschlußbericht dokumentiert.

Einem weiteren Projekt wurden Proben zur Verfügung gestellt (03OE249).

3.2 Koordination

Die **Gesamtkoordination** des Projektes lag bei der Universität Kassel, Fachgebiet Ökologische Lebensmittelqualität und Ernährungskultur (Dr. Johannes Kahl). Dazu gehörte die Beauftragung der Unterauftragnehmer, die Begleitung der Projektpartner inklusive Terminverfolgung, die Koordination der Vergleichsmessungen und der Arbeitstreffen, sowie die Zusammenstellung bzw. die Abstimmung des Abschlussberichtes. Die **Koordination der statistischen Datenbearbeitung** lag bei Dr. Nicolaas Busscher vom Fachgebiet Ökologische Lebensmittelqualität und Ernährungskultur der Universität Kassel.

3.3 Projekttablauf

Der Projekttablauf wird durch folgende Meilensteine gegliedert:

Meilenstein 1 (Juni 2004)

Folgende Ziele wurden mit Meilenstein 1 erreicht:

- Termine festgelegt
- Verträge abgeschlossen
- Format Daten und Daten für Statistik definiert
- Betriebe ausgewählt
- Format und Inhalt der Bericht definiert
- Probenumfang und -termine abgestimmt
- kick-off-meeting durchgeführt

Meilenstein 2 (Oktober 2004)

Folgendes Ziel wurde mit Meilenstein 2 erreicht:

- Methoden für neue Produkte und Fragestellungen validiert

Meilenstein 3 (März 2005)

Folgende Ziele wurden mit Meilenstein 3 erreicht:

- Proben vermessen
- Ergebnisse ausgewertet

Meilenstein 4 (September 2005)

Folgende Ziele wurden mit Meilenstein 4 erreicht:

- Methoden korreliert
- Interpretation der Ergebnisse dokumentiert

Meilenstein 5 (März 2006)

Folgende Ziele wurden mit Meilenstein 5 erreicht:

- Proben vermessen
- Ergebnisse ausgewertet

- Korrelation geprüft
- Format Bericht festgelegt

Meilenstein 6 (Juni 2006)

Folgende Ziele wurden mit Meilenstein 6 erreicht:

- Tagung vorbereitet
- Teilberichte abgestimmt

Meilenstein 7 (September 2006)

Folgende Ziele wurden mit Meilenstein 7 erreicht:

- Tagung durchgeführt
- Bericht abgeschlossen

3.4 Arbeitstreffen

In regelmäßigen Arbeitstreffen aller Projektpartner konnten die Ergebnisse von den Projektbeteiligten diskutiert und Vorschläge für Methodenverbesserungen und der Korrelation der Ergebnisse, sowie zur Interpretation der Ergebnisse erarbeitet werden. Es wurden insgesamt 8 Arbeitstreffen an der Universität Kassel durchgeführt. Alle Ergebnisse wurden mit Aufgabenplan und Entscheidungsliste protokolliert, die Beiträge dokumentiert und allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Folgende Treffen wurden durchgeführt:

Treffen	Datum	Inhalte
1	06.2004	Meilensteine abstimmen, Berichte dazu definieren Termine, Treffen und Proben festlegen Probenumfang festlegen Vorgaben Validierung festlegen Vorgaben für die Statistik definieren

2	06.2004	Format der Daten und Daten für Statistik festlegen Format für Dokumentation und Bericht festlegen Tagung abstimmen (Inhalte, Termine) Liefertermine Proben detaillieren (Tage)
3	12.2004	Methodenvalidierung diskutieren
4	02.2005	Probenorganisation festlegen, Standardarbeitsanweisungen erarbeiten
5	06.2005	Korrelation vorstellen und diskutieren
6	09.2005	Ergebnisse der Messungen vorstellen Probentermine detaillieren
7	11.2005	Ergebnisse Korrelation vorstellen
8	05.2006	Format Bericht festlegen Interpretation der Ergebnisse Tagung vorbereiten

3.5 Abschlusskonferenz

Die Durchführung der Abschlussveranstaltung wurde am 14./15.09.2006 in Karlsruhe als europäische Konferenz durchgeführt. Die Beiträge werden in entsprechenden Fachjournalen veröffentlicht.

3.6 Berichte

Folgende Berichte wurden verfasst und an den Auftraggeber verschickt:

- Sachstandsbericht zum Meilenstein 2
- Zwischenbericht zum Meilenstein 4
- Decodierung Proben
 - 2005 zum Meilenstein 3
 - 2006 zum Meilenstein 5

4 Proben und Probenorganisation (G. Rahmann)

4.1 Aufgabenstellung

Ziel des Arbeitsbereiches Probenorganisation im Projekt 02OE170/F ist die Beschaffung von vier Lebensmittelproben (Weizen, Möhren, Äpfel, Mais) in mehr als zwei unterschiedlichen Qualitäten (Anbausystem, Sorte, Düngung). Es handelt sich dabei einerseits um Erzeugerproben von zufällig ausgewählten landwirtschaftlichen Betrieben bzw. Obstbaubetrieben, sowie andererseits um Proben aus definierten Anbauversuchen.

Als Nachfolge von Frau Lippelt, die die Probenorganisation 2004 bearbeitet hatte, sollten von Frau Ludwig und Frau Köhler die bereits aus dem Vorjahr vorhandenen Betriebe kontaktiert und um weitere Probenlieferungen gebeten werden. Soweit möglich waren Wiederholungen zum Vorjahr anzustreben. Falls dies wegen Sortenwechsels nicht möglich war, mussten Ersatzbetriebe gesucht werden. Mit den Betrieben waren Absprachen hinsichtlich Qualitäten, Menge, Kosten und Probenahmen zu treffen.

Anschließend war die statistische Probenahme und die Abholung in Absprache mit den Probenlieferanten zu organisieren, sowie die weitere Aufarbeitung der Proben. Diese bestand zum einen in der Trocknung, Reinigung und Lagerung der Weizen- und Maisproben, zum Anderen in der sachgerechten Lagerung und Qualitätskontrolle bei Möhren. Die Lagerung der Äpfel wurde durch die Probenlieferanten gewährleistet.

Zu den bereits durch die Projektpartner abgestimmten Lieferterminen war die Teilung, Codierung, Verpackung und Lieferung der Proben durchzuführen. Die Proben waren als Blindproben gemäß den allgemeinen für Vergleichs- und Ringversuche geltenden Richtlinien zu behandeln und zu versenden. Soweit vorhanden wurde aus diesem Grund nach Arbeitsanweisungen vorgegangen, gege-

benenfalls diese durch Frau Ludwig und Frau Köhler gemäß den vorhandenen Möglichkeiten abgeändert oder neue Anweisungen erstellt.

Darüber hinaus mussten die Decodierungen zu den vereinbarten Terminen sichergestellt werden.

Zur Vermeidung von Fehlern und Missverständnissen war regelmäßiger Kontakt zur Projektleitung bzw. den Projektpartnern zu halten, sowie an den Projekttreffen in Witzenhausen teilzunehmen.

Sämtliche Maßnahmen, Tätigkeiten und Kommunikationen im Zusammenhang mit der Probenorganisation und -bearbeitung waren umfassend zu dokumentieren.

Zum Abschluss der Probenorganisation war ein Bericht zu erstellen.

4.2 Kontaktpflege mit Landwirten

Zur Beschaffung der Proben war es zunächst erforderlich, alle durch Frau Lippelt in 2004 als Lieferanten gewonnenen Landwirte zu kontaktieren.

Alle Lieferanten von Proben aus den Jahren 2004 und 2005 wurden im Juli 2005 zum Zweck der Datenaufnahme besucht. Dabei wurden alle Anbauinformationen für beide Jahre erhoben, soweit zu dem Zeitpunkt möglich. Die restlichen Daten konnten später telefonisch abgefragt werden. Diese Besuche erwiesen sich als sinnvoll und notwendig, damit einerseits die Daten gesichert waren (Fragebögen kamen so gut wie nie per Post zurück) und die Probenahme besprochen werden konnte, andererseits war der persönliche Kontakt hilfreich bei der Schaffung von Verständnis für das Projekt. Bei diesem Anlass wurde auch der im Juli erschiene Zwischenbericht den Praxispartnern als Information übergeben, sowie ein Anschreiben zur Erklärung des Projektes.

Es stellte sich heraus, dass bei den Weizenlieferanten durch den Wegfall der Sorte Asketis sowie durch weiteren Sortenwechsel bei anderen Betrieben ein hoher Bedarf an neu zu findenden Lieferanten bestand. Dies erwies sich zum Teil als schwierig, da die Regionen ökologisch angebauter Weizensorten oft nicht kompa-

tibel sind mit Regionen, in denen dieselben Sorten konventionell angebaut werden. Dadurch ergab sich zum Teil ein größerer Abstand der Betriebe eines Betriebspaares. Darüber hinaus wurde bei Proben, die in 2004 vom Landhandel genommen wurden, in 2005 versucht, direkten Kontakt zu den anliefernden Betrieben zu bekommen, auch hieraus ergab sich dann ein größerer Abstand zwischen Betrieben eines Betriebspaares.

Aufgrund des Sortenwechsels wurden zunächst die Sorten *Capo*, *Bussard*, *Ludwig*, *Akteur*, *Dekan*, und *Skater* aus den Betrieben geholt, wobei *Ludwig* und *Akteur* dann der Projektleitung als Ersatz für *Asketis* vorgeschlagen wurden. Nach Entscheidung der Projektleitung wurden *Capo*, *Bussard* und *Ludwig* in die Analysen gegeben (s. Tab. 2).

Die Situation bei den Möhrenlieferanten stellte sich als wesentlich stabiler dar, hier gab es nur einen Sortenwechsel innerhalb des beprobten Sortenspektrums, dieser konnte durch die Neuordnung innerhalb der bekannten Lieferanten ausgeglichen werden. Bei zwei Betriebspaaren aus 2004 konnte keine eindeutige Zuordnung rekonstruiert werden, diese wurde daher durch Frau Ludwig und Frau Köhler in 2005 neu getroffen (s. Tab. 3).

Bei den Apfelproben wurde der Kontakt zu den Obstbauern wie in 2004 über den Öko-Obstbau Norddeutschland, Versuchs- und Beratungsring e.V. (ÖON) hergestellt. In Nachfolge von Herrn Klopp war diesmal Herr Heyne zuständig. Ein direkter Kontakt zu den Obstbauern für die Datenaufnahme und Probenziehung war seitens des ÖON nicht erwünscht, es wurden nur codierte Informationen über Herrn Heyne freigegeben. Alle Telefonate und Gespräche im Zusammenhang mit der Probenorganisation wurden dokumentiert.

Tab. 2: Betriebspaare und Sorten bei Winterweizen 2004 und 2005

	Betrieb ökologisch	Betrieb konventionell	Betrieb konventionell
Adresse	16278 Gut Wilmersdorf	16278 Steinhöfel, Ückermark	
Distanz	500 m		
Sorte 2004	Capo	Capo	
Sorte 2005	Capo	Capo	
Adresse	97729 Ramsthal	97508 Gutshof Grettstadt	97490 Poppenhausen
Distanz	Ramsth. – Grettst.: 31 km; Ramsth. – Popp.: 12 km		
Sorte 2004	Capo	nicht in 2004	Capo
Sorte 2005	Capo	Capo	nicht in 2005
Adresse	79802 Dettighofen	78037 Bad Dürkheim	78359 Orsingen-Nenzingen
Distanz	Dett. – B.Dürk.: 58 km; Dett. – Or. Nen.: 55 km		
Sorte 2004	Capo	nicht in 2004	Capo
Sorte 2005	Capo	Capo	nicht in 2005
Adresse	1) Reußenköge 2) 25779 Schlichting	ATR-Landhandel 25795 Weddingstedt *	24649 Wiemersdorf
Distanz	Schl. – Wie. 98 km		
Sorte 2004	1) Bussard 2) nicht in 2004	Bussard	nicht in 2004
Sorte 2005	2) Bussard 1) nicht in 2004	nicht in 2005	Bussard
Adresse	31191 Algermissen	30962 Döteberg *	31180 Ahrbergen
Distanz	Alg. – Ahr. 13 km		
Sorte 2004	Asketis	nicht in 2004	nicht in 2004
Sorte 2005	Ludwig, Akteur	Akteur	Ludwig
Adresse	19412 Langen Jarchow	17089 Siedenbollentin	
Distanz	181 km		
Sorte 2004	nicht in 2004	nicht in 2004	
Sorte 2005	Ludwig	Ludwig	
Adresse	Gut Conow 17258 Fürstenhagen *	Gut Conow 17258 Fürstenhagen*	Schwinkendorf*
Distanz	nicht in den Analysen vertreten		
Sorte 2004	nicht in 2004	nicht in 2004	nicht in 2004
Sorte 2005	Akteur	Akteur	Akteur
Adresse	FAL-OEL 23847 Trenthorst*	23847 Trenthorst*	22946 Grande
Distanz	Tr. – Gr.: 41 km		
Sorte 2004	Asketis	nicht in 2004	Asketis
Sorten 2005	Dekan, Skater	Dekan, Skater	nicht in 2005
Adresse	FAL-OEL 23847 Trenthorst *	23847 Trenthorst *	
Distanz	nicht in den Analysen vertreten		
Sorte 2004	nicht in 2004	nicht in 2004	
Sorte 2005	Skater	Skater	

* die kursiv gedruckten Proben gingen 2005 nicht in die Analysen ein

Tab. 3: Betriebspaare und Sorten bei Möhren 2004 und 2005

	Betrieb ökologisch	Betrieb konventionell
Adresse	D. S. Hedwigenkoog	E. W. Hedwigenkoog
Sorte 2004	Nerac	Nerac
Sorte 2005	Nerac	Nerac
Distanz	3 km	
Adresse	D.S. Hedwigenkoog	E.W. Hedwigenkoog
Sorte 2004	Narbonne	Narbonne
Sorte 2005	Narbonne	Narbonne
Distanz	3 km	
Adresse	P.-H. D. Friedrichsgabekoog	T. K. Kronprinzenkoog *
Sorte 2004	Nerac	Nerac
Sorte 2005	Nerac	Nerac
Distanz	33 km	
Adresse	O.L. Westerdeichstrich	S. S. Kronprinzenkoog *
Sorte 2004	Nerac	Nerac
Sorte 2005	Nerac	Nerac
Sistanz	40 km	
Adresse	R. K. Friedrichsgabekoog	V. W. Friedrichskoog
Sorte 2004	Narbonne	Narbonne
Sorte 2005	Nerac	Nerac
Distanz	34 km	

* Die Zuordnung der beiden Betriebe in Kronprinzenkoog konnte für 2004 nicht mehr nachvollzogen werden und wurde daher in 2005 neu getroffen.

4.3 Probenahme, Aufbereitung und Lagerung

Bei allen Aktivitäten hinsichtlich der Probenorganisation wurde, soweit vorhanden, nach Arbeitsanweisungen des Auftraggebers gearbeitet, um die Vergleichbarkeit der Proben in hohem Maße zu gewährleisten. Alle Aktivitäten wurden protokolliert. Die Vorgehensweisen für Weizen- und Möhrenproben gehen aus Tab. 4 und Tab. 5 hervor.

Tab. 4: Probenahmeverfahren Weizen 2005

Arbeitsschritt	DOK	Erzeuger	Begleitende Protokolle
Probenmenge	5 Anbauvarianten 4 Wdh., je ca. 10 kg	6 Paare ökologisch / konventionell. 20 - 30 kg	Kommunikation mit Lieferanten Betriebspaare Weizen 2005
Repräsentative Probenziehung durch	FIBL	Landwirte, Fr Köhler und Fr Ludwig in den Betrieben	Probenlaufzettel 2005 Anweisung für Bodenprobe Dienstreiseprotokolle
Proben klar beschreiben	Durch FIBL	durch Fr Ludwig, Fr Köhler Datenerhebung, Fotos, Bodenprobe	Anbauinformation 2005
Abholung nach Trenthorst	01. Sep 05	in Absprache mit den Landwirten möglichst unmittelbar nach Ernte durch Fr Ludwig Fr Köhler	Kommunikation mit Lieferanten über Erntetermine
Prüfung der Lagerfähigkeit	durch FIBL	durch Fr Ludwig, Köhler Restfeuchte max 14 %, mittels Feuchtigkeitsmeßgerät (Pfeuffer)	Probenlaufzettel 2005 Reinigungsprotokoll
Trocknung und Reinigung	Verfahren BFEL durch FIBL	> 14 % auf Trockenwagen im Probenhaus getrocknet, alle Proben mittels Reinigungsmaschine gereinigt (Probenhaus Trenthorst)	Probenlaufzettel 2005 Protokoll Einstellung Reinigungsmaschine Reinigungsprotokoll
Zwischenlagerung in Trenthorst	aktuelle Raumtemp. im Probenhaus Trenth.	aktuelle Raumtemperatur im Probenhaus Trenthorst	
Probenaufteilung durch OEL	mittels Probenteiler lt Projektbeschreibung	mittels Probenteiler laut Projektbeschreibung	Teilungs- Versandprotokolle
Probenlaufzettel	entfällt	von Frau Ludwig und Frau Köhler ausgefüllt	Probenlaufzettel 2005
Rückstellproben	neutrale Glasbehälter TK Halle Lübeck	neutrale Glasbehälter TK Halle Lübeck	
Codierung Beschriftung Verpackung	durch Fr Ludwig/Köhler am 12.13. 09.2005	durch Frau Ludwig Köhler in Papiertüten, zugebunden mit Paketbändern am 12./13.09.2005	Teilungs- Versandprotokolle Dekodierungsliste
Versand durch FAL an Partner	lt. Teilungs- und Ver- sandprotokoll, Termine und Mengen	lt. Teilungs- und Versandprotokoll Termine und Mengen	Teilungs- Versandprotokolle

Tab. 5: Probenahmeverfahren Möhren 2005

Arbeitsschritt	UniK	Erzeuger	Begleitende Protokolle
Probenlieferanten	Fleck/Fragstein	Wie 2004, einmal Sortenwechsel	Kommunikation mit Lieferante
Probenmenge	2 Anbauvarianten, 2 Sorten, def. Versuche	5 Paare ökologisch/ konventionell 2 Sorten ; 1200- 1600 Stück	Erntetermine Betriebe 2005 Betriebspaare Möhren 2005 Probenlaufzettel 2005
Repräsentative Probenziehung durch	Herrn von Fragstein	Fr Köhler, Fr Ludwig, teilw. Hr Widrat ca. 14 Tage vor Ernte - 4 Einzelproben auf 5 qm direkt vom Feld - Datenerhebung, Fotos Bodenproben aus 30 cm Tiefe (Dossier Fleck / Kahl vom 01.05.05)	Probenlaufzettel 2005 Anbauinformation 2005 Anweisung für Bodenprobe Dienstreiseprotokolle
Proben klar beschreiben	Durch Fleck	durch Fr Ludwig, Fr Köhler	Beschriftung Möhrenprobenahme
Lagerung	keine Lagerung, gleich Probenaufteilung	Kühllager im Westhof bzw. Schoof Luftfeuchte 98 % Temperatur 0,5 - 4 °C	Probenlaufzettel 2005
Prüfung der Lagerfähigkeit	entfiel	durch Fr Ludwig, Köhler regelmäßig im Westhof	Probenlaufzettel 2005
Probenaufteilung durch OEL	lt Projektbeschreibung Protokoll Fleck Möhren Protokoll Mischung u Teil. 04.-05.10. 05	gemäß Projektbeschreibung, Protokoll Fleck Möhren Protokoll Mischung u Teil. am 14.-.16.10.05 im Westhof	Teilungs- und Versandprotokolle
Probenlaufzettel	erstellt von Ludwig, Köhler		
Codierung Beschriftung Verpackung	Fr Ludwig, Fr Köhler in PE Tüten zugedrahtet	Frau Ludwig Köhler in PE Tüten perforiert , etikettiert zugeschweißt	Teilungs-Versandprotokolle Etiketten
Versand durch FAL an Partner	lt Protokoll Probenmengen Versand Termine und Mengen	lt Protokoll Probenmengen Versand Termine und Mengen	Teilungs-Versandprotokolle Lieferscheine Dienstreiseprotokolle
Rückstellproben	entfällt	entfällt	

4.4 Erzeugerproben

Winterweizen

In Absprache mit den Landwirten wurden die Weizenproben 2004 entweder durch Frau Lippelt mit dem Probenahmestab aus dem Getreidesilo bzw. vom Anhänger gezogen oder die Landwirte zogen die Probe selbst. Die Lagerung der Proben erfolgte in Jutesäcken. Nach Abholung der Proben wurde der Feuchtegehalt bestimmt und gegebenenfalls Trocknungsmaßnahmen bis zur Lagerfähigkeit durchgeführt.

In 2005, während der Datenaufnahme für 2004 und 2005 bei den Weizenlieferanten, wurde gleichzeitig die Probenahme erörtert. Da es bei der Distanz der Betriebe nicht möglich war, jedes Mal genau zum Erntetermin anwesend zu sein, wurde die genaue Vorgehensweise abgestimmt. Folgende Arten der Probenziehung kamen zum Einsatz:

- Alle Landwirte wurden darauf hingewiesen, dass eine repräsentative Probe erforderlich ist. Es wurde vereinbart, dass während der Ernte mehrmals aus dem Erntegut eine Teilprobe abgefüllt und zu einer Gesamtprobe gemischt wird. Dabei sollte der Randbereich des Schlages ausgespart werden. Die Probe sollte sofort in einen von uns zur Verfügung gestellten Baumwollsack gegeben und bis zur Abholung trocken gelagert werden. Alle Landwirte versicherten glaubhaft, sich daran halten zu wollen, einige Landwirte hatten auch bereits Erfahrungen mit repräsentativer Probenziehung.
- Bei Probenziehungen, die durch Frau Köhler und Frau Ludwig aus Bodenlagern vorgenommen wurden, wurde aus der vorhandenen Weizenmenge an vielen Stellen Saatgut entnommen, auch aus tieferen Regionen der Haufen. Dies geschah oberflächlich mit Schaufel oder Eimer, in der Tiefe mit einem Kunststoffrohr (Durchmesser 4 cm aus dem Baumarkt).
- Bei Probenziehungen während des Reinigungsvorganges wurde mit einer kleinen Schaufel mehrmals über einen längeren Zeitraum Saatgut vom laufenden Fließband gezogen.

Nach erfolgter Ernte wurde der Weizen sobald wie möglich abgeholt. Beim Eintreffen in Trenthorst wurde zunächst der Feuchtegehalt der Probe ermittelt um bei Bedarf dann Trocknungsmaßnahmen vorzunehmen. Zur Trocknung stand ein Tro-

ckenwagen zur Verfügung, der aus einem Anhänger bestand, über den Luft aus einem Gebläse geschickt wurde. Während der Sommermonate wurde diese Luft nicht erwärmt. Alle zu trocknenden Proben wurden während der Trocknungsphase überprüft, um annähernd einen gleichen Feuchtegehalt zu erzielen. Ab einer Feuchte von unter 14% wurde die Probe, gemäß der Projektanweisung als lagerfähig anerkannt und im Trenthorster Probenhaus auf Holzpaletten bis zur weiteren Bearbeitung eingelagert. Das Probenhaus war ungeheizt, es gab keine kontrollierten Bedingungen, es war trocken und auch bei hohen Außentemperaturen herrschte der Eindruck von Kühle. Im selben Probenhaus wurde auch die Reinigung vorgenommen. Ausnahmslos alle Proben wurden gereinigt, unabhängig von den durch die Landwirte bereits durchgeführten Maßnahmen.

Nach jeder Probe wurden alle Bestandteile der Reinigungsmaschine mit Druckluft gereinigt, so dass eine Vermischung von Probenmaterial vermieden wurde. Die Proben wurden in wahlloser Reihenfolge gereinigt.

Einstellung der Reinigungsmaschine für die Proben 2005 (für 2004 liegen keine Angaben vor):

(Kennzeichnung: 387/15 bzw. 1191 OEL-Trenthorst, Standort Probenhaus, Lagerhalle)

Obersieb: Schlitz 4,0

Untersieb: Löcher 2,0

Trieur: 5,75

Trichteröffnung: 2

Wind 3,0 bis 3,2 (bei öko-Proben notwendig)

Nach der Reinigung verblieb der Weizen bis zur Teilung und Codierung in den Baumwollsäcken im Probenhaus.

Möhren

Im Jahr 2004 kamen folgende Probenziehungs-Verfahren zum Einsatz:

- Die Möhren wurden aus dem Kühllager entnommen, nach erfolgter Ernte durch den Landwirt. Dazu holten die Landwirte die Möhrenkisten (HxBxT 1m x 2m x 1m) eines

Schlages wieder aus dem Kühllager, Frau Lippelt sammelte aus den Kisten Möhren für eine Gesamtprobe zusammen.

- Einige Landwirte hatten die Proben bereits gezogen, diese wurden dann bis zur Abholung im Kühlhaus gelagert.
- Die restlichen Proben wurden direkt aus den Dämmen des Schlages geerntet.

Die Einlagerung erfolgte bei allen Proben in Jutesäcken.

Im Jahr 2005 waren die Möhrenlieferanten, die ebenfalls im Vorfeld zwecks Datenaufnahme besucht wurden, alle mit einer Probenziehung durch FAL-OEL vor dem eigentlichen Erntetermin einverstanden. Dieses Vorgehen stellte für sie eine Erleichterung dar, da nicht, wie in 2004, alle Möhrenkisten zur Probenziehung aus dem Kühllager geholt werden mussten.

Auch hier wurde, soweit vorhanden und soweit möglich, auf Grundlage der Anweisung „Organisation der Proben. Hier: Möhrenproben“ der Uni Kassel, 1.5.2005, Michael Fleck, Johannes Kahl vorgegangen um die Vergleichbarkeit der Proben zu gewährleisten. Abänderungen in der Vorgehensweise wurden auf alle Proben angewendet.

Folgende Aspekte kamen bei der Möhrenernte zum tragen:

- Der Erntezeitpunkt 14 Tage vor Erntetermin konnte nicht immer eingehalten werden. Dies lag an der späten Spritzung von Fungiziden bei den konventionellen Betrieben, die bei allen Betrieben im gleichen Abstand zum Erntetermin stattfanden. Nach Ablauf der Karenzzeit von 14 Tagen wollten die Landwirte in der Regel sofort ernten. Zur Probenahme blieb meist nur ein kurzer Zeitraum von 1-2 Tagen. Aufgrund des hohen Zeitaufwandes der Probenahme und der durch die Landwirte unterschiedlich geplanten Erntetermine konnten daher die Proben nicht paarweise, zeitgleich und damit je unter gleichen Bedingungen gezogen werden, sondern die Probenahmetermine mussten der Erntesituation der Landwirte angepasst werden.
- Aus diesem Grund konnten auch nicht immer die optimalen Wetterbedingungen eingehalten werden.
- Es wurde nur marktfähige Ware geerntet, d.h. die Rüben waren ganz gesund, fest, frei von Schäden, nicht holzig, nicht geschossen, nicht gabelförmig oder gespalten. Die Schädlingsfreiheit konnte nicht immer ganz ausgeschlossen werden, da einige Möhrenbestände sehr stark durch die Wurzellaus befallen waren. Diese Möhren wurden in der Regel ver-

- worfen, es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Rüben Kontakt damit hatten.
- Die angestrebte Einzelrübenmasse von 80 bis 150 g wurde zum Teil unter- bzw. überschritten weil einige Bestände eher kleine Möhren aufwiesen, andere dagegen sehr große, so dass ein Weglassen der unpassenden Möhren keine repräsentative Probe mehr dargestellt hätte.
 - Die Möhren wurden auf dem Feld an vier Probenahmestellen geerntet, und je nach Probenumfang in acht bis zwölf Kisten (Napf- Kisten, Größe 4, lebensmittelecht mit durchlöcherchten Seitenwänden) gelegt. Die Kisten einer Probenahmestelle wurden gleich markiert, so dass die Möglichkeit einer Zuordnung gegeben war. Die Einlagerung im Kühllager geschah in dieser Zusammensetzung.
 - Der geerntete Probenumfang betrug meist ca. die doppelte Menge der tatsächlich benötigten Anzahl an Rüben.
 - Es wurde eine Größe von 5 qm der zu erntenden Probestelle angestrebt, bei starkem Wurzellausfall musste die Fläche vergrößert werden bzw. auf eine andere Fläche in der Nachbarschaft ausgewichen werden. An sehr guten und sehr ergiebigen Standorten wurde die Fläche geringfügig kleiner, immer jedoch wurden vier nebeneinander liegende Dämme abgeerntet.
 - Bis auf zwei Ausnahmen wurden alle Proben mit einem Abstand von mindestens 20 m vom Feldrand geerntet, ebenso wurde nicht gleich neben Fahrspuren oder gestörten Flächen gezogen. War der Schlag selbst schmaler als 20 m, so wurden mindestens vier Reihen Rand stehen gelassen und nicht geerntet.
 - Zur Ernte wurde die Erde mit einer Grabegabel gelockert, die Möhren am Kraut herausgezogen, das Kraut abgedreht und die Möhre in die Kiste gelegt. Bei sehr feuchten Bedingungen wurde eine kurze Strecke Möhren gezogen, kurz zum Antrocknen liegen gelassen, dann eingelagert. Bei eher trockenen Standorten wurden sie gleich in die Kiste gelegt.
 - Zur Vermeidung von Druckstellen und Verletzungen wurden die Möhren parallel, in zwei bis drei Reihen in die Kisten geschichtet.
 - Je nach Wetterbedingungen wurde die Probe gegebenenfalls schon während der Ernte mit einer Rettungsfolie für Autoverbandskästen (Art.-Nr. 73610) gegen Sonne, Regen oder Austrocknung durch starken Wind geschützt. Bei starker Sonneneinstrahlung wurden alle Kisten auch während des Transportes im Fahrzeug mit Rettungsfolie und/oder Styroporplatten isoliert. Die Möhren hatten keinen direkten Kontakt mit der Folie.
 - Jede gezogene Probe wurde umgehend ins Kühllager Westhof /Friedrichsgabekoog gebracht, bei Arbeiten zu später Zeit oder am Wochenende mussten die Proben in einem anderen Lager (Hedwigenkoog) zwischengelagert werden, wurden aber sobald möglich ins Hauptlager gebracht. Das Lager Westhof machte einen sehr sauberen und gepflegten Eindruck, die Bedingungen im Ausweichlager waren vergleichbar mit den Bedingungen im

Lager Westhof, das Lager wirkte jedoch älter und der Boden war mit mehr Erde verschmutzt.

- Bei Einlagerung der ersten Probe wurde eine Beratung über Lagerung von Möhren eingeholt und die Probe durch Fachleute des Betriebes begutachtet. Auf Empfehlung hin wurde dann bei jeder Probe, die unter sehr trockeneren Bedingungen geerntet werden musste, eine Folie seitlich um den Kistenstapel gewickelt. Bei eher feuchten Erntebedingungen war dies nicht nötig. Es wäre hier eher schädlich gewesen, alle Proben gleich zu behandeln.

Anmerkung: Die Umwicklung ganzer Kisten mit Folie ist nur für einen kurzen Zeitraum empfehlenswert, besser ist, zusätzlich Erde auf die Möhren zu streuen.

- Lagerbedingungen: angestrebte 0,5°C bei 98 % Feuchte. Während der Erntezeit konnten jedoch Abweichungen nach oben durch Einlagerungsbetrieb vorkommen.
- Die eingelagerten Proben wurden öfters auf ihren Zustand hin kontrolliert.
- Alle Bedingungen während der Probenziehung wurden protokollarisch festgehalten.

Äpfel

Zu den Äpfel liefernden Betrieben gab es in 2004 und 2005 keinen direkten Kontakt, weil dies seitens der Obstbauern nicht erwünscht war. In 2004 wurden alle Maßnahmen zur Probenahme mit und durch Herrn Klopp von der ÖON organisiert.

In 2005 wurde der Kontakt durch Herrn Heyne von der ÖON hergestellt, der auch die Datenaufnahme für 2004 und 2005 in den Betrieben übernahm. Herr Heyne wurde vor der Ernte ebenfalls besucht und alle wichtigen Aspekte der Probenahme mit ihm besprochen.

Grundlage für die Probenziehung war 1. die von KWALIS erstellte und von Franco Weibel überarbeitete Vorschrift zur Probenahme von Äpfeln („Leitfaden Beprobung Äpfel / Vorbereitung für mikrobiologische Untersuchungen/ Edith Kieffer-Kern), sowie 2. die Anweisung von Franco Weibel (Coop/BLE_Qualitätsprojekt 03/04/05 Beprobungsvorschrift für Apfelproben), die in allen Punkten mit Herrn Heyne durchgegangen und im Einzelnen abgestimmt wurde. Änderungen wurden nur vorgenommen, wenn es aus arbeitstechnischer Sicht notwendig war.

Anmerkungen zu Arbeitsvorschrift 1 :

Zu 1) Äpfel lagerten in Kunststoffkisten auf Paletten

Zu 2) wird in der Praxis wie gefordert gehandhabt

Zu 3) Äpfel waren nicht in Plastiksäcken, sondern lose in den Kisten. Handdesinfektion ist nicht möglich, da nicht praxistauglich.

Zu 4) nicht möglich, daher nicht durchgeführt

Zu 5) nicht möglich, daher nicht durchgeführt

Zu 6) ganze Anlage ist möglich, repräsentative Bäume werden ausgesucht

Zu 7) Bodenproben wurden in 2004 nicht gezogen, nach Absprache aus Kostengründen auch nicht in 2005 (Bodenproben durch uns nicht möglich, daher wären weitere Kosten entstanden)

Zu 8) wird in Jork nicht gemacht, ist auch bei den Proben nicht gemacht worden

Zu 9) Einlagerung immer sofort, zunächst 5° - 7°C für eine Woche, dann Abkühlung auf 2°C, die Feuchte ist geregelt. Die Einlagerung der geernteten Proben erfolgte bei den Obstbaubetrieben auf Holzpaletten.

Zu 10) es ist nicht praxisüblich, Plastikfolien unter zu legen, wird daher nicht gemacht. Auch keine Zwischenlagen zwischen den Schichten. Einlagerung in 4 – 5 Schichten übereinander.

Zu 11) nicht üblich, daher nicht durchgeführt

Zu 12) nicht üblich, daher nicht durchgeführt

Anmerkungen zu Arbeitsvorschrift 2.:

Zu 1) Ist nicht möglich, es erfolgt eine Einweisung der erntenden Personen

Zu 2) Termin wird in Abstimmung mit Fachleuten aus dem Institut getroffen, daher meist optimaler Termin

Zu 3) Ist nicht möglich

Zu 4) ist gewährleistet durch die Betriebe, Bodenprobe wird nicht gezogen (siehe oben)

Zu 5) Kunststoffbeutel nicht möglich, daher nicht durchgeführt.

Zu 6) nicht möglich, daher nicht durchgeführt

Zu 7) wird routinemäßig auch so gehandhabt

Zu 8) Anweisung wird per Einweisung übermittelt und befolgt

Zu 9) nicht üblich, daher nicht durchgeführt (siehe oben)

Zu 10) ist praxisüblich (siehe oben)

Zu 11) Streifindex wird ermittelt.

Mais

Im Jahr 2004 wurden Maisproben in NRW und BW aus Bundessortenversuchen gezogen. Die Versuche wurden zu unterschiedlichen Terminen gepflügt, die Kolben in Jutesäcken gelagert. In Trenthorst wurden die Kolben bis zur Lagerfähigkeit getrocknet.

Anmerkung: Die Proben verdarben im Laufe der Lagerung, so dass darauf verzichtet wurde, sie zu analysieren.

Im Jahr 2005 wurden wegen der fehlenden Analyseergebnisse aus 2004 keine Erzeugerproben gezogen.

4.5 Definierte Proben

Weizen aus dem DOK-Versuch

Die Proben aus dem DOK-Versuch wurden im Abschlussbericht Projekt 02OE170 dokumentiert. Sie stammen aus dem seit 1977 laufenden DOK-Versuch in Therwil/Schweiz. Dieser Langzeit-Versuchsanbau wurde 1977 vom Forschungsinstitut für Biologischen Landbau in der Schweiz (FiBL) begonnen und wird heute zusammen mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) betreut (Mäder et al. 1993, Mäder et al. 2002). Der DOK-Versuch umfasst insgesamt fünf verschiedene Anbauvarianten mit vierfacher Feldwiederholung. Die Verfahrensunterschiede liegen in der Düngung und im Pflanzenschutz, nicht in der Fruchtfolge und der Bodenbearbeitung. Insgesamt gibt es 96 Parzellen mit einer Größe von jeweils 100 m². Die Anbauvarianten integriert (IP), organisch-biologisch und biologisch-dynamisch werden im DOK-Versuch in zwei

Intensitätsstufen der Düngung unterschieden, wobei für diese Untersuchungen nur die praxisüblichen Düngungsvarianten mit 1,4 DGVE/ha für die biologisch-dynamische (Probe wird im Folgenden mit D2 bezeichnet) bzw. der organisch-biologischen (Probe wird im Folgenden mit O2 bezeichnet) sowie 1,0 Norm-Mistdüngung der integrierten Produktion (Probe wird im Folgenden mit K2 bezeichnet) und der Mineraldüngung (Probe wird im Folgenden mit M bezeichnet) und schließlich der ungedüngten Kontrolle (Probe wird im Folgenden mit N bezeichnet) verwendet.

Für die Periode 1999-2005 wurden die Kulturarten Kartoffeln (Sorte Desiree), Winterweizen (1999 und 2002: Sorte Tamaro; 2003: Sorte Titlis) mit Untersaat, Sojabohnen (Sorte Maple Arrow), Mais (Sorte Magister), Winterweizen ohne Untersaat und zweimal Klee gras (Standardmischung 330) verwendet. Die Proben für die Untersuchungen stammen aus den Weizen-1-Anbaufeldern. Die 20 Weizenproben wurden in 2004, 2005 und 2006 nach erfolgter Ernte und Reinigung durch das Personal in Frick von Frau Lippelt in 2004 bzw. von Frau Ludwig und Herrn Widrat in 2005 und 2006 bei Herrn Dr. Mäder in Frick abgeholt.

Der Weizen war in Baumwollsäcken abgefüllt und lagerte bis zur weiteren Bearbeitung im Trenthorster Probenhaus, zusammen mit den Marktproben. Nach der Kontaktaufnahme und Terminabsprache mit Herrn Paul Mäder (FiBL) wurden die Weizenproben aus dem DOK-Versuch in der Schweiz am 05.12.2006 durch Frau Puknus und Herrn Widrat mit dem Wagen aus Frick abgeholt. Die Proben waren in je 2 Plastiksäcke zu Portionen à ca. 4,5 kg abgepackt worden (bei einer Variante konnte das gewünschte Gewicht nicht eingehalten werden, da nicht genügend Ausgangsmaterial zur Verfügung stand). Gelagert wurden die Proben im Trenthorster Probenschuppen.

Der DOK- Weizen wurde in Trenthorst nicht nochmals gereinigt, da dies bereits bei allen Proben geschehen war. Es wurde ein Übernahmeprotokoll erstellt.

Möhren aus einem Versuch an der Universität Kassel

Der Möhrenanbau fand auf Flächen des Lehr- und Versuchsbetriebes der Universität Kassel statt, der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen (51°25'N, 9°25'E). Bei den Böden handelt es sich um eine Parabraunerde mit Lößauflage.

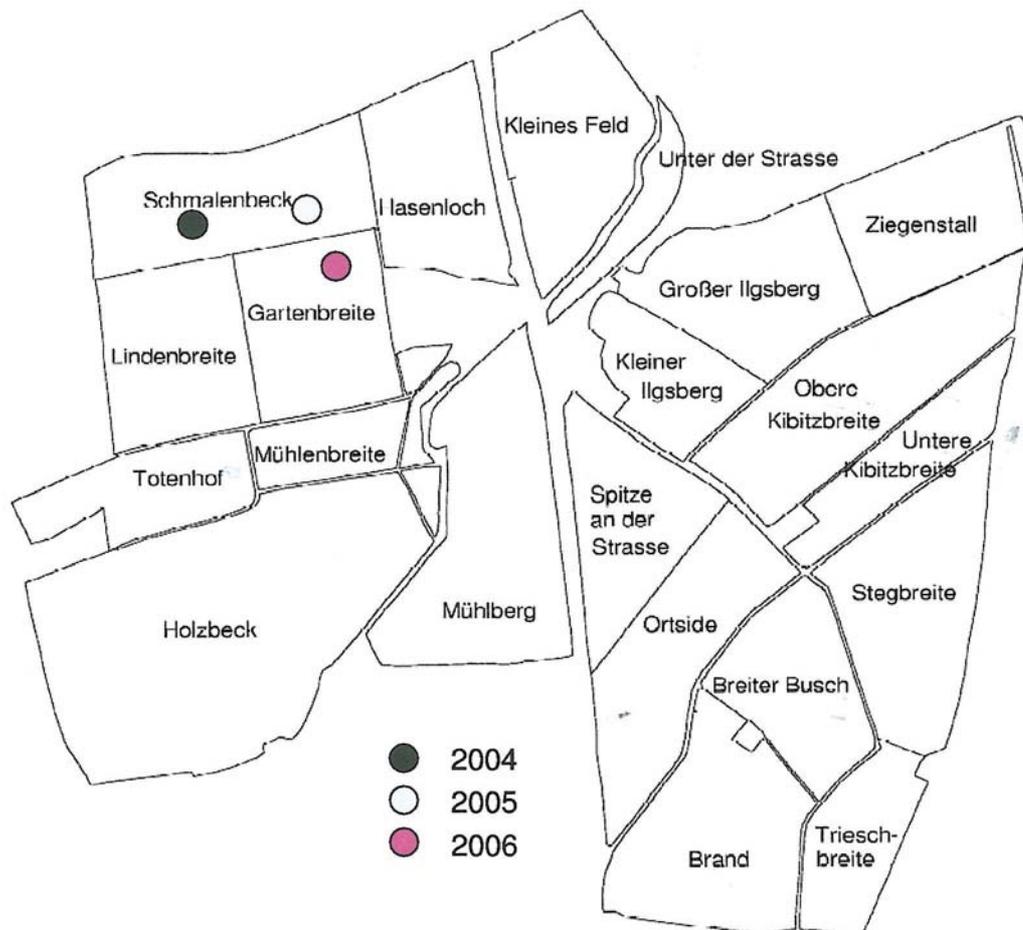


Abb. 3: Karte der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Anordnung der Versuchsstandorte in den Jahren 2004 bis 2006.

Die Kenndaten der Versuche sowie die Witterung der Jahre 2004 bis 2006 sind den Tabellen 1 bis 3 bzw. den Abbildungen 2 bis 4 zu entnehmen. Die Aussaat fand in der Regel zwischen der letzten Aprildekade sowie der ersten Maidekade statt. Die Vegetationsperiode der Möhren dauerte in den drei Jahren zwischen 145 und 154 Tagen. Die jährlichen Niederschlagsmengen fielen in den Jahren von 604 auf 481 mm, entsprechend reduzierte sich die Wasserversorgung während der

Vegetationsperioden von 338 mm im Jahr 2004 auf 204 mm im Jahr 2006. Die Möhren wurden in allen Jahren auf Dämmen angebaut. Die Beikrautregulierung erfolgte jeweils per Hand auf dem Damm sowie per Radhacke zwischen den Dämmen und wurde mehrmals durchgeführt.

Tab. 6: Kenndaten des Versuchs im Anbaujahr 2004

Jahr	2004		
Schlag	Schmalenbeck		
Versuchsanlage	Randomisierte Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Faktoren	2		
Faktor A	7 Sorten / N	Rothild (u.a.)	Rodelika
		0 kg N / ha	150 kg N / ha (Horngrieß)
Faktor B	4 Behandlungen	bd Behandlungen	
Maßnahmen:			
Kultur	Möhre		
Vorfrucht	Winterweizen		
Bodenbearbeitung	28.01.2004	Pflug	
Saatbettbereitung	02.04.2004	Kreiselegge	
Düngung	18.04.2004		
Dämme	15.04.2004		
Aussaattermin	26.04.2004		
Aussaatechnik	Stanhay Singulaire 785	Einzelkornablage	
Reihenabstand	75 cm z. Dämme, 3 Reihe auf dem Damm		
Ernte	26.09.2004		
Wuchsdauer (WD)	153	Tage	
Niederschlag (WD)	338 mm		
Niederschlag (Jahr)	610 mm		

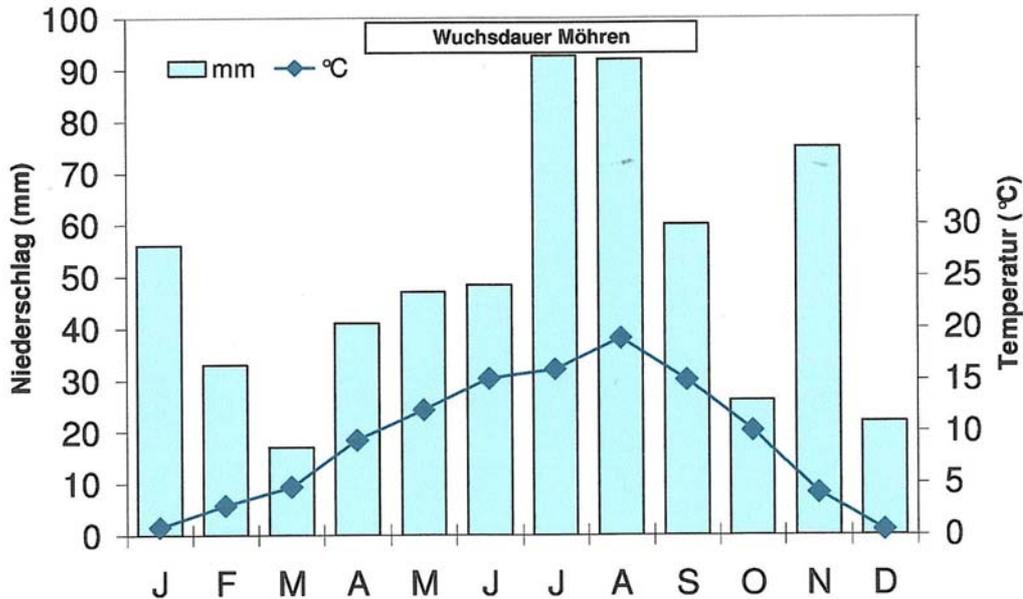


Abb. 4: Witterung im Jahr 2004.

Tab. 7: Kenndaten des Versuchs im Anbaujahr 2005

Jahr	2005		
Schlag	Schmalenbeck		
Versuchsanlage	Randomisierte Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Faktoren	2		
Faktor A	2 Sorten	Rothild	Rodelika
Faktor B	2 N-Stufen	0 kg N / ha	150 kg N / ha (Horngrieß)
 Maßnahmen:			
Kultur	Möhre		
Vorfrucht	Kartoffeln		
Bodenbearbeitung	27.01.2005	Pflug	
Saatbettbereitung	18.04.2005	Kreiselegge	
Düngung	02.04.2005		
Dämme	03.04.2005		
Aussaattermin	13.05.2005		
Aussaatechnik	Mini-Nibex		
Reihenabstand	75 cm z. Dämme, Doppelreihe auf dem Damm		
Ernte	04.10.2005		
Wuchsdauer	145 Tage		
Niederschlag (WD)	229 mm		
Niederschlag (Jahr)	494 mm		

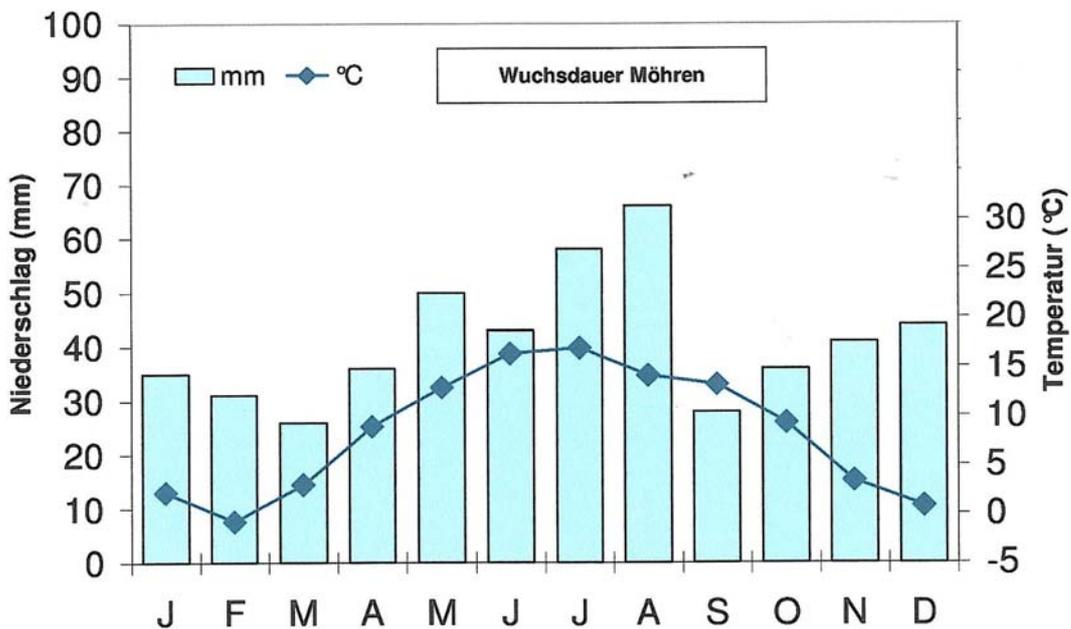


Abb. 5: Witterung im Jahr 2005.

Tab. 8: Kenndaten des Versuchs im Anbaujahr 2006

Jahr	2006		
Schlag	Gartenbreite		
Versuchsanlage	Randomisierte Blockanlage		
Wiederholungen	4		
Faktoren	2		
Faktor A	2 Sorten	Rothild	
		Rodelika	
Faktor B	2 N-Stufen	0 kg N / ha	
		150 kg N / ha (Horngrieß)	
Maßnahmen:			
Kultur	Möhre		
Vorfrucht	Kartoffeln		
Bodenbearbeitung	25.04.2006	Kultivator	
Saatbettbereitung	05.05.2006	Kreiselegge	
Düngung			
Dämme			
Aussaattermin	09.05.2006		
Aussaatechnik	Mini-Nibex		
Reihenabstand	75 cm z. Dämme, Doppelreihe auf dem Damm		
Ernte	09.10.2006		
Wuchsdauer	154 Tage		
Niederschlag (WD)	204 mm		
Niederschlag (Jahr)	481 mm		

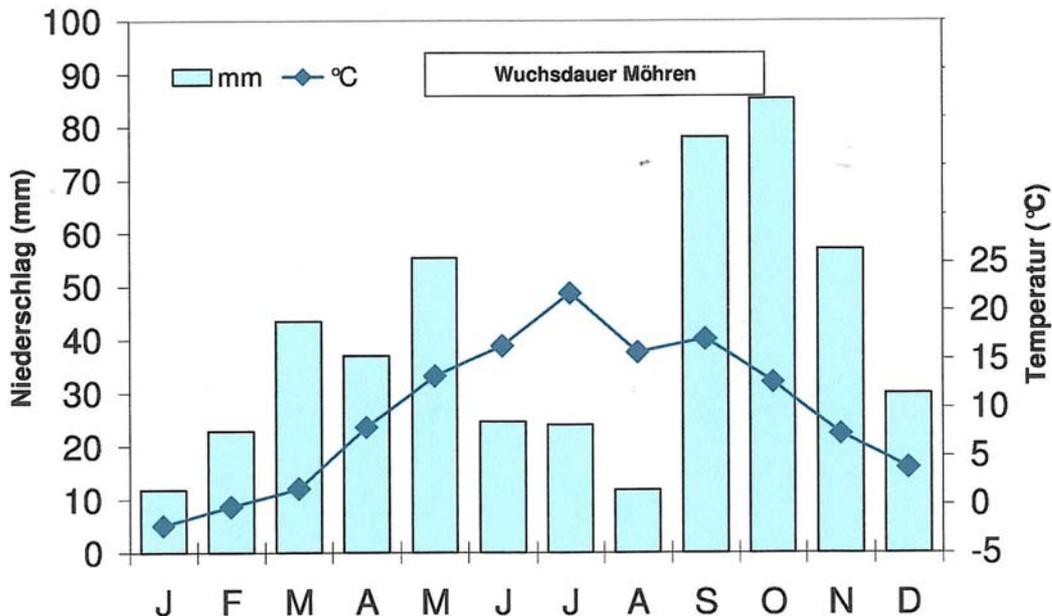


Abb. 6: Witterung im Jahr 2006.

In 2004 erfolgte die Ernte der Möhren und Verpackung in Netze durch Herrn Fleck, anschließend wurden sie in einer Kühlzelle eingelagert, zur Übergabe an Frau Lippelt.

In 2005 wurde die Ernte der Möhren und Verpackung in Netze durch Herrn von Fragstein und Studenten durchgeführt. Am Nachmittag des Erntetages wurden sie in der Domäne Frankenhausen durch Frau Köhler und Frau Ludwig abgeholt und nach Witzenhausen zur Weiterverarbeitung transportiert. In 2006 erfolgte die Teilung und Codierung bzw. Verpackung direkt auf dem Feld durch Prof. von Fragstein und die Abholung durch die beteiligten Institute selbst.

Anmerkung: Die Verpackung in Netzen hatte den Nachteil, dass sich viele Möhren mit den Spitzen in den Maschen verfangen, vermutlich bei jeder Transportbewegung gescheuert, und wahrscheinlich dadurch geschädigt wurden. Eine Lagerung in Kisten wäre hier vorzuziehen.

Äpfel aus einem Versuch am FiBL

Die fünf Betriebspaare sind über die ganze Schweiz verteilt. Die Sorte ist Golden Delicious. Die beiden Anbausysteme sind in Zürcher et. al. 2003, Widmer et al. 2004 und Weibel & Widmer 2004 beschrieben. Die Organisation und Datenbeschaffung bei den Schweizer Obstbauern wurde durch Dr. Weibel geregelt. Es bestand auch hier in 2004 und 2005 kein direkter Kontakt zwischen FAL-OEL und den Obstbauern.

In 2004 wurden die Proben durch Mitarbeiter der FiBL sortiert und abgepackt, von Frau Lippelt in Pappkartons verpackt und verschickt.

In 2005 waren die Äpfel in Kisten, ausgekleidet und abgedeckt mit einer Folie, in Frick/ Kühlraum eingelagert, und standen dort zur Bearbeitung durch Frau Ludwig bereit.

Mais aus dem DOK-Versuch

In 2004 wurden die Maisproben (Kolben) am 6.11.04 in Zürich/Reckenholz abgeholt, der Transport erfolgte im Anhänger. Anschließend wurden sie trocken in Trenthorst gelagert, es gab keine Temperaturkontrolle.

Der DOK-Mais 2005 wurde während der Äpfel-Bearbeitung durch Herrn Widrat in Zürich/ Reckenholz abgeholt und nach Trenthorst transportiert. Da der Mais in einer Tour mit den Äpfeln zu transportieren war wurde er gesondert im Anhänger untergebracht. Er war in grobe Jutesäcke abgefüllt worden. In Trenthorst lagerte der Mais bis zum endgültigen Versand an die Projektpartner im Probenhaus, zusammen mit den Weizenproben und unter den gleichen Bedingungen. Alle Maisproben wurden am 9.11.05 zusammen mit Herrn Völlger mit der Parzellendreschmaschine gedroschen. Nach jeder Probe wurde die Maschine im Leerlauf gefahren, so dass möglichst alle Restpartikel der vorigen Probe entfernt wurden. Das Dreschen der 20 Proben dauerte 1:50 Stunden. Die Körner wurden in saubere Baumwollsäcke abgefüllt.

Am 15.11.05 wurden die Proben gereinigt. Reinigungsmaschine und Standort wie bei den Weizenproben. Nach jeder Probe wurden alle Bestandteile der Reinigungsmaschine mit Druckluft gereinigt, so dass eine Vermischung von Probenmaterial vermieden wurde. Die Proben wurden in wahlloser Reihenfolge gereinigt.

Einstellung der Reinigungsmaschine:

(Kennzeichnung: 387/15 bzw. 1191 OEL-Trenthorst, Standort Probenhaus, Lagerhalle)

Obersieb: Löcher 12,0

Untersieb: Löcher 6,5

Trieur: 9

Trichteröffnung: 2,5 bis 3,0 je nach Probenbeschaffenheit

Wind: 5

Nach der Reinigung verblieb der Mais bis zur Teilung und Codierung im Probenhaus

4.6 Bodenproben

Zu jeder Weizen- und Möhrenprobe aus Erzeugerherkunft wurden Bodenproben gezogen (s. Tab. 9). Dafür gab es keine Arbeitsanweisung, so dass, nach Rücksprache mit Dr. Rahmann je nach Schlaggröße mindestens vier Proben bis 30 cm Tiefe gezogen wurden. Diese wurden zu einer Mischprobe vereinigt und in einen verschließbaren und etikettierten Plastikbeutel überführt. Bei den Möhren geschah dies direkt an den Probenahmestellen. Das Volumen der Probe lag bei ca. 0,5 Liter. Alle Proben wurden sofort in eine Kühlbox gelegt und bei Ankunft in Trenthorst bei -20°C eingefroren. Die Proben aus 2004 lagerten getrocknet im Labor-Lagerraum.

Die Analyse dieser Proben war bei Ende der Probenorganisation noch nicht geklärt.

Tab. 9: Bestandsaufnahme Bodenproben aus 2004 und 2005

Produkt	Code		Probenherkunft Lagerung in Trenthorst, Labor-Vorratsraum bzw. Lagerung in Gefriertruhe, Labortrakt	Bodenprobe	
	2004	2005		2004 getrocknet	2005 - 20°C
Weizen ökologisch	A1	Z1	Wilmersdorf	ja	ja
	B2	Y1	Ramsthal	ja	ja
	C2	X2	Detlighofen	ja	ja
	D1	nein	Reußenköge	ja	nein
	E1	V1	Algemissen	ja	ja
	F2	nein	Trenthorst	nein	nein
	nein	W1	Schlichting	nein	ja
	nein	U2	Langen Jarchow	nein	ja
Weizen konventionell	A2	Z2	Steinhöfel/Ückermark	ja	ja
	B1	nein	Poppenhausen	ja	nein
	C1	nein	Orsingen-Netzingen	ja	nein
	D2	nein	ATR Landhandel, Weddingstedt	nein	nein
	E2	nein	Lochow-Petkus, Bierbergen	nein	nein
	F1	nein	Rotenbek/ Grande	ja	nein
	nein	Y2	Grettsdorf	nein	ja
	nein	X1	Bad Dürnheim	nein	ja
	nein	W2	Wiemersdorf	nein	ja
	nein	V2	Ahrbergen	nein	ja
Möhren	S2, Q2	F2, A1 und E1, N1	Hedwigenkoog	ja	ja
	P2	H2, B1	Westerdeichstrich	ja	ja
	R1	G2, J2	Friedrichsgabekoog	ja	ja
	O1	Y1, K1	Friedrichsgabekoog	ja	ja
Möhren	S1, Q1	F1, A2 und E2, N2	Hedwigenkoog	wahrsch.	ja
	P1	H1, B2	Kronprinzenkoog	Zuordnung	ja
	R2	G1, J1	Kronprinzenkoog	unklar!	ja
	O2	Y2, K2	Friedrichskoog	wahrsch.	ja
Mais öko			Hegerort, NRW	ja	nein
			Aulendorf	ja	nein
Mais konv.			Biberach, BW	ja	nein
			Dülmen, Merfeld	ja	nein
			Krauchenwies, BW	ja	nein

4.7 Probenteilung und Codierung

Die Probenteilung musste ebenfalls streng nach statistischen Richtlinien durchgeführt werden, soweit vorhanden wurde nach Arbeitsanweisungen gearbeitet.

Alle Proben mussten für die Analysen codiert werden, dabei war darauf zu achten, dass innerhalb der Proben eines Lebensmittels keine Code-Wiederholungen mit

2004 vorkamen. Die Proben für die mit diesem Projekt vernetzten weiteren Projekte im BÖL mussten, soweit vorhanden, mit einem Sondercode versehen werden, da die Decodierung zu anderen Zeitpunkten erfolgen sollte.

4.7.1 Weizen

Erzeugerweizen

In 2005 wurde erst nach der Reinigung aller Proben die Teilung und Codierung bearbeitet, dies erfolgte ebenfalls im Probenhaus.

Die Teilung der Proben wurde in 2004 und 2005 mit dem gleichen Probenteiler bearbeitet.

Zur Aufteilung wurde der Weizen durch den Probenteiler gekippt, der das Saatgut in zwei Hälften teilt. Durch fortgesetzte Teilung der entstehenden Hälften bis hin zur benötigten Probenmenge entstehen repräsentative Teilproben der Gesamtprobe. Diese wurden, gemäß der vereinbarten Mengen, abgewogen und in zweifache Papiertüten abgefüllt. Der Verschluss erfolgte mit Packband.

Die abgepackten Proben blieben bis zur endgültigen Lieferung im Probenhaus, erst kurz vor dem Versand wurden sie in Lieferkartons verpackt.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 10 hervor.

Weizen aus dem DOK-Versuch

Die Vorgehensweise bei DOK-Weizen in 2004 und 2005 entspricht derjenigen beim Erzeugerweizen. Jedoch konnten in 2005 nicht immer die gewünschten Mengen geliefert werden, da bei einigen Anbauvarianten nicht genügend Ausgangsmaterial vorhanden war.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 11 hervor.

4.7.2 Möhren

Erzeugermöhren

In 2004 erfolgt die Aufteilung der Proben im Kühlhaus/Sannmann in Hamburg. Dort wurden alle Möhren einer Probe in ein großes Maurergefäß geleert und daraus blind jeweils die erforderliche Menge für die Teilproben gezogen. Diese wurden in doppelte Papiertüten verpackt, anschließend zugetackert, in Pappkartons gelagert und verschickt.

In 2005 lagerten alle Möhren zum Zeitpunkt der Teilung und Verpackung im Lager Westhof, dort wurde auch die Bearbeitung durchgeführt. Arbeitsort war die Vorhalle zum Kühllager, dort herrschte eine Temperatur von 9°C während des betreffenden Zeitraumes. Der Verschluss der perforierten Plastiktüten wurde, zur Verringerung von Schwitzwasser, im Kühllager selbst durchgeführt, dort herrschte eine Temperatur von 0,5 - 1° C.

- Teilung und Codierung durch Frau Köhler und Frau Ludwig durchgeführt, Arbeiten, die die Mischung und Teilung der Möhren betrafen wurden immer gleichzeitig vorgenommen.
- Bei allen Tätigkeiten wurden Latexhandschuhe getragen, diese wurden nach jeder Probe gewechselt.
- Es stand eine Arbeitsfläche aus aufgestapelten Paletten zur Verfügung, die mit Styroporplatten abgepolstert und mit einer Plane abgedeckt waren. Arbeitsfläche ca. 2,00 x 1,5 Meter, daneben eine Arbeitsfläche von ca. 3,00 x 0,6 Meter (Tapeziertisch).
- Jede Probe wurde einzeln bearbeitet, erst nach Fertigstellung und Rücklagerung im Kühlraum wurde die nächste bearbeitet.
- In der Regel waren von jeder der vier Probenahmestellen je zwei Kisten mit Möhren vorhanden. Diese wurden gleichmäßig auf beide Seiten der Arbeitsfläche verteilt, so dass jeder jeweils eine Hälfte der Probe vor sich hatte.
- Zur Mischung der Proben zu einer Gesamtprobe wurden jeweils aus jeder Kiste nacheinander ca. 5 Möhren entnommen und auf der Arbeitsfläche verstreut verteilt. Damit waren in jeder Schicht alle Probenahmestellen vertreten. Aufgrund des

- großen Volumens der Gesamtprobe musste auf eine Einteilung in Klassen verzichtet werden.
- Nachdem durch die fortgesetzte Mischung alle Möhren zu einem großen Haufen aufgeschichtet worden waren, wurden in gleicher Weise je 5 Möhren wahllos vom Haufen gegriffen, und auf einer langen Arbeitsfläche zu Teilproben zusammengelegt.
 - Dabei wurden erst je 5 Möhren für alle Proben hingelegt, erst wenn alle Proben aus 5 Möhren bestanden wurden die nächsten 5 Möhren dazugelegt und so weiter bis alle Proben aus der geforderten Möhrenanzahl bestanden. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass alle Proben aus einer gut durchmischten, repräsentativen Menge der Gesamtmöhren bestanden.
 - Da auf die Einteilung in Klassen verzichtet werden musste, wurden bei der ersten Probe einige der Teilproben nach Größe sortiert ausgebreitet und so die Größenzusammensetzung überprüft. Dabei stellte sich heraus, dass bei dieser Vorgehensweise eine sehr gleichmäßige Größenzusammensetzung aller Teilproben zu erreichen ist, so dass auf diese Weise fortgefahren werden konnte.
 - Waren alle Teilproben komplett, wurden die Möhren in perforierte und etikettierte PE-Gefrierbeutel (Rossmann, 6 l, 30 x 47 cm) gelegt und diese offen zurück in den Kühlraum gestellt.
 - Die Perforierung der Tüten wurde mit einem handelsüblichen Bürolocher (obere und untere Schicht Papier!) selbst hergestellt, da sich der Einkauf fertig perforierter Tüten („Hemdchen“) als sehr teuer erwies, und diese Tüten auch nicht stabil genug waren.
 - Nach Abschluss der Arbeiten wurden die Tüten mit einem Folienschweißgerät im Kühlraum zugeschweißt und weiter dort bis zum Abtransport gelagert.
 - Erst nach Fertigstellung aller Probenteilungen und Aufräumen der Arbeitshalle wurden die Proben ins Auto (OD-4) geräumt, mit Styroporplatten und Plastikplane abgedeckt und nach Trenthorst transportiert.
 - Bis zum Beginn der Auslieferungstour am nächsten Morgen konnten die Proben im Fahrzeug, bei leicht geöffneten Fenstern, gelassen werden, da eine nächtliche Temperatur von 2°C vorausgesagt wurde. Eine Zwischenlagerung im Kühllager war nicht möglich.
 - Alle Proben wurden am nächsten Tag ausgeliefert, bis auf die bfr-Probe, die mit einem Paketdienst versandt wurde.

- Der Zeitbedarf für die Probenteilung betrug für eine normale Probe 1,5 Stunden, für eine große Probe drei Stunden.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 12 hervor.

Möhren aus einem Versuch an der Universität Kassel

In 2004 erfolgte die Teilung der Proben wie bei den Erzeuger-Möhren 2004.

In 2005 wurden die Möhren der Domäne Frankenhausen, nach Erhalt, im Schmutzlabor Raum -1106 in Witzenhausen bearbeitet. Alle Säcke mussten zweimal aus dem Fahrzeug ein- und ausgeräumt werden, da die Raumsituation trotz frühzeitiger Bemühungen nicht geklärt war.

Im Schmutzlabor wurden die Möhren bei Raumtemperatur auf Keramik-Labortischen bearbeitet, die vorher mit Sterillium gereinigt worden waren. Die Vorgehensweise bei der Mischung und Teilung war gleich der bei den Erzeuger-Möhren. Jedoch konnten die Möhren in nicht-perforierte PE-Gefrierbeutel verpackt werden, da sie schon am nächsten Tag ausgeliefert werden sollten. Ein Kühlraum stand in unmittelbarer Nähe zur Verfügung.

Anzumerken ist hier, dass die Zeit für die Bearbeitung der Möhren nicht ausreichte. Eine Abholung der Möhren am Nachmittag und Auslieferung am nächsten Tag ist, bei Befolgung der Arbeitsanweisungen, zu knapp kalkuliert. Der Zeitbedarf für die Einrichtung des Arbeitsplatzes, Teilung der Proben und Aufräumarbeiten betrug ca. sieben Stunden, so dass bei einer Wiederholung die Auslieferung auf den übernächsten Tag gelegt werden sollte.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 13 hervor.

4.7.3 Äpfel

Erzeuger-Äpfel

Alle Erzeuger-Apfelproben wurden durch einen Mitarbeiter der ÖON für die Bearbeitung in das Kühllager der Versuchsanstalt in Jork gebracht. Im Vorraum des

Kühlagers wurde die Mischung- und Teilung von Frau Ludwig durchgeführt. Im Rahmen eines schulischen berufskundlichen Praktikumstages nahm, nach gründlicher Einweisung, auch Madita Ludwig an den Arbeiten teil.

- Für alle Arbeiten wurden Latexhandschuhe getragen, sie wurden nach jeder Probe gewechselt. Die Hände wurden mit Sterillium gereinigt.
- Der Arbeitstisch (ca 1m x 3m) wurde mit Alveolenpapier (Einlegenester cal. 38, 400 x 600 mm) ausgelegt, darunter Styroporplatten zum Schutz vor Druckstellen.
- Alle Proben lagerten durcheinander auf einer Palette, daher mussten alle Proben gleichzeitig aus dem Kühlraum geholt werden.
- Es wurde immer nur eine Probe zur Zeit bearbeitet.
- Zunächst wurden die Kisten einer Apfelprobe gleichmäßig auf beide Seiten des Arbeitstisches bereitgestellt. Alle Arbeiten wurden gleichzeitig an beiden Seiten des Tisches durchgeführt.
- Abwechselnd aus jeder Kiste wurden ca. drei bis vier Äpfel entnommen und wahllos auf das Alveolenpapier gelegt.
- Dabei wurden die Äpfel nach Größe klassifiziert. Es gab eine Einteilung nach groß, mittel, klein. Nach Auslegen aller Äpfel einer Probe wurde nochmals nachsortiert.
- Anschließend wurden die Äpfel einer Klasse gezählt, der prozentuale Anteil der Klasse an der Gesamtprobe berechnet und der Anteil der Klasse an der Teilprobe für die Projektpartner berechnet. Diese Berechnungen wurden dokumentiert
- Danach wurden die Äpfel wahllos aus der jeweiligen Klasse genommen, entsprechend ihrer Anzahl in der zusammenzustellenden Probe
- Die Verpackung der Äpfel geschah in handelsüblichen stabilen Obstkartons, jede Schicht wurde mit Alveolenpapier stabilisiert und gegen Druckstellen abgesichert. Die oberste Apfelschicht wurde ebenfalls mit Alveolenpapier abgedeckt.
- Nach Beendigung der Arbeiten an allen Proben wurden sie zusammen in den Kühlraum gebracht.
- Bis zur Auslieferung am nächsten Tag lagerten die Probenkartons weiter im Kühlraum.
- Die Bearbeitung aller Proben durch zwei Personen dauerte ca. acht Stunden, einschließlich der Einrichtung eines Arbeitsplatzes und Aufräumarbeiten.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 14 hervor.

Äpfel aus einem Versuch am FiBL

In 2004 wurden die Äpfel durch die Mitarbeiter der FiBL in Frick sortiert, in Plastiktüten verpackt und zur Verpackung in Kartons an Frau Lippelt übergeben. Durch sie wurde der Transport zu den Projektpartnern durchgeführt.

In 2005 standen die Äpfel im Kühlraum in Frick zur Bearbeitung bereit, im Vorraum des Kühlraumes wurde die Mischung und Teilung von Frau Ludwig durchgeführt. Die Bearbeitungsweise entsprach der der Erzeuger-Äpfel.

Hier wurde jede Probe nach Bearbeitung wieder in den Kühlraum gebracht.

Die Bearbeitung aller Proben durch eine Person dauerte ca. 18 Stunden, einschließlich der Einrichtung eines Arbeitsplatzes und Aufräumarbeiten.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 15 hervor.

4.7.4 Mais

Da in 2005 kein Erzeugerweizen in die Analysen einging war nur der DOK-Mais aufzuteilen.

Vor dem Aufteilen war zunächst eine Bulkprobe aus allen vier Parzellenwiederholungen herzustellen. Dafür wurden alle Proben mit dem Probenteiler halbiert, die Hälfte in eine große Wanne gegeben und dort mit den anderen Proben der gleichen Anbauvariante gründlich gemischt. Der Rest der Probe einer Parzellenwiederholung wurde aufbewahrt.

Die weitere Vorgehensweise entsprach dann der beim Weizen, indem wieder mit dem Probenteiler in oben beschriebener Weise die Gesamtprobe in kleinere Teilproben aufgeteilt und anschließend in der geforderten Menge in Papiertüten abgewogen wurde. Verschluss wieder mit Paketband.

Mengen, Bearbeitungs- und Liefertermine gehen aus Tab. 16 hervor.

4.8 Rückstellproben

In 2004 wurden von den Erzeuger-Weizen und den DOK-Weizenproben Rückstellproben angefertigt. Diese lagerten bis März 2006 im Lagerraum „Apotheke“ in Trenthorst.

Von Möhren und Äpfeln wurden die Reste in Hamburg/ Lager Sannmann bzw. in Frick gelagert, es wurden jedoch keine dauerhaften Rückstellproben angelegt. Die Möhren im Lager Sannmann wurden im Sommer 2005 entsorgt, da sie verdorben waren.

In 2005 wurden Rückstellproben von Erzeuger-Weizen, DOK-Weizen, DOK-Mais angefertigt, diese in Glasbehälter gefüllt und im März 2006, zusammen mit den Proben aus 2004, ins Tiefkühlager in Lübeck überführt.

Von den Möhren bzw. Apfelproben wurden in 2005 keine Rückstellproben erhalten.

Tab. 10: Teilungs- und Versandprotokoll Erzeugerweizen 2004 und 2005

Code 2004 Code 2005 Sorte 2005	Kodierung und Aufteilung: 2004: Silke Lippelt, 2005: Ute Köhler und Clarisse Ludwig														Gesamt kg	Versand termin 2004	Versand termin 2005	Versand durch											
	U1	U2	E1	V1	V2	W1	W2	X1	X2	Y1	Y2	Z1	Z2	A1 Z1 Capo öko					A2 Z2 Capo konv.										
	nein Ludwig öko	nein Ludwig konv.	nein Ludwig öko	nein Ludwig konv.	nein Ludwig öko	nein Ludwig konv.	nein Bussard öko	nein Bussard konv.	nein Capo öko	nein Capo konv.	nein Capo öko	nein Capo konv.	nein Capo öko							nein Capo konv.									
Probenteilung															13.u.14.09.04, 7.u.12.9.05														
Uni Kassel	800*	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,0	27.09.04	06.03.06	OEL-FAL						
	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,0	27.09.04	09.01.06	OEL-FAL						
	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	16,5	14.09.04	09.01.06	OEL-FAL							
Reserve	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	entfällt	entfällt	OEL-FAL						
Gesamt	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	3250	32,5										
BFR Allergen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	entfällt	entfällt	entfällt						
KWALIS FAS	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,8	27.09.04	15.09.05	OEL-FAL							
PA	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,0	27.09.04	15.09.05	OEL-FAL							
Gesamt	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	16,0										
TUM le	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	entfällt	entfällt	entfällt						
BFEL Potential in Vivo	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,0	11.10.04	15.09.05	Paketiendienst							
Gesamt	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	8,0										
FH Fulda gie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	entfällt	entfällt	entfällt						
HAW Akzeptanz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	entfällt	entfällt	entfällt						
OEL-FAL Rückstellprobe	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	19,0	März 2006	März 2006	OEL-FAL							
Gesamt	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	7550	75,5											

* die Mengenangaben gelten für 2004 und 2005

Tab. 11: Teilungs- und Versandprotokoll DOK-Weizen 2004 und 2005

Kodierung und Aufteilung: 2004: Silke Lippelt, 2005: Ute Köhler und Clarisse Ludwig

Dok- Bezeichnung Variante	Parzelle	Code 2005	Uni Ka				KWALIS		BFEL	HAW	FAL- OEL
			CUCL2	Carotinoid	Sensorik	Reserve	FAS	PA	Potential	Akzeptanz	Rückst.pr.
M Mineral	92	H 1030	800 *	800	330	600	800	800	800	7000	1900
			<i>650 **</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
M Mineral	58	H 1023	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
M Mineral	2	H 1035	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
M Mineral	42	H 1029	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
K2 kon.Mist	64	F 1034	800	800	330	600	800	800	800	7000	1900
K2 kon.Mist	20	F 1028	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
K2 kon.Mist	74	F 1038	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
K2 kon.Mist	36	F 1027	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
O2 org.biol	14	J 1021	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
O2 org.biol	30	J 1031	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
O2 org.biol	86	J 1040	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
O2 org.biol	70	J 1037	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
D2 biol.dyn	52	G 1032	800	800	330	600	800	800	800	14000	1900
D2 biol.dyn	80	G 1036	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
			<i>650</i>	<i>650</i>	<i>300</i>	<i>500</i>	<i>650</i>	<i>650</i>	<i>650</i>		
D2 biol.dyn	8	G 1039	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
D2 biol.dyn	48	G 1024	800	800	330	600	800	800	800	Code	1900
N Kontrolle	1	K 1026	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>550</i>	<i>550</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>550</i>	<i>550</i>	<i>550</i>		<i>1600</i>
N Kontrolle	57	K 1022	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>300</i>	<i>300</i>	<i>200</i>	<i>300</i>	<i>300</i>	<i>300</i>	<i>300</i>		<i>340</i>
N Kontrolle	41	K 1025	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>400</i>	<i>400</i>	<i>300</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>400</i>	<i>400</i>		<i>645</i>
N Kontrolle	91	K 1033	800	800	330	600	800	800	800	0	1900
			<i>400</i>	<i>400</i>	<i>300</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>400</i>	<i>400</i>		<i>490</i>
Probenteilung 2004			12.08.04								
Probenteilung 2005			13.09.05								
Versandtermin 2004			17.08.04				17.08.04		30.09.04	17.08.04	März 2006
Versandtermin 2005			09.01.06				15.09.05		15.09.05	23.01.06	März 2006
Versand durch			FAL-OEL				FAL-OEL		Paketd. FAL-OEL	FAL-OEL	FAL-OEL

* Soll für 2005 und Mengen für 2004

** Ist 2005 (Abweichung vom Soll kursiv gekennzeichnet, da zu geringe Eingänge)

Tab. 12: Teilungs- und Versandprotokoll Erzeugermöhren 2004 und 2005

Kodierung und Aufteilung: 2004: Silke Lippelt, 2005: Clarisse Ludwig und Ute Köhler

Code 2004 Sondercode 2004	Hedwigen-koog konv. Narbonne		Hedwigen-koog öko Narbonne		Hedwigen-koog konv. Nerac		Hedwigen-koog öko Nerac		Friedrichs-koog konv. Nerac		Friedrichs-koog öko Nerac		Anzahl Tüten à 20 Stück in 2005	Versand-termin	Versand durch
	S1 Y1	S2 Y2	Q1 U2	Q2 U1	R1 X2	R2? P1? X1? V1?	Nerac	öko	P1? R2? V1? X1?	Nerac	öko	Nerac			
Code 2005	E2	E1	F2	F1	G2	G1	H2	H1	B2	B1	Y2	Y1			
Sondercode 2005 *	N2	N1	A2	A1	J2	J1	B1	B2	K2	K1					
Probenziehung 2005	11.10.2005 20.9.2005		11.10.2005 20.9.2005		2.10.2005 11.10.2005		2.10.2005 10.10.2005		2.10.2005 10.10.2005		15.10.2005 27.9.2005				
Probenabteilung	2004/2005**		2004/2005**		2004/2005**		2004/2005**		2004/2005**		2004/2005**				
Uni Ka	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	100/120	10 x 6		
Carotinoid	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	10 x 3	26.10.04	
Sensorik	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	10 x 3	17.10.05	OEL
Reserve CuC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Allergen*	50/60	50/60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2004	Uni Ka
FAS	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60		18.10.05	Paketdienst
PA	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60		26.10.04	OEL
Potential in vivo	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60		17.10.05	OEL bis FH Fulda
FH Fulda gie *	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	150/160	10 x 8	26.10.04	OEL
AW Akzeptanz *	100/220	100/220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 x 11	17.10.05	bereitgestellt im Lager Westhof
OEL Rückstellprobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	entfällt	entfällt
Gesamt Stück	1690/ 860 + 75 kg + 43 + Säcke	1690/ 860 + 75 kg + 43 + Säcke	500/580	500/580	500/580	500/580	500/580	500/580	500/580	500/580	500/580	500/580	318		
Tüten			29	29	29	29	29	29	29	29	29	29			

** die geforderten Mengen entsprechen 2005 denen von 2004 (bis auf BFEK, die tatsächlich geschickten Mengen lagen etwas höher)

Tab. 13: Teilungs- und Versandprotokoll Möhren UniK 2004 und 2005

Tabelle 10: Teilungs- und Versandprotokoll UniK-Möhren 2004 und 2005

Kodierung und Aufteilung: 2004: Silke Lippelt, 2005: Clarisse Ludwig und Ute Köhler							
	Rodelika		Rothild		Anzahl Tüten à 20 Stück in 2005	Versand- termin	Versand durch
	öko	konventionell	öko	konventionell			
Code 2004	G1	G2	H1	H2			
Sondercode 2004	F2	F1	FF1	FF2			
Code 2005	D1	D2	C1	C2			
Sondercode 2005 *	M2	M1	L1	L2			
Probenziehung am	05.01.04 / 04.10.2005		05.01.04 / 04.10.2005				
Probenteilung am	05.01.04 / 04.10.2005		05.01.04 / 04.10.2005				
		2004/2005	2004/2005	2004/2005	2004/2005		
Uni Ka	CuCl ₂	100/180	100/180	100/180	100/180	4 x 9	
	Carotinoid	50/60	50/60	50/60	50/60	4 x 3	
	Sensorik	50/60	50/60	50/60	50/60	4 x 3	OEL
	Reserve CuCl ₂	50/120	50/120	50/120	50/120	4 x 6	
Bfr	Allergen*	50/0	50/0	50/0	50/0	0	OEL
KWALIS	FAS	50/60	50/60	50/60	50/60	4 x 3	
	PA	50/60	50/60	50/60	50/60	4 x 3	OEL
BFEL	Potential in vivo*	50/60 0	50/60 0	50/60 0	50/60 0	4 x 3 0	OEL bis FH Fulda
FH Fulda	gie *	150/0	150/0	150/0	150/0	0	entfällt
HAW	Akzeptanz *	0	0	0	0	0	entfällt
OEL	Rückstellprobe	0	0	0	0	0	entfällt
Gesamt	Stück Tüten	600	600	600	600	2400 120	

Tab. 14: Teilungs- und Versandprotokoll Erzeuger-Äpfel 2004 und 2005

Bezeichnung 2004 Bezeichnung 2005 Code 2004 Sondercode 2004 Code 2005 Sondercode 2005 *	Kodierung und Aufteilung: 2004: Silke Lippelt, 2005: Clarisse und Madita Ludwig												Anzahl 2005 Gesamt Kartons à 40 Stück	Versand- termin	Versand durch				
	M2	K2	M3	K3	K4	M4	K7	M7	M2	K2	M3	K3				K4	M4	K7	M7
	Y2	Y1	X1	X2	Z2	Z1	A1	A2	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt				entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
	N2	N1	O2	O1	P1	P2	U2	U1	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt			
	konv.	öko	konv.	öko	konv.	öko	konv.	öko	konv.	öko	konv.	öko	konv.	öko	konv.	öko			
Probenteilung am	17.11.04 / 18.11.05																		
Uni Ka	CuCl2	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	16	22.11.04 21.11.05	OEL
	Carotinoïd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8		
	Sensorik	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0		
	Reserve CuCl2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Bfr	Allergen*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		entfällt
KWALIS	FAS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	8		OEL
	PA	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	8		
TUM	le	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	8	22.11.04 21.11.05	OEL
BFEL	Potential in vivo*	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	8		hinterlegt bei Uni Ka
FH Fulda	gie *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		entfällt
HAW	Akzeptanz *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		entfällt
OEL	Rückstellprobe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		entfällt
Gesamt	Stück Kartons	260 7	260 7	260 7	260 7	2080 56		entfällt											

Tab. 15: Teilungs- und Versandprotokoll FiBL-Äpfel 2004 und 2005

Kodierung und Aufteilung: 2004: FiBL-Mitarbeiter, 2005: Clarisse Ludwig

Code 2004	H 2		H 1		J 2		J 1		K 2		L 2		L 1		M 2		Anzahl 2005 gesamt	Kartons á 40 Stk.	Versand termin	d durch	
	Z 1	F 2	Z 2	F 1	entfällt	D 2	entfällt	D 1	entfällt	B 2	C 2	entfällt	G 2	entfällt	A 1	E 2					entfällt
Sondercode 2004																					
Code 2005		F 2		F 1		D 2		D 1		C 2		G 2		G 1		E 2					
Sondercode 2005 *		Q 1		Q 2		konv.	öko	entfällt		konv.	öko	entfällt		konv.	öko	entfällt					
Erntedat. lt. Kistenbeschriftig.	3.10.05	3.10.05	3.10.05	3.10.05	26.09.05	26.09.05	27.09.05	27.09.05	23.09.05	23.09.05	23.09.05	nicht bekannt									
Probenteilung am	03.11.04 / 29./30.10.05																				
Uni Ka	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60	0	60
CuCl2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carotinoid	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Sensorik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reserve CuCl2																					
Bfr	40/0**	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0	40/0
Allergen*																					
KWALIS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
FAS	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
PA																					
TUM	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
le																					
BFEL	50/40**	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40	50/40
in vivo*	166/0**	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0	166/0
FH Fulda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gie *																					
HAW	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Akzeptanz *																					
OEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rückstellprobe																					
Gesamt	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460
Stück	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Kartons																					
80																					

** Angaben für 2004/2005, alle anderen Angaben gelten für beide Jahre gleich

Tab. 16: Teilungs- und Versandprotokoll Mais 2004 und 2005

Kodierung und Aufteilung: 2004: Silke Lippelt, 2005: Clarisse Ludwig

Anbauvariante	DOK "M" Mineral		DOK "K" kon.Mist		DOK "O" Mais "O" org.biol		DOK "D" Mais "D" biol.dyn.		DOK "N" Mais "N" Kontrolle		Gesamt kg	Versand termin**	Versand durch
	M	I	K	P	O	L	D	K	N	H			
Code 2005	S		W		T		G		R				
Probenmischung- und Teilung	29.11.05		29.11.05		29.11.05		29.11.05		29.11.05				
Uni Kassel	2,4*		2,4		2,4		2,4		2,4		12		
Carotinoid	2,4		2,4		2,4		2,4		2,4		12		
Sensorik	2,4		2,4		2,4		2,4		2,4		12		
Reserve	0		0		0		0		0		0		
Gesamt	7,2		7,2		7,2		7,2		7,2		36	05.12.2005	FAL-OEL
BfR Allergen	0		0		0		0		0		0	entfällt	entfällt
KWALIS FAS	2,4		2,4		2,4		2,4		2,4		12		
PA	2,4		2,4		2,4		2,4		2,4		12		
Gesamt	4,8		4,8		4,8		4,8		4,8		24	05.12.2005	FAL-OEL
TUM le	0		0		0		0		0		0	entfällt	entfällt
BFEL Potential in Vivo	0		0		0		0		0		0	entfällt	entfällt
FH Fulda gie	0		0		0		0		0		0	entfällt	entfällt
HAW Akzeptanz	0		0		0		0		0		0	entfällt	entfällt
FAL-OEL Rückstellprobe	2,4		2,4		2,4		2,4		2,4		12		
Gesamt	2,4		2,4		2,4		2,4		2,4		12	Maiz 2006	FAL-OEL
Gesamt kg	14,4		14,4		14,4		14,4		14,4		72		

* die Mengenangaben gelten für 2004 und 2005
 ** Terminangaben für 2004 liegen nicht vor

4.9 Auslieferung der Proben

Alle Proben wurden weitgehend zu den vereinbarten Terminen ausgeliefert. Abweichungen von ein bis zwei Tagen kamen vor, wenn die Auslieferung mit einem Projekttreffen verknüpft wurde, die Probe zur Abholung hinterlegt wurde, oder ganz andere Termine durch die Projektpartner gewünscht wurden. Alle Abweichungen wurden mit den Projektpartnern abgestimmt und dokumentiert. Die Dienstreisetermine für alle Probenauslieferungen sowie sonstiger Fahrten zur Probenorganisation wurden dokumentiert.

Die Proben für Uni Kassel, KWALIS, FH Fulda, TUM und HAW wurden immer durch FAL-OEL angeliefert, BFEL und BfR hatten die Abholung bzw. Anlieferung durch Paketdienst selbst zu organisieren.

Die Auslieferungen durch FAL-OEL wurden mit OD-4 oder OD-1 bzw. Od-16 durchgeführt.

Für alle Lieferungen, die nach dem 31.12.05 auszuführen waren, wurde eine genaue Anweisung hinterlassen.

Alle Lieferungen wurden mit entsprechenden Lieferscheinen, die in zweifacher Ausführung unterschrieben wurden, quittiert (s. Tab. 17).

Je eine Kopie blieb beim Projektpartner bzw. FAL-OEL .

Tab. 17: Übersicht Lieferscheine 2005

		DOK-Weizen	Erzeuger-Weizen	DOK-Mais	Fleck-Möhren	Erzeuger-Möhre	Erzeuger-Äpfel	Weibel-Äpfel
Uni Kassel	Cu CL 2	ja	6.3.06	ja	ja	ja	ja	ja
	Carotinoid		ja				*	
	Sensorik						ja	ja
	Reserve							
BfR	Allergen							
KWALIS	FAS	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
	PA							
TUM	le					ja	ja	
BFEL	Potential	ja	ja		ja	ja	ja	
	in Vivo					ja		
FH Fulda	gie				ja	ja		
HAW	Akzeptanz	ja				ja		ja
OEL-FAL	Rückstellprobe							

* keine Lieferung
wird nachgereicht

4.10 Daten

Alle Anbauinformationen, die von den Erzeugern abgefragt wurden, sind als Excel-Dateien an Herrn Busscher / ble170f@uni-kassel.de geschickt worden. Das Format wurde genau nach Anweisungen von Herrn Busscher erstellt.

4.11 Decodierungen

Zu vorgegebenen Terminen musste die Decodierung der Codes vorbereitet werden. Alle Projektpartner senden ihre Analyseergebnisse bzw. die Zuordnungsvorschläge ihrer codierten Proben per Fax an FAL-OEL, wenn alle Analyseergebnisse eingegangen sind kann der Versand der Decodierungen durch FAL-OEL an den Projektleiter erfolgen.

Die Termine hierfür liegen alle in 2006, so dass zur weiteren Vorgehensweise genaue Anweisungen hinterlassen werden mussten. Die Termine gehen aus Tab. 18 hervor.

Tab. 18: Termine zu Datenabgabe und Decodierungen 2006

	Datenabgabe der Partner an OEL-FAL zur Decodierung - per Fax -	Decodierungen von FAL-OEL an Uni Ka - per Fax -	Datenanlieferung der Partner an NB/ Uni Ka
1. Möhre UniKa	Fr. 27.01.06	Mo. 30.01.06	Fr. 03.02.06
2. Möhre Erzeuger			
1. Apfel FiBL	Fr. 03.03.06	Mo. 06.03.06	Fr. 10.03.06
2. Apfel Erzeuger / Jork			
Mais DOK	Fr. 31.03.06	Mo. 03.04.06	Fr. 07.04.06
1. Weizen DOK	Fr. 28.04.06	Di. 02.05.06	Fr. 05.05.06
2. Weizen Erzeuger			

5 Methoden (J. Strube, P. Stolz)

5.1 Methode Physiologischer Aminosäuren-Status (PAS)

Die EU Ökoverordnung (EU 2092/91) kann als prozessorientierte Regelung angesehen werden. Neuere Ansätze zum Systemvergleich konventioneller bzw. ökologischer Landwirtschaft enthalten neben stoffbezogenen Betrachtungen zusätzlich prozessbezogene Betrachtungen (TAUSCHER *et al.* 2003). In diesem Sinne soll die bisherige Qualitätsbetrachtung der Pflanze aufgrund der Art und Menge der im Pflanzenmaterial nachweisbaren Stoffe um eine Betrachtung der Prozesse ergänzt werden, die das Pflanzenmaterial bis zur Ernte durchlaufen hat. Das hier beschriebene Verfahren beruht darauf, den physiologischen Zustand der Pflanze anhand von präzise bestimmbar Substanzen mit biologischem Bezug zum Kulturverfahren zu charakterisieren.

Bereits 1953 wurde in den im Auftrag des VdLUFA herausgegebenen Methoden zur chemischen und biologischen Qualitätsbestimmung gärtnerischer und pflanzlicher Erzeugnisse (SCHMITT *et al.* 1953) darauf hingewiesen, dass bei der Bestimmung von Protein und proteinogenen Stickstoffverbindungen zwischen der pflanzenphysiologischen und der ernährungsphysiologischen Betrachtungsweise zu unterscheiden sei.

Die heute zur Qualitätsbeurteilung übliche Betrachtungsweise ist die ernährungsphysiologische, mittels derer die Qualität landwirtschaftlicher Produkte aufgrund der verschiedenen, in der Pflanze nachgewiesenen Stoffe wie Protein, Fett, Kohlenhydrate, Mineralien, Vitamine und sekundäre Pflanzenstoffe, aber auch unerwünschter Stoffe wie Pestizide oder Mykotoxine im Bezug auf ihren Wert für die menschliche Ernährung beurteilt wird.

Die Beurteilung der Pflanze mithilfe des physiologischer Aminosäurenstatus (PAS) knüpft an die pflanzenphysiologische Betrachtungsweise von Schmitt und Ott an. Die nachgewiesenen Stoffe werden zunächst nicht im Hinblick auf Ihre Auswir-

kung für die menschliche Ernährung beurteilt, sondern im Hinblick auf ihre pflanzenphysiologische Bedeutung.

Die proteinogenen Stickstoffverbindungen bzw. Aminosäuren als Stoffgruppe wurden gewählt, weil sie im Pflanzenstoffwechsel eine bedeutsame Rolle spielen, als Indikatoren für N-Düngung bedeutsam für die Differenzierung der Kulturverfahren ökologisch und konventionell sind, sich analytisch relativ gut erfassen lassen und für die Humanernährung gewisse Relevanz haben.

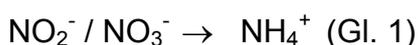
Die Aminosäuren haben für das Stoffwechselgeschehen der Pflanze eine herausragende Bedeutung (MENGEL 1991). Obwohl im pflanzlichen Stickstoff-Stoffwechsel noch andere wichtige Verbindungen auftreten wie z.B. Nitrat, Nitrit und Ammonium unterhalb der Ebene der Aminosäuren, sowie die Peptide und Proteine oberhalb der Ebene der Aminosäuren wurden die Aminosäuren zur Bezeichnung des Verfahrens gewählt, da sie in zentraler Position stehen.

Die Bestimmung des physiologischen Aminosäurenstatus erfolgt durch Anwendung einer matrixspezifischen Methodenkombination verschiedener aminosäuren- bzw. stickstoffanalytischer Verfahren zur Beurteilung des Stoffwechselstatus der jeweils untersuchten Pflanze in Hinblick auf das zu ihrer Kultivierung angewandte Verfahren.

5.1.1 Physiologie des N-Stoffwechsels der Pflanze

Nach der gängigen Darstellung in der Pflanzenphysiologie wird der Stickstoff von der Pflanze in Form von Nitrat (NO_3^-) oder Ammonium (NH_4^+) aufgenommen, über Zwischenstufen zunächst zu Aminosäuren und dann zum fertigen Protein umgesetzt.

Wird der Stickstoff in der mineralisierten Form von Nitrat bzw. Nitrit aufgenommen, so muss er von der Pflanze erst auf die Stufe des Ammoniums reduziert werden:



Dazu verfügt die Pflanze über Enzyme wie z.B. die Nitrit/Nitratreduktase.

Für die Umsetzung von NH_4^+ zu freien Aminosäuren (zunächst Glutamin/Glutamat) sind die Enzyme Glutamatdehydrogenase, Glutaminsynthetase und Glutamatsynthetase von Bedeutung.

$\text{NH}_4^+ \rightarrow$ freie Aminosäuren (Gl. 2)

Die weitere Umsetzung in der Pflanze erfolgt bei der Proteinsynthese über verschiedene Enzymsysteme:

freie Aminosäuren \rightarrow Proteine (Gl. 3)

Vereinfachend lässt sich so der Proteinaufbau im pflanzlichen Stickstoffstoffwechsel als dreistufiger Prozess formulieren, an dessen Beginn die Nitratassimilation und an dessen Ende die pflanzliche Proteinsynthese steht.

Zur Erzielung eines hohen Verkaufsgewichts ist die Frage, in welcher Form der aufgenommene Stickstoff in der Pflanze vorliegt ohne Bedeutung. Eine hohe Bedeutung hat diese Frage jedoch zur Beurteilung von Pflanzenentwicklung, innerer Reife und Lebensmittelqualität.

Je mehr der Stickstoff in der Pflanze in möglichst differenzierter Form (als arttypisches Pflanzenprotein) vorhanden ist, desto weiter ist die Pflanze in ihrer Entwicklung fortgeschritten. Wenn noch relativ große Mengen Stickstoff in oxidierter Form (z.B. Nitrat) oder undifferenzierter Form (z.B. Ammonium oder Aminosäuren) vorliegen, konnten die Prozesse des Stickstoffstoffwechsels jeweils noch nicht zu Ende kommen. Dementsprechend liegt eine mehr oder weniger vollständige Ausprägung des Pflanzenorganismus in der untersuchten Pflanzenprobe vor. Tatsächlich laufen alle Prozesse gleichzeitig ab, jedoch kann davon ausgegangen werden, dass in der Wachstumsphase die Prozesse gemäß Gl 1 und 2 verstärkt ablaufen, während in der Reifungsphase die Prozesse nach Gl 1 und 2 weniger, diejenigen nach Gl 3 hingegen verstärkt ablaufen. Insofern zeigt deren Verhältnis, welche Prozesse in der Pflanze zur Zeit der Ernte bzw. Untersuchung dominiert haben. Der Vergleich der Proben untereinander ergibt somit, welche Proben eher zum Wachstum und welche Proben eher zur inneren Reifung hin orientiert sind.

Nach unserer Erfahrung wird sich bei ökologischer Pflanzenproduktion ohne Einsatz leichtlöslicher mineralischer Stickstoffdüngung, sowie allgemein weniger intensiver Düngung eine solche höhere innere Ausreifung ergeben.

Die Stoffwechselprozesse in einer konventionell produzierten Möhre mit intensiver Stickstoffdüngung werden eine geringere Menge von dem in der Pflanze vorhandenen Stickstoff in Richtung des Pflanzenprozesses der Differenzierung und Funktionalisierung umgesetzt haben. Der für den Organismus der Möhrenpflanze typische Stoffwechsel konnte sich weniger in der Möhrens substanz einprägen.

Ein Maß für die Umsetzung der in der Pflanze gebundenen Biomasse durch die für den jeweiligen Pflanzenorganismus spezifischen Stoffwechselprozesse kann sein, wie weit freie Aminosäuren (Gl. 3) in Proteine umgewandelt sind. Auf diese Weise ergibt sich die Möglichkeit einer Interpretation klassischer analytischer Parameter die sich mit ganzheitlichen Ansätzen zur Beurteilung der Lebensmittelqualität (MEIER-PLOEGER *et al.* 1991) vergleichen lässt.

Diese Aussage, dass der von der Pflanze aufgenommene Stickstoff den Stoffwechselprozess des Pflanzenorganismus mehr oder weniger vollständig durchlaufen hat, ist diejenige ganzheitliche Aussage, die nach dem vorliegenden Verfahren getroffen werden kann.

Bisher sind zur Frage der Unterscheidung von Lebensmitteln aus ökologischer und konventioneller Produktion (ALFÖLDI *et al.* 1998, WOESE *et al.* 1995) protein- bzw. aminosäureanalytische Methoden sowohl einzeln als auch verschiedentlich in Kombination eingesetzt worden (ABELE 1987, KERPEN 1988, KJER 1993, KLETT 1968, MATTHIES 1991, PETERSSON 1970, REINKEN *et al.* 1990, SCHULZ *et al.* 1997, SCHUPHAN 1974, STÖPPLER *et al.* 1989, VETTER *et al.* 1983). Neben der Bestimmung des Rohproteingehaltes enthält ein Teil dieser Arbeiten auch die Bestimmung des Reinproteins und des relativen Eiweißgehaltes (z.B. KLETT 1968, SCHUPHAN 1974). Die Untersuchung der proteinogenen Aminosäuren zur chemischen Bestimmung der ernährungsphysiologischen Proteinqualität (PETERSSON 1982) oder ausgewählter, einzelner Aminosäuren (z.B. SCHUPHAN 1974, VETTER *et al.* 1983) erfolgte in einigen Fällen. Untersuchungen freier Aminosäuren wurden auf den Gesamtgehalt (als Leucin) bezogen durchgeführt, eine Differenzierung der

einzelnen Aminosäuren jedoch nicht vorgenommen (SCHUPHAN 1974). Hinsichtlich der Differenzierung zwischen ökologischem und konventionellem Anbau ergaben sich teilweise Unterschiede. Bei Getreide aus konventionellem Anbau wurden höhere Gesamtproteingehalte (z.B. STÖPPLER *et al.* 1989) gefunden, bei Kopfsalat konventionellen Anbaus geringere relative Eiweißgehalte (REINKEN *et al.* 1990). Die gefundenen Unterschiede wurden jedoch nicht als geschlossenes Konzept weiterverfolgt.

Protein wird allgemein als wertgebender Inhaltsstoff eingestuft. Ein hoher Gesamtproteingehalt, Reinproteingehalt oder relativer Eiweißgehalt wird als qualitätssteigernd bewertet. Die Beurteilung eines hohen Proteingehaltes als wertbestimmende Eigenschaft kann als klassische Bewertungsgrundlage angesehen werden. Der relative Eiweißgehalt (SCHUPHAN 1976) bezieht sich darüber hinaus auf die physiologische Organisationsleistung der Pflanze und kann damit zusätzlich im Sinne einer ganzheitlichen Beurteilung (MEIER-PLOEGER *et al.* 1991) interpretiert werden. Die Organisationsleistung der Pflanze wurde bislang als Kriterium zur Unterscheidung der Qualität ökologischer Produkte von konventionellen noch nicht explizit diskutiert, obwohl sie im Parameter „Relativer Eiweißgehalt“ bereits der Sache nach enthalten ist.

Die oben angeführten Untersuchungen nutzen zur Beurteilung der Produktqualität auf Grundlage der Aminosäuren/Proteingehalte Teilaspekte des vorkommenden analysierbaren Stoffspektrums N-haltiger Substanzen. Insbesondere in älteren Arbeiten sind teilweise Methoden angewendet worden, die bezüglich Präzision und Dokumentation heutigen Standards (ISO17025) nicht entsprechen. Eine aktuelle systematische Beurteilung zur qualitativen Bewertung von Lebensmitteln aus ökologischer und konventioneller Produktion auf Grundlage von Protein/Aminosäuren-Untersuchungen mit validierter Datenbasis ist damit auf Grundlage bisheriger Arbeiten nicht möglich. Insbesondere fehlen validierte Verfahren zur Datenerhebung, die statistischen Kriterien genügen und biologisch plausible Bezüge zum Pflanzenorganismus ermöglichen.

Die bisherigen Ergebnisse lassen vermuten, dass für eine sichere Differenzierung von Proben nach Anbauweisen mehrere Prüfparameter erforderlich sind. Die Zu-

sammenfassung mehrerer Parameter zu einem „physiologischen Index“ (HUBER *et al.* 1988) für Möhren, „Qualitätsindex“ (SCHULZ *et al.* 1997) für Kartoffeln oder „technischen Index bzw. Vitalindex“ (WEIBEL *et al.* 2001) für Äpfel zeigten jeweils gute Korrelationen zum Anbauverfahren. Daher schien die Anwendung eines mehrparametrischen Verfahrens auch im vorliegenden Fall Erfolg versprechend.

5.1.2 Beschreibung der Einzelprüfmethoden

5.1.2.1 Probenvorbereitung

Die einzelnen mit dem Probenmaterial vorgenommenen Arbeitsschritte, sowie die Probenlenkung erfolgten nach Standardarbeitsanweisungen. Die Probenahme war nicht Gegenstand des Teilprojektes. Die Lagerung der Proben nach Ankunft erfolgte kühl und dunkel. Die Untersuchung erfolgte an gut homogenisierten Mischproben. Als Getreidemischproben wurden 800g aus jeweils 200g der jeweiligen Feldwiederholung nach Reinigung gemischt und gemahlen. Von den Karotten wurden nur die zum Verzehr geeigneten Teile untersucht, zusätzlich wurde ca. 1/6 vom oberen und unteren Ende entfernt. Bei Probenmengen bis 50 Karotten wurde jeweils die Gesamtmenge der angelieferten Probe zu einer Mischprobe vereinigt, bei darüberliegenden Probenmengen wurde eine repräsentative Auswahl von 50 Karotten untersucht.

5.1.2.2 Gesamtproteinbestimmung in Weizen und Möhren

Die Bestimmung erfolgt nach Kjeldahl nach der Methode aus §64 LFGB. Die homogenisierte und feinerkleinerte Probe (ca. 1 g Weizen; ca. 6 g Möhren) wird mit Schwefelsäure/Katalysator bei 400 °C aufgeschlossen, dadurch wird der organisch gebundene Stickstoff in Ammoniumsulfat überführt. Nach Versetzen mit Natronlauge im Überschuss wird durch Wasserdampfdestillation das Ammoniak übergetrieben, in Borsäurelösung aufgefangen und anschließend titrimetrisch bestimmt.

5.1.2.3 Nitratbestimmung in Möhren

Die Bestimmung erfolgt mittels HPLC nach der Methode aus §64 LFGB. Die homogenisierte und feinerkleinerte Probe (ca. 25 g) wird mit 95 °C heißem Wasser (250 ml) extrahiert. Störende Begleitstoffe werden durch Klärung nach Carrez oder

durch Reinigung über Festphasenextraktion und nachfolgende Filtration entfernt. Die Bestimmung erfolgt mit Umkehrphasen-HPLC (LiChrospher 100 NH₂) und Detektion im UV-Bereich (205nm).

5.1.2.4 Bestimmung freier Aminosäuren in Möhren

Die Bestimmung erfolgt mittels Aminosäurenanalysator nach der VDLUFA-Methodensammlung. Die homogenisierte und feinzerkleinerte Probe (15 g) wird mit Trichloressigsäure (12 %) extrahiert. Störende Begleitstoffe werden dabei durch Fällung mit Trichloressigsäure (48 %) und anschließende Filtration entfernt. Die Bestimmung erfolgt ionenchromatographisch (Pharmacia LKB) mit Ninhydrin-Nachsäulenderivatisierung und UV-Detektion (570 nm bzw. 440 nm).

5.1.2.5 Aminosäurenbestimmung in Weizen nach Hydrolyse

a) Die Bestimmung der proteinogenen Aminosäuren mit Ausnahme von Cystein, Methionin und Tryptophan erfolgt nach saurer Hydrolyse mittels HPLC bzw. Aminosäurenanalysator nach der VDLUFA-Methodensammlung. Die homogenisierte und feinzerkleinerte Probe (ca. 0,8 g) wird mit 6 N HCl für 24 h bei 110 °C unter Stickstoff im geschlossenen Gefäß hydrolysiert. Die Bestimmung erfolgt mittels Umkehrphasen-HPLC (HP-Aminoquant; Hypersil AA ODS; 338 nm) mit Vorsäulenderivatisierung (OPA/FMOC) (bzw. ionenchromatographisch (Pharmacia LKB) mit Ninhydrin-Nachsäulenderivatisierung und UV-Detektion (570 nm bzw. 440 nm).

b) Die Bestimmung der schwefelhaltigen Aminosäuren Methionin und Cystein erfolgt separat nach saurer Hydrolyse mit vorheriger Oxidation mittels HPLC und Aminosäurenanalysator nach der VDLUFA-Methodensammlung. Dazu wird die homogenisierte und feinzerkleinerte Probe (ca. 0,8 g) unter Eis-Kühlung für 24 h mit Ameisensäure/ Wasserstoffperoxid oxidiert. Nach Abbruch der Oxidation mit Natriumdisulfit wird mit 6 N HCl für 24 h bei 110 °C unter Stickstoff im geschlossenen Gefäß hydrolysiert. Die Bestimmung erfolgt wie bei a angegeben.

c) Die Bestimmung von Tryptophan erfolgt separat nach basischer Hydrolyse mittels HPLC nach der VDLUFA-Methodensammlung. Dazu wird die homogenisierte und feinzerkleinerte Probe (ca. 0,8 g) mit 4 N LiOH für 24 h bei 110 °C unter Stick-

stoff im geschlossenen Gefäß hydrolysiert Die Bestimmung erfolgt wie bei a angegeben.

5.2 Methode Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (FAS)

5.2.1 Verfahrensgrundlage und Bezeichnung

Der Grundgedanke des Verfahrens besteht darin, das Kulturverfahren einer Pflanze mit dem optischen Spektrum in Beziehung zu setzen, das an ihr gemessen werden kann.

Dem Verfahren liegt die Tatsache zugrunde, dass pflanzliche Proben nach Anregung durch Licht langfristig fluoreszieren, d.h. Licht niedrigerer Energie (größerer Wellenlänge) als die Anregung emittieren. Diese Emission nimmt mit der Zeit stark ab, kann jedoch mit entsprechend empfindlichen Geräten während Sekunden, Minuten, Stunden und Tagen gemessen werden (POPP 1984, RUTH *et al.* 1976).

Durch Variation der Anregungswellenlänge und breitbandige Messung der Emission werden Anregungs-Spektren erhalten, die die Emission einer Probe nach Anregung mit einem Spektralabschnitt zeigen (STRUBE *et al.* 1999a).

Das Spektrum hängt grundsätzlich von der Probenart ab. Bei jeder Probenart treten zusätzliche feinere Veränderungen des Spektrums auf. Diese feineren Veränderungen des Spektrums wurden mit den Kulturbedingungen der Proben verglichen. Sie ließen sich unter kontrollierten Bedingungen den Kulturverfahren systematisch zuordnen (STRUBE *et al.* 2000). Vermutlich lenken die Kulturverfahren der konventionellen bzw. ökologischen Landwirtschaft die pflanzliche Entwicklung unterschiedlich, d.h. die Wachstums- und Differenzierungsprozesse erfolgen in etwas unterschiedlicher Weise und kommen im Spektrum zum Ausdruck.

Zur Messung werden unzerkleinerte Pflanzenteile verwendet, z.B. Weizen- oder Maiskörner, ganze Möhren oder ganze Äpfel. Die Messung der Proben-Emission erfolgt zeitaufgelöst. Aus den registrierten Daten werden Messgrößen gebildet. Aus der Vielzahl der vorhandenen Messgrößen werden für die Probenbewertung diejenigen ausgewählt, die sich dafür besonders eignen. Die Auswahl kann manuell oder auf Grundlage von statistischen Methoden erfolgen.

Ursprünglich entstanden ist das Verfahren aus der Messung der sogenannten Biophotonen-Emission, die zunächst von Popp und Ruth untersucht (POPP 1986, RUTH *et al.* 1976), sowie von Popp und anderen auf die Untersuchung von Lebensmitteln angewandt wurde (AMENDA *et al.* 1997, FUCHSHOFEN 1994, HUTTER *et al.* 1994, KÖHLER 2000, KÖHLER *et al.* 1991, KOPP *et al.* 1989, LAMBING 1992, MEHLHARDT *et al.* 1982, MEIERHANS 1994, POPP 1987, 1988, SCHULZE BÖCKENHOFF 1994, STRUBE *et al.* 1999a, b, 2000, 2001a, b, c, 2002, TEUBNER 1983, TEUBNER *et al.* 1981, VESELOVA *et al.* 1985). Während anfangs insbesondere die bemerkenswert niedrige Intensität der Lumineszenz untersucht wurde, stehen bei der Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie insbesondere spektrale Unterschiede (z.B. das Verhältnis der Emissionen nach gelber und blauer Anregung) von Proben im Vordergrund.

Das Wort ‚Fluoreszenz‘ in der Verfahrensbezeichnung wurde verwendet, um auf die größere Wellenlänge des emittierten Lichts im Verhältnis zum anregenden Licht hinzuweisen. Es ist jedoch auch üblich, die Bezeichnung Fluoreszenz ausschließlich für Emissionen im Zeitbereich bis 10^{-4} Sekunden nach der Anregung zu verwenden. Möchte man diese Konvention beibehalten, könnte das hier beschriebene Verfahren auch als Lumineszenz-Anregungs-Spektroskopie bezeichnet werden, da sich der untersuchte Zeitbereich der Emission über Sekunden oder Minuten erstrecken kann. Im Englischen wird auch die Bezeichnung ‚delayed luminescence‘ verwendet. Im nachfolgenden Text wird deshalb auch die Bezeichnung Lumineszenz für die Lichtemission der Probe verwendet. Allerdings sollte man sich bewusst sein, dass trotz der Wortverwandtschaft mit der Bio-Lumineszenz, einer aktiven Lichtemission mancher Organismen auf Basis einer Luziferin-Luziferase-Reaktion, das hier beschriebene und genutzte Phänomen keine Gemeinsamkeiten mit der Bio-Lumineszenz aufweist.

5.2.2 Ursachen der Lumineszenz

Die Einstrahlung von Energie in Form von Licht wird nach physikalischem Verständnis Moleküle mit passenden Energieniveaus in einen angeregten Zustand bringen. Nach kurzer Zeit wird die Energie wieder abgegeben. Durch den Über-

gang aus dem angeregten Zustand in Zwischenniveaus ist bei der Emission eine andere Energieverteilung als bei der Anregung möglich, d.h. die Emission kann langwelliger sein als die Anregung. Während ein angeregtes Energieniveau seine Energie relativ rasch abgibt ($t \sim 10^{-9}$ s) ist die Energieverteilung auf Zwischenniveaus von Verzögerungen begleitet. Stehen für die Energie der Zwischenniveaus wiederum Moleküle zur Absorption zur Verfügung, so kann ein interner Austausch auftreten, ohne dass nach außen hin ein Photon austritt. Pflanzliche Moleküle sind oft Makromoleküle mit einer Vielzahl von Zwischenniveaus. Wird pflanzliches Material als ein Komplex von Biopolymeren und anderen Stoffen angesehen, so sind neben kurzfristigen viele mittel- und langfristige interne Energieaustauschprozesse denkbar, die den Zeitbereich von Sekunden und Minuten für die verzögerte Lumineszenz plausibel erscheinen lassen.

Welche Energieniveaus in welchem Zeitbereich beteiligt sind, kann man sich als durch die am Stoffkomplex beteiligten Substanzen und durch das Gefüge ihres Zusammenhangs bestimmt vorstellen. Unterschiede im Spektrum können so als Verschiedenheiten im inneren Gefüge der Probe gedeutet werden.

Speziellere Modelle zu den Ursachen der Emission wurden in der Literatur diskutiert (POPP *et al.* 2002, POPP *et al.* 1992). Für das hier vorgestellte Verfahren und seine Ergebnisse sind die Hypothesen zur Ursache der langfristigen Lumineszenz zumindest zunächst nicht erforderlich. Die Kenntnis der Ursachen kann zukünftig möglicherweise weiterführende Perspektiven eröffnen.

5.2.3 Messprinzip

Die zu prüfende Probe wird durch definierte Beleuchtung optisch angeregt. Das nach Ende der Anregung von der Probe emittierte Licht (induzierte verzögerte Fluoreszenz) wird gemessen.

Zur Messung befindet sich die Probe in einer lichtdichten Messkammer. Das Licht einer externen Quelle gelangt durch einen Verschluss zur Probe. Mittels Photovervielfacher wird die verzögerte Lumineszenz der Probe gemessen.

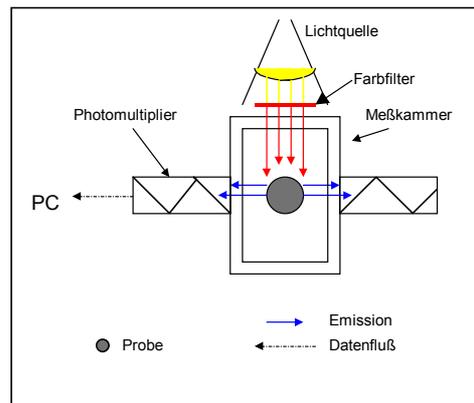


Abb. 7: Schematische Darstellung der Messanlage. Die Probe im Inneren der Messkammer wird für definierte Zeit optisch angeregt und ihre verzögerte Lumineszenz mittels Photovervielfacher gemessen.

Schematische Darstellung der Messanlage. Die Probe im Inneren der Messkammer wird für definierte Zeit optisch angeregt und ihre verzögerte Lumineszenz mittels Photovervielfacher gemessen.

Die optische Anregung erfolgt mit konstanter Helligkeit für eine definierte Zeit (Anregungsphase). Eine Messphase umfasst 100 einzelne Messwerte. Bei 10 Sekunden Messdauer wird ein Messwert je 0,1 Sekunde erfasst (bei 50 Sekunden entsprechend ein Messwert je 0,5 Sekunden).

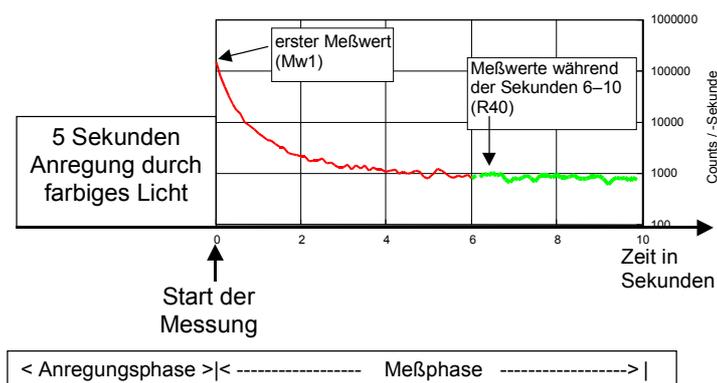


Abb. 8: Zeitschema des Messablaufs. Nach der Anregungsphase ergibt sich ein abklingender Intensitätsverlauf der Emission. Die Zuordnung der im Text verwendeten Kurzbezeichnungen Mw1 und R40 ist angegeben.

Die Emission der Probe ist nach der Anregung am höchsten und klingt allmählich ab, wobei nach einigen Sekunden, je nach Probenart, eine relativ konstante Emission auftritt.

5.2.4 Mess-Zyklus

Zur Messung von Spektren erfolgt die optische Anregung (engl. excitation) sequentiell in 7 verschiedenen spektralen Abschnitten des sichtbaren Bereichs und im nahen UV (d.h. insgesamt von 780 nm bis 360 nm). Die Messung der verzögerte Emission (engl. emission) erfolgt breitbandig, wobei die Messbandbreite (260 nm – 850 nm) durch die Photokathode und das Fenstermaterial bestimmt ist.

Die sequentielle Anregung der Probe erfolgt in spektralen Abschnitten mit den Lichtfarben Dunkelrot (RG715), Rot (RG630), Hellrot (OG590), Gelb (OG530), Grün (VG6), Blau (BG12), UV (UG11) sowie breitbandig durch weißes Licht (farblos = ohne Filter). Nach jeder einzelnen Anregung erfolgt eine Messung der verzögerten Fluoreszenz der Probe.

Die folgende Abbildung zeigt die Emission einer Probe während eines Messzyklus, d.h. in 8 aufeinander folgenden Messphasen nach jeweils 5 Sekunden Anregung. Nach jeder Anregungs-Farbart ergibt sich eine unterschiedliche Emission. Die letzte Anregung innerhalb des Messzyklus erfolgt durch weißes Licht.

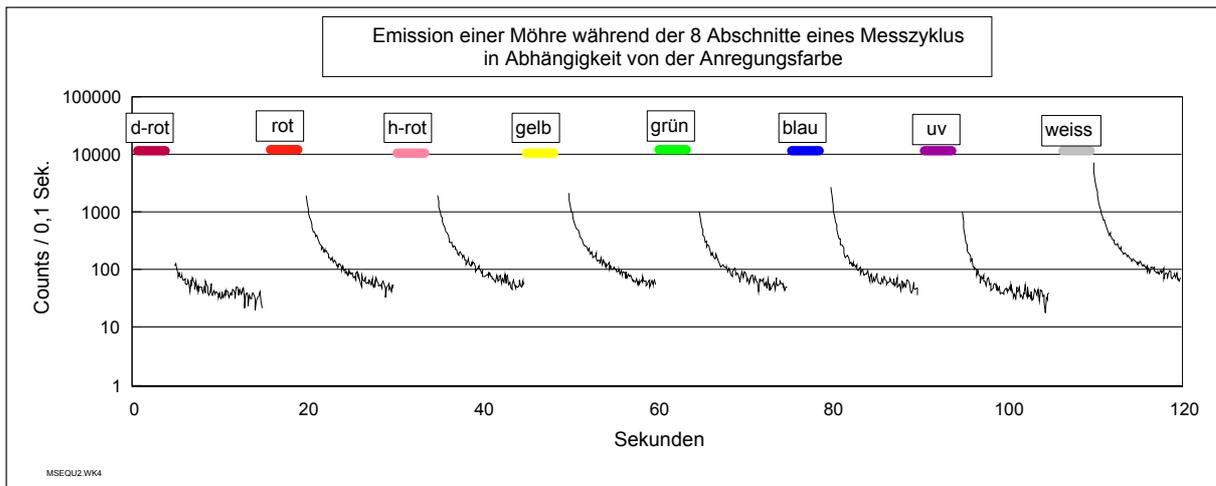


Abb. 9: Messzyklus aus 8 Anregungsphasen und 8 Messphasen am Beispiel einer Möhre. Den 7 Anregungsphasen mit Licht aus Teilbereichen des sichtbaren Spektrums folgt die 8. Anregungsphase mit weißem Licht. Die induzierte Fluoreszenz der Probe ist jeweils unmittelbar nach der Anregung am intensivsten und klingt dann ab. Je nach Probenart ergeben sich unterschiedliche Emissionsverläufe. In der oberen Grafik sind die Anregungsphasen farblich angedeutet.

Die optische Anregung der Probe findet jeweils unmittelbar vor den Messphasen statt. Nach der ersten Anregung (im dunkelroten Abschnitt des sichtbaren Spektrums) ist die verzögerte Emission der Probenarten Weizen und Möhren am geringsten (niedriger Mw1-Wert). Nach der Anregung mit rotem Licht (2. Anregungsphase) ist die Emission bereits deutlich höher. Je nach Probenart treten verschiedene Emissionsprofile auf. Die Emission wird durch Bewertungsgrößen erfasst, so dass sich die Emissionsprofile quantitativ unterscheiden lassen.

Die Folge der Anregungsfarben ist so gewählt, dass die jeweils spätere Anregung eine stärkere Emission hervorruft als die vorhergehende. Überlagerungseffekte durch nicht ausreichend abgeklungene Emission nach der vorangegangenen Anregung werden damit weitgehend vermieden. Je nach Probenart kann es erforderlich sein, einen definierten Zeitraum für das weitere Abklingen der Emission vorzusehen.

5.2.5 Messgrößen der Emission

Die spektralen Messdaten jeder Probe werden erfasst und archiviert. Für die Auswertung werden Messgrößen gebildet, die einzelne Eigenschaften der Emission charakterisieren. Die Messgrößen beziehen sich jeweils auf die zugehörige Farbe (den Spektralbereich) des anregenden Lichts, die aus den Endbuchstaben der Messgrößenbezeichnung hervorgeht (dr=dunkelrot, r=rot, hr=hellrot, ge=gelb, gr=grün, bl=blau, uv=ultraviolett, w=weiß). Einige Beispiele mögen das System verdeutlichen. Die Anfangsintensität der Emission nach weißer Anregung wird mit Mw1w bezeichnet, nach blauer mit Mw1bl. Der Mittelwert der Emission im Zeitbereich von 6 – 10 Sekunden wird mit R40w bezeichnet, wenn weiß angeregt wurde, mit R40r, wenn rot die Farbe des anregenden Lichts war. Die Kurvenkrümmung der ersten Hälfte des zeitlichen Verlaufs der Emission wird durch ChiEH50ge bezeichnet, wenn diese nach gelber Anregung gemessen wurde, ChiEH100ge wenn die Kurvenkrümmung über den gesamten Zeitbereich berechnet wurde. Das Verhältnis der anfänglichen Emission zu der Emission im Zeitbereich von 6-10 Sekunden wird als Mw1/R40gr bezeichnet, wenn es bei grüner Anregung gemessen wurde. Das Verhältnis der Emission im Zeitbereich von 6-10 Sekunden nach gelber zu der entsprechenden Emission nach blauer Anregung wird als R40ge/bl bezeichnet.

5.2.6 Spektrenbeispiel

Wird eine Messgröße für alle 8 verwendeten Anregungsfarben dargestellt, entsteht ein Spektrum dieser Messgröße. Ein Spektrum von Möhren und Weizen zeigt die folgende Grafik. Dargestellt ist die Messgröße R40 bezogen auf die bei weißer Anregung gemessenen Werte (R40%w), d.h. es sind die Messgrößen R40dr/w, R40r/w, R40hr/w usw. bis R40w/w dargestellt.

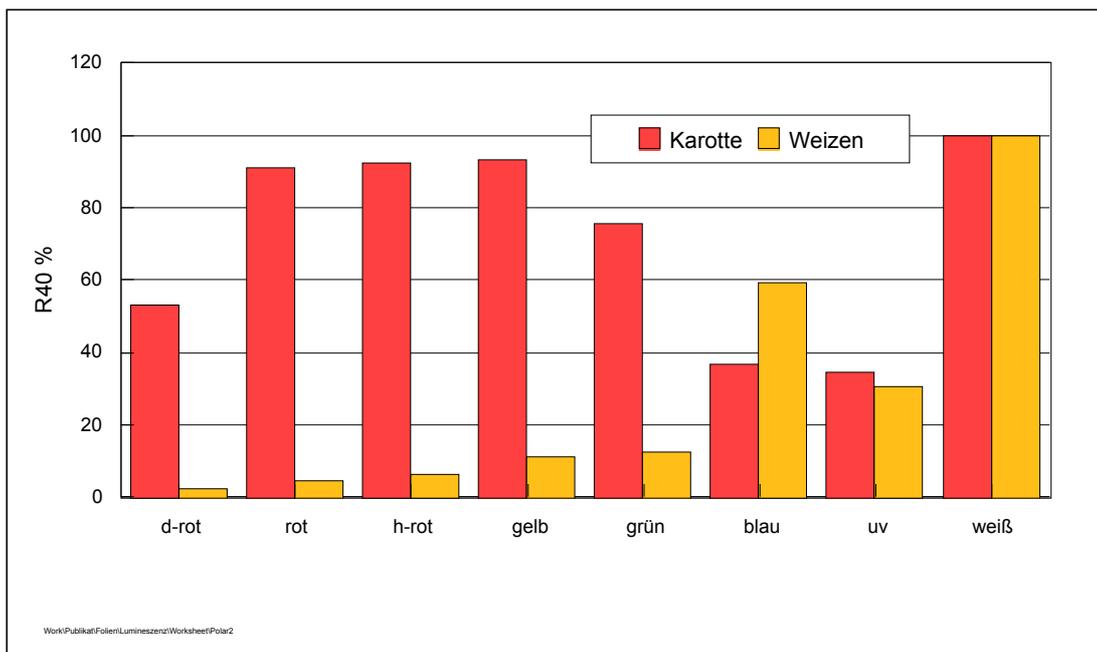


Abb. 10: Spektren von Möhren und Weizen im Vergleich. Dargestellt ist die relative Lumineszenz (Messgröße R40) der Probe bei den verschiedenen Farben der optischen Anregung bezogen auf Weiß.

Möhren als vegetativer Pflanzenteil zeigen ein breites Spektrum über alle Anregungsfarben mit Betonung des roten, gelben und grünen Bereichs. Weizen als Same zeigt dagegen schwache Anregbarkeit im roten und gelben Bereich und bevorzugte Anregbarkeit durch Blau.

5.2.7 Datenvektor

Die Daten jeder einzelnen Messung werden zum einen so wie sie entstehen als Rohdaten abgespeichert und zum anderen in aufbereiteter Form als Datenvektor. Der Datenvektor aufbereiteter Daten wird Grundlage der Probenbewertung. Er wird deshalb auch als Evaluationsdatenvektor bezeichnet. In diesen Datenvektor gehen zum einen speziell ausgewählte Daten ein, die den direkt gemessenen Werten der 8 Intensitätsverläufe (siehe Abb. 8 u. Abb. 9) einer einzelnen Messung entnommen werden (Daten erster Ordnung). Zusätzlich werden aus den gemessenen Werten weitere Daten berechnet, die Messgrößen von Eigenschaften der gemessenen Daten darstellen (Messdaten zweiter Ordnung). Nachfolgend wird die

Auswahl und Bezeichnung der Elemente des Evaluationsdatenvektors beispielhaft erläutert.

Als Kurzzeitemission wird die Emissionsintensität im ersten Messintervall (Mw1) nach der Anregung bezeichnet. Die 8 Kurzzeitemissionen nach den Anregungen durch Dunkelrot, Rot, Hellrot, Gelb, Grün, Blau, UV und Weiß werden mit Mw1dr, Mw1r, Mw1hr, Mw1ge, Mw1gr, Mw1bl und Mw1w abgekürzt und bilden 8 Elemente des Datenvektors. Eine ähnliche Gruppe von Werten existiert für die Langzeitemissionen (R40; Sekunde 6 – 10; siehe Abb. 8), wobei an R40 wiederum entsprechend die jeweilige Anregungsfarbe angehängt wird, bei Gelb z.B. R40ge. Die 8 Langzeitemissionen sind ebenfalls Elemente des Datenvektors.

Als Messgrößen zweiter Ordnung sind im Datenvektor u.a. die Verhältnisse zweier Langzeitemissionen enthalten. Ein Beispiel ist der Quotient $R40ge/R40bl$, der kürzer mit $R40ge/bl$ bezeichnet wird. Generell werden bei den Quotienten als Bezugsgrößen $R40w$ und $R40bl$ verwendet. Es existieren daher zwei Serien von je 7 Quotienten, die mit $R40dr/w$ bis $R40bl/w$ und $R40dr/bl$ bis $R40w/bl$ bezeichnet werden. Die Krümmung der abklingenden Intensitätskurve der Emission während der ersten 50 Datenpunkte (erste 5 Sekunden) wird durch eine Größe bewertet, die als Quotient einer exponentiellen und einer hyperbolischen Chi-Quadrat Kurvenanpassung errechnet wird. Diese Größe wird als $ChiEH50$ bezeichnet. Die 8 Größen $ChiEH50dr$ bis $ChiEH50w$ bilden weitere Elemente des Evaluationsdatenvektors. Insgesamt wird so ein Vektor mit 120 Größen für jede einzelne Messung generiert. Zusätzlich werden in diesem Vektor Datum und Zeitpunkt der Messung sowie weitere relevante Geräte- und Umweltdaten erfasst.

5.2.8 Mittelwertbildung und Probenhomogenität

Anders als bei den meisten analytischen Verfahren werden bei der FAS die Proben nicht zerkleinert. Entsprechend können Proben nicht in zerkleinerter Form homogenisiert und durch Messwiederholung die Analysenunsicherheit bestimmt werden. Bei Äpfeln werden bei einer Stichprobe mindestens 20 Stück einzeln nacheinander gemessen, um eine angemessene Durchschnittsbildung zu errei-

chen. Aus den einzelnen Messwerten der Exemplare einer Probe wird der Mittelwert durch Berechnung erhalten. Obwohl dieses Verfahren längere Zeit erfordert als die Herstellung einer mittleren Probe durch Vereinigung der Exemplare und Homogenisierung durch zerkleinernde Verarbeitung, ist es dennoch vorzuziehen. Sämtliche bislang erprobten Formen von Homogenaten erwiesen sich als nicht ausreichend stabil für wiederholte Messungen.

Als Vorteil der Messung zahlreicher Einzelexemplare entsteht Kenntnis über die tatsächliche Inhomogenität von Proben in Abhängigkeit von der Probenart. Von besonderer Bedeutung ist, dass die zahlreichen Probenwiederholungen eine zuverlässige statistische Auswertung erlauben.

5.2.9 Statistik

Die Klassifikation unbekannter Proben auf Grundlage von FAS-Daten erfolgte in der Vergangenheit nach einer heuristischen Methode, die sich auf Erfahrungen und Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen stützte (Strube 2005). Nachdem sich diese Methode als recht treffsicher erwiesen hatte wurde versucht, sie konsequent in ein statistisches Verfahren zu überführen. Der Grundgedanke besteht darin, bei bekannten Proben mit statistischen Methoden diejenigen Elemente des Datenvektors auszuwählen, die die Anbauverfahren besonders gut trennen. Aus diesen Elementen wird als Linearkombination eine kanonische Variable errechnet, in der das Anbauverfahren zum Ausdruck kommt. Die gleiche Linearkombinations-Formel wird auf die Daten unbekannter Proben angewandt. Die kanonische Variable ist dann ein Maß, um die unbekannt Proben zu klassifizieren. Die Funktionen zur Durchführung des Verfahrens sind als Lineare-Diskriminanz-Analyse Teil von üblichen Statistikprogrammen wie z.B. JMP.

Zur Berechnung wurden für die betreffende Probenart die jahresbedingten Unterschiede zwischen den Proben aus den Daten mathematisch entfernt, indem die Datensätze jahrgangsbezogen normalisiert wurden. Dazu wurde von jedem Einzelwert einer Messgröße der Mittelwert des gesamten Datensatzes bezüglich dieser Messgröße und dieses Jahrgangs subtrahiert und anschließend jeder

Einzelwert entsprechend durch die zugehörige Standardabweichung dividiert. Lagen bei einer Probenart mehrere Sorten vor (z.B. bei Äpfeln), so war es ggf. erforderlich, die Normalisierung separat für jede der Sorten durchzuführen. Aus den normalisierten Datensätzen wurden durch schrittweise Variablenselektion diejenigen Elemente aus dem Datenvektor ausgewählt, der Kombination am besten zur Trennung der Trainingsproben führte. Die Diskriminanzfunktion führt dann zur kanonischen Variable sowohl für die Trainingsdaten (z.B. 2004) als auch für die zu klassifizierenden Proben (z.B. 2005). Anschließend wurde die kanonische Variable einer Varianzanalyse hinsichtlich der Faktoren Jahr, Anbau und ggf. Standort unterzogen (mittels des Programmes Statistica). Eine ähnliche Vorgehensweise wurde von Bigler auf Apfelproben angewandt (BIGLER 2006), jedoch ohne Normalisierung der Rohdaten und mit 5 Messgrößen. Die Eliminierung des Jahrgangseinflusses aus den Daten durch entsprechende Normalisierung verbessert die prospektive Klassifikation beträchtlich. Zur Verbesserung trägt ebenfalls die relativ hohe Zahl der verwendeten Messgrößen (ca. 20 – 60) bei. Die verwendeten Elemente des Datenvektors sind nicht völlig unabhängig voneinander (wie es Bigler für seine Daten bevorzugte), sondern untereinander teilkorreliert. Das hat grundsätzlich zur Folge, dass die Trennung etwas schärfer (signifikanter) erscheint, als bei ausschließlicher Verwendung von vollständig nicht korrelierten Messgrößen. Die Teilkorrelation ist jedoch überwiegend durch Eigenschaften der Proben selbst bedingt, wie an anderer Stelle dieses Berichts gezeigt wird (s. Kap. 7.2). Wäre Information teilkorrelierter Messgrößen redundant, so trüge sie nicht zur Verbesserung der Probenentrennung bei. Die tatsächlich erreichte sicherere Trennung belegt, dass auf die zusätzliche Information durch die weiteren Messgrößen nicht verzichtet werden sollte.

5.2.10 Validierung

Zweck der Validierung ist es, zu zeigen dass die Methode zuverlässige Daten generiert und bestimmte Fragen beantwortet (KROMIDAS 1999). Die Anwendungsfrage besteht hier darin, welche Probe unterlag welcher Kulturbedingung. In Bezug auf die Frage der Kulturbedingung sind keine Standardproben für Referenzzwecke

erhältlich. Um die Methode dennoch entsprechend den Richtlinien der ISO 17025 zu validieren, wurden die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt. 1.) Validierung des Messgerätes durch Bestimmung der Kurzzeit- und Langzeitwiederholbarkeit an inerten Prüfkörpern. 2.) Validierung der Mess-Methoden für die zu untersuchenden pflanzlichen Proben durch Bestimmung der Wiederholbarkeit an gleichartigen pflanzlichen Proben. Systematische Prüfung von Einflussfaktoren auf das Messergebnis dieser Proben. 3.) Anwendungsvalidierung durch Untersuchung, ob die Methode in der Lage ist, Unterschiede zwischen den Kulturmethoden anhand der pflanzlichen Proben zu zeigen. Dazu werden codierte Proben eingesetzt, die unter dokumentierten Bedingungen angebaut wurden.

Die Validierungsschritte gemäß Punkt 1 wurden bereits im Projekt 02OE170 dokumentiert. Für die pflanzlichen Probenarten Weizen und Möhren wurden die Validierungsschritte gemäß Punkt 2 und 3 ebenfalls bereits im Projekt 02OE170 dokumentiert. Für die zusätzlichen Probenarten Mais und Äpfel werden Validierungsmaßnahmen nachfolgend beschrieben.

Als Messgröße für die Wiederholbarkeit dient der Variationskoeffizient, berechnet als Quotient Standardabweichung/Mittelwert eines Messwertes.

Die Beantwortung der Validierungsfrage zur Anwendung ergibt sich aus den Gesamtergebnissen der untersuchten Proben.

5.2.10.1 Validierung der Methode in Anwendung auf Äpfel

Die erreichbare Präzision bei Äpfeln ist hauptsächlich bestimmt durch Variationen innerhalb des Probenmaterials selbst. Es bestehen zwei primäre Einflussfaktoren: 1. Die Inhomogenität der Apfeloberfläche und 2. die Exemplarstreuungen zwischen den Äpfeln.

Die Inhomogenität der Apfeloberfläche wirkt sich aus, da das Messgerät die Oberfläche nur zu einem Teil erfasst. Voruntersuchungen wie auch die Validierungsdaten zeigen, dass zumeist einer Oberflächenseite relativ hoher Lichtemission eine Seite niedriger Emission gegenübersteht. Dazwischen besteht ein Übergang. Werden Äpfel von zwei gegenüberliegenden Seiten gemessen, so werden entwe-

der zufällig die Gegensätze erfasst oder zwei Übergangsbereiche mittlerer Emission. In beiden Fällen führt dies dazu, dass durch zwei Messungen ein Apfel relativ treffend erfasst wird.

Exemplarstreuungen wird dadurch Rechnung getragen, dass je Probe mindestens 20 Einzelexemplare gemessen werden.

5.2.10.2 Validierung der Methode in Anwendung auf Mais

Die erreichbare Präzision bei Mais ist hauptsächlich bestimmt durch Variationen der Probenvorbereitung und Änderungen der Probe selbst. Als primärer beeinflussender Faktor für Mais wurde dessen Feuchtegehalt identifiziert. Dieser Hauptfaktor entspricht damit dem der anderen bisher untersuchten Samen. Die Maisfeuchte tendiert zu einem Gleichgewicht mit dem Feuchtegehalt der Luft. Nach Trocknung über Silicagel und Äquilibrierung im Exsikkator können einige kleinere systematische oder zufällige Effekte während der Überführung der Maisproben in die Messküvette auftreten. Systematische Effekte treten durch den Feuchtegehalt der Luft auf. Während Messungen an verschiedenen Tagen muss witterungsbedingt mit unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit gerechnet werden. Bei höherer Luftfeuchte nimmt der Mais etwas mehr Wasser auf. Dies beeinflusst alle Proben eines Messtages in nahezu gleichem Ausmaß. Dieser systematische Effekt kann statistisch durch Varianzanalyse (ANOVA) quantifiziert und kompensiert werden.

Kleinere zusätzliche Schwankungseffekte können durch das Laborpersonal entstehen, wenn unterschiedliche Zeit für das Überführen der Probe aus dem Exsikkator in die Messküvette benötigt wird. Unterschiedliche Zeit könnte zu veränderter Diffusion der Feuchte Gelegenheit geben. Auch könnte unterschiedliche Feuchteausdünstung der Hand des ausführenden Mitarbeiters zu Veränderungen führen. Entsprechend wurde untersucht, ob bei den Ergebnissen systematische Unterschiede zwischen den Labormitarbeitern bestehen.

Verbleibende zufällige Variationen, wie z.B. unterschiedliche Füllung der Küvette von Messung zu Messung, gehen in untergeordneter Weise in die Gesamtvariation ein, die ohnehin durch die Variation innerhalb der Probe dominiert wird.

6 Ergebnisse (J. Strube, P. Stolz)

6.1 Allgemeines und Arbeitsfragen

Nachfolgend werden Ergebnisse von Untersuchungen an Äpfeln, Mais, Möhren und Weizen dargestellt, Die Untersuchung erfolgte im Hinblick auf die Frage, ob es bei unbekanntem Probenpaaren ökologischer und konventioneller Herkunft messbare Anhaltspunkte dafür gibt, sie der zugehörigen Anbauweise zuzuordnen. Wie beschrieben stammten die Proben sowohl aus wissenschaftlich kontrollierten Anbauversuchen wie auch von marktbeliefernden Erzeugern.

Einzelparameter reichen im allgemeinen zur Klassifikation unbekannter Proben bezüglich ihrer Anbauweise nicht aus. Entsprechend wurde hier untersucht, ob durch Methoden, die in einem Messgang eine Vielzahl von Daten liefern und die anschließende Anwendung statistischer Verfahren eine Verbesserung bei der Diskriminierung und Klassifikation unbekannter Proben erreicht werden kann.

Bei allen Proben standen zwei aufeinander folgende Erntejahrgänge zur Verfügung, bei Weizen aus dem DOK Anbau und bei Möhren der Universität Kassel drei Jahrgänge.

Die gemessenen Daten der Proben wurden im Hinblick auf die Frage interpretiert, welche Probe welcher Anbauweise zuzuordnen ist. Die getroffenen Zuordnungen wurden dem Projektpartner G. Rahmann (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft) als neutraler Stelle vor der Dekodierung der Probenschlüssel zugesandt.

Die gemessenen Daten wurden zusätzlich der Arbeitsgruppe Busscher/Kahl für Korrelationsberechnungen zur Verfügung gestellt.

6.2 Ergebnisse PAS

6.2.1 Apfel Erzeugerproben (Elstar)

Bei den Apfelproben Erzeuger 2004 konnten drei von vier Vergleichsproben bei den Parametern % Nid, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

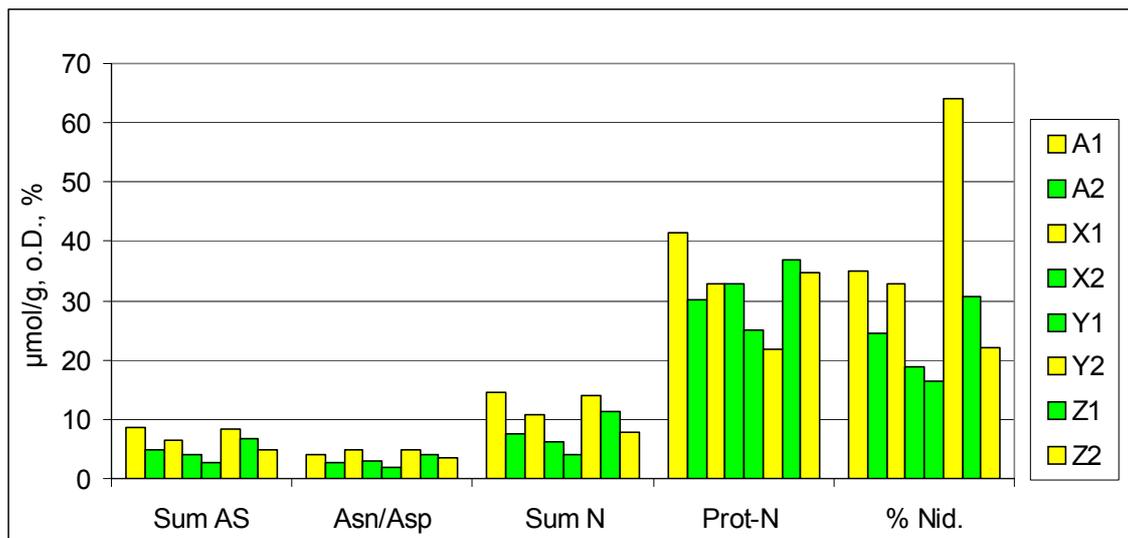


Abb. 11: Die ökologischen Varianten der Apfelproben 2004 (Elstar) vom Erzeuger (grün) konnten in 3 von 4 Fällen richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS, Asn/Asp und % Nid).

Das Probenpaar Z1/2 zeigte bei Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren höhere Werte bei der Variante, die nach Dekodierung als aus biologischen Anbau gekennzeichnet war. Da diese Probe relativ hohe Werte für die Summe der Aminosäuren und den Protein-N aufwies, liegt hier möglicherweise eine Überdüngung der als ökologisch gekennzeichneten Probe vor. Gleichzeitig weist die zugeordnete konventionelle Probe einen relativ geringen %NiD-Wert auf, was auf vergleichsweise gute Ausreifung hindeutet.

Bei den Apfelproben Erzeuger 2005 konnte lediglich eine von vier Vergleichsproben dem Anbauverfahren richtig zugeordnet werden. Hier bestehen Zweifel an der

Einsatzmenge des N-Düngers bei den biologischen Varianten N, O und P, da alle PAS Parameter auf hohe N-Düngung hindeuten. Diese Proben stammten nicht aus wissenschaftlich kontrolliertem Versuchsanbau sondern von Erzeugerbetrieben. Insofern sind die Kulturbedingungen nicht so klar definiert wie bei den folgenden Proben des FiBL-Betriebsvergleichs.

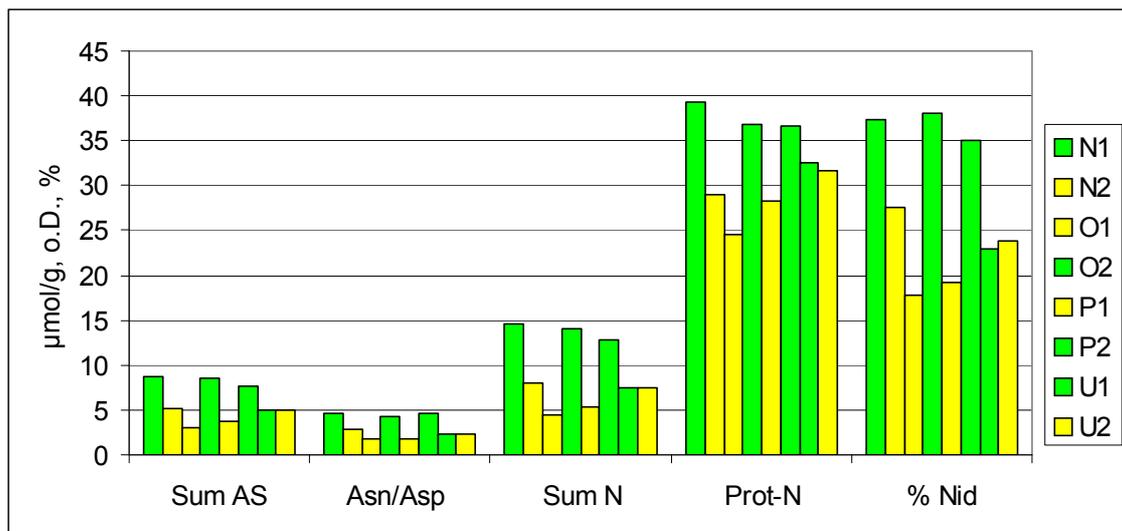


Abb. 12: Die ökologischen Varianten der Apfelproben (Elstar) 2005 von Erzeugern (grün) konnten bei einer der Proben richtig zugeordnet werden. Die als ökologisch gekennzeichneten Proben weisen durchweg höhere N-Gehalte als die konventionellen auf.

6.2.2 Apfel FiBL (Golden Delicious)

Bei den Apfelproben der Sorte Golden Delicious aus dem FiBL-Betriebsvergleich konnten im Jahr 2004 die fünf Proben bei den Parametern Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

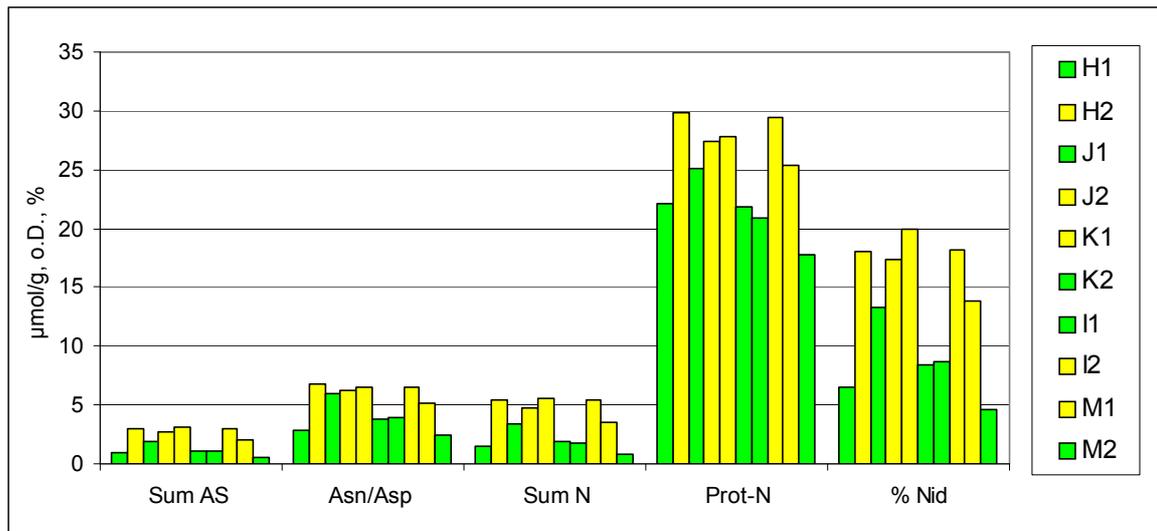


Abb. 13: Die ökologischen Varianten der Apfelproben (Golden Delicious) 2004 des FiBL-Betriebsvergleichs (grün) konnten in 5 von 5 Proben richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS, Asn/Asp und Prot-N).

Bei den Apfelproben der Sorte Golden Delicious aus dem FiBL-Betriebsvergleich konnten im Jahr 2005 die fünf Proben mit den Parametern Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

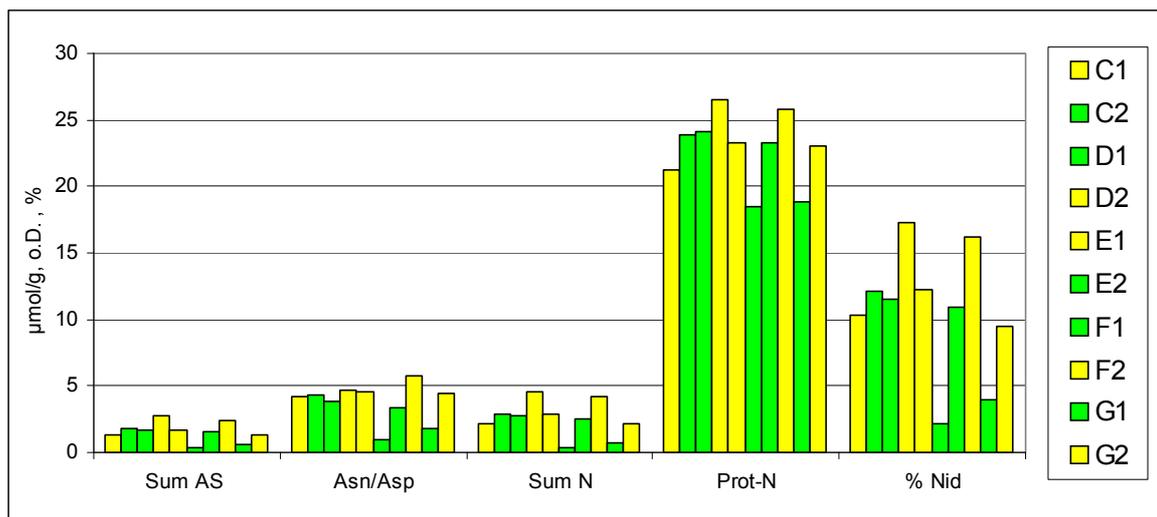


Abb. 14: Die ökologischen Varianten der Apfelproben (Golden Delicious) 2005 des FiBL-Betriebsvergleichs (grün) konnten in 5 von 5 Proben richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($P < 0.001$ für Sum AS, Asn/Asp und Prot-N).

6.2.3 Mais aus dem DOK-Versuch des FiBL

Bei den Maisproben des Jahres 2004 aus dem DOK-Versuch konnten die ökologischen Varianten von den konventionellen Varianten signifikant differenziert werden. Die ökologischen und konventionellen Proben konnten mithilfe der Quotienten Glu/Lys und Pro/Lys richtig zugeordnet werden,

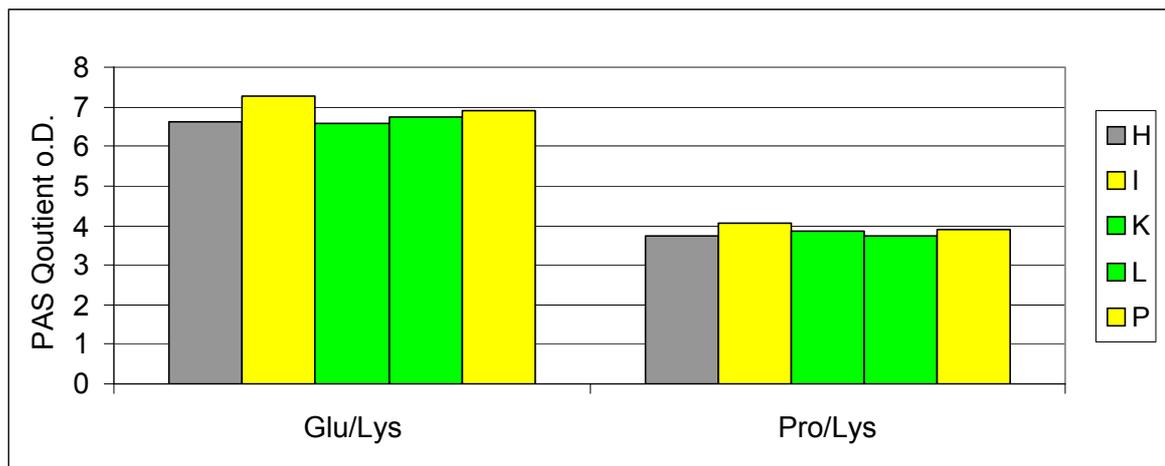


Abb. 15: Die ökologischen Varianten der Maisproben 2004 des FiBL-DOK-Versuchs (grün) konnten richtig zugeordnet werden und von den konventionellen Varianten signifikant differenziert werden, ($p < 0.05$ für Glu/Lys).

Auch für die Maisproben des Jahres 2005 aus dem DOK-Versuch konnten die ökologischen Varianten von den konventionellen Varianten signifikant differenziert werden. Die ökologischen und konventionellen Proben konnten mithilfe der Quotienten Glu/Lys und Pro/Lys richtig zugeordnet werden,

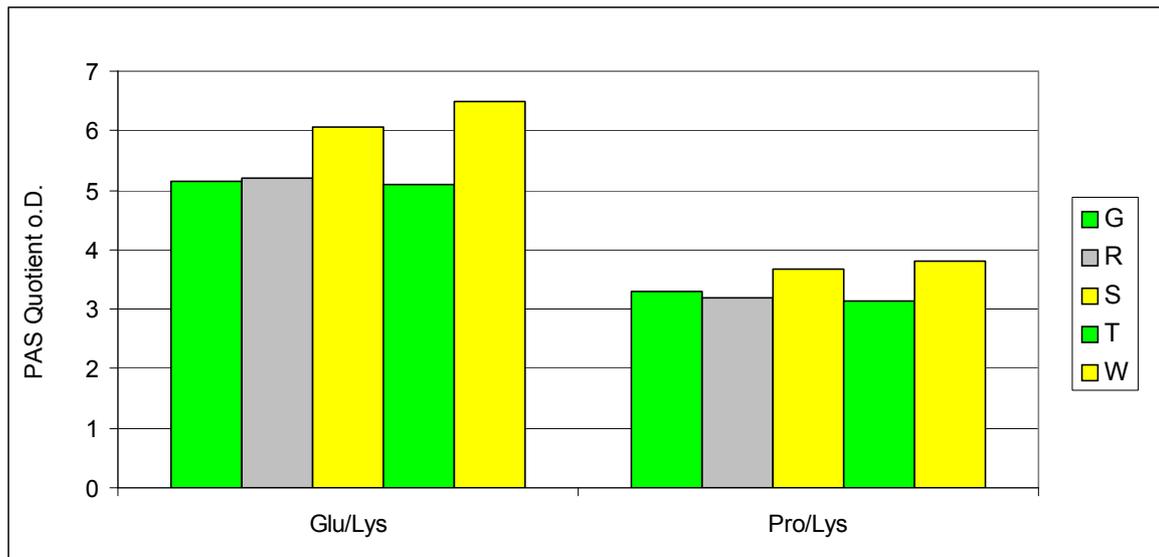


Abb. 16: Die ökologischen Varianten der Maisproben 2005 des FiBL-DOK-Versuchs (grün) konnten richtig zugeordnet werden und von den konventionellen Varianten signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Glu/Lys und Pro/Lys).

6.2.4 Möhren Markt

Bei den Möhrenproben 2004 vom Erzeuger konnten drei von fünf Vergleichsproben bei den Parametern Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

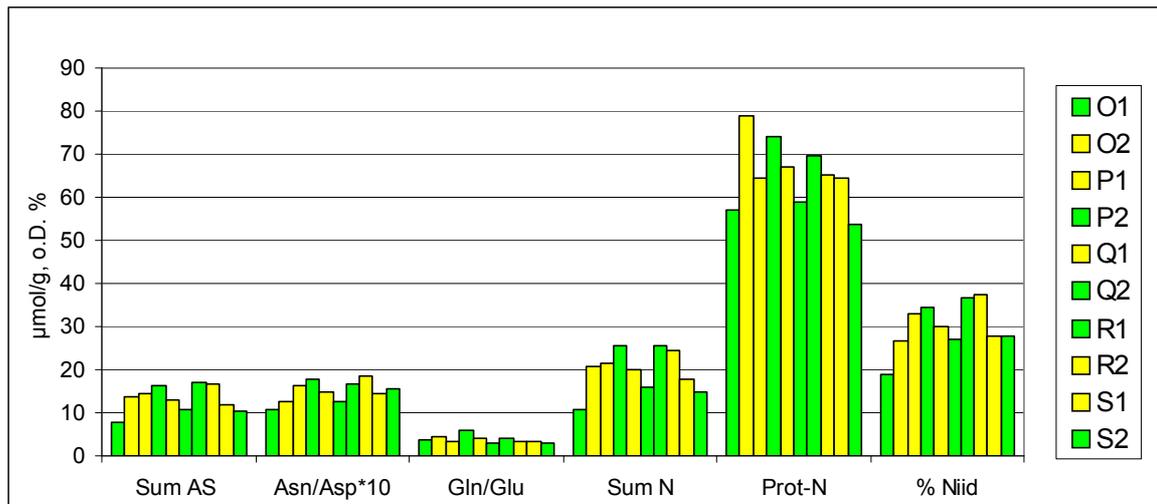


Abb. 17: Die ökologischen Varianten der Möhren 2004 vom Erzeuger (grün) konnten bei 3 von 5 Proben richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($p < 0.05$ für Sum AS und Prot-N).

Die Probenpaare P1/2 und R1/2 zeigten bei Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp, Nitrat, sowie der Summe freier Aminosäuren höhere Werte bei der Variante, die nach Dekodierung als aus biologischen Anbau gekennzeichnet war. Die Proben P2 und R1 weisen nach Probe Q1 die höchsten Werte für Protein-N auf, was auf eine starke Düngung mit Stickstoff hindeutet. Möglicherweise sind die ausgesuchten Betriebspaare bezüglich der Betriebsweise nicht vergleichbar.

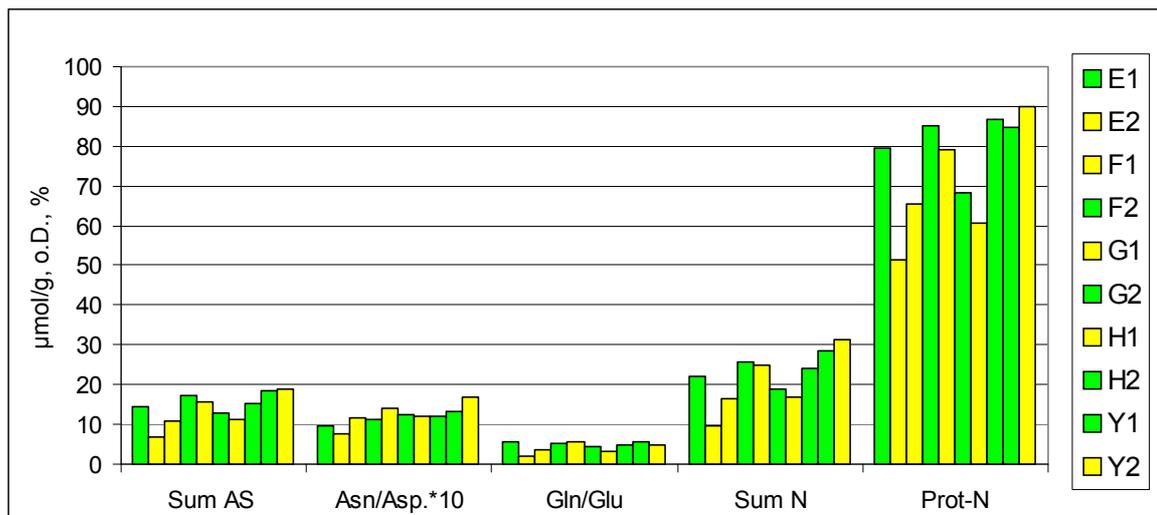


Abb. 18: Die ökologischen Varianten der Möhren 2005 vom Erzeuger (grün) konnten in 2 von 5 Proben richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($P < 0.05$ für Asn/Asp und Prot-N).

Bei den Möhrenproben 2005 vom Erzeuger konnten lediglich zwei von fünf Vergleichsproben bei den Parametern Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

Die Probenpaare E1/2, F1/2 und H1/2 zeigten bei Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp, sowie der Summe freier Aminosäuren höhere Werte bei der Variante, die nach Dekodierung als aus biologischen Anbau gekennzeichnet war. Die Proben E1, F2 und H2 weisen nach Probe Y1 die höchsten Werte für Protein-N auf, was auf eine starke Düngung mit Stickstoff hindeutet. Möglicherweise sind die ausgesuchten Betriebspaare bezüglich der Betriebsweise nicht vergleichbar.

6.2.5 Möhren Universität Kassel (Düngungsstufen)

Bei den Möhren des Düngungsversuchs der Uni Kassel 2004, 2005 und 2006 konnten die Proben beider Sorten mittels der Messparameter Rohprotein-N, dem Amidierungsgrad Asn/Asp sowie der Summe freier Aminosäuren signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden. Der Parameter Nitrat führte nur teilweise zu einer Trennung und Differenzierung der Düngungsstufen (nicht gezeigt).

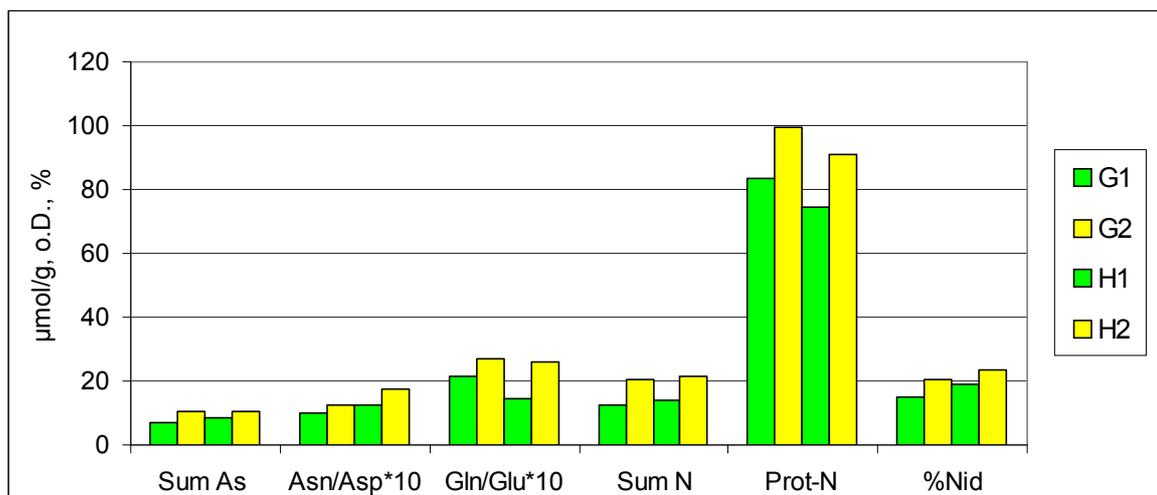


Abb. 19: Die nicht zusätzlich mit N-gedüngten Varianten der Möhren 2004 der Uni Kassel (grün) konnten beide richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS, Asn/Asp und Prot-N).

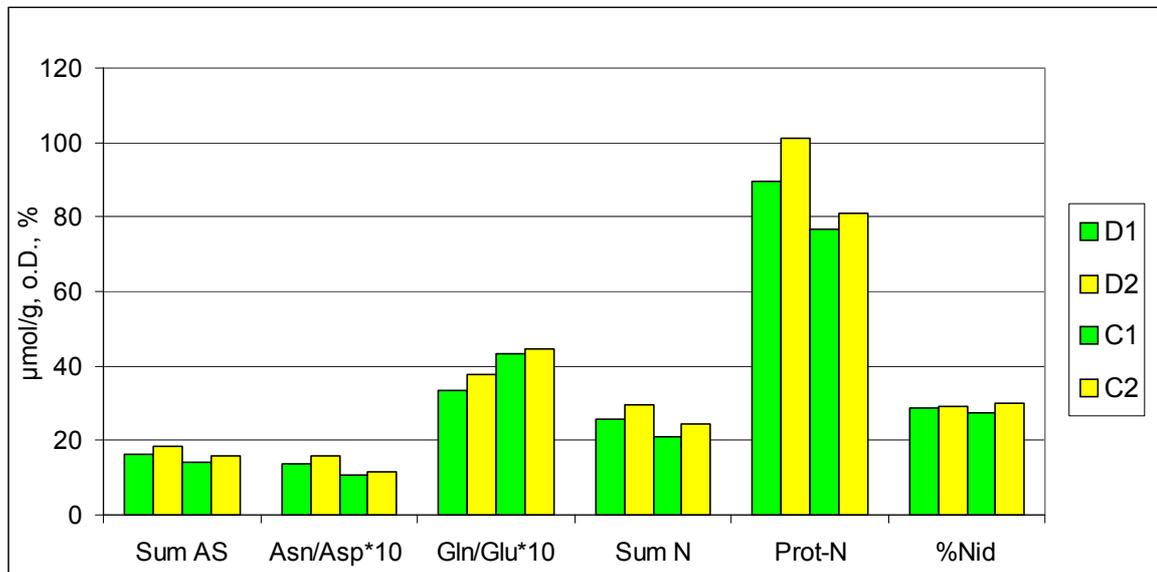


Abb. 20: Die nicht zusätzlich mit N-gedüngten Varianten der Möhren 2005 der Uni Kassel (grün) konnten beide richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS und Prot-N, $P < 0,01$ für Asn/Asp).

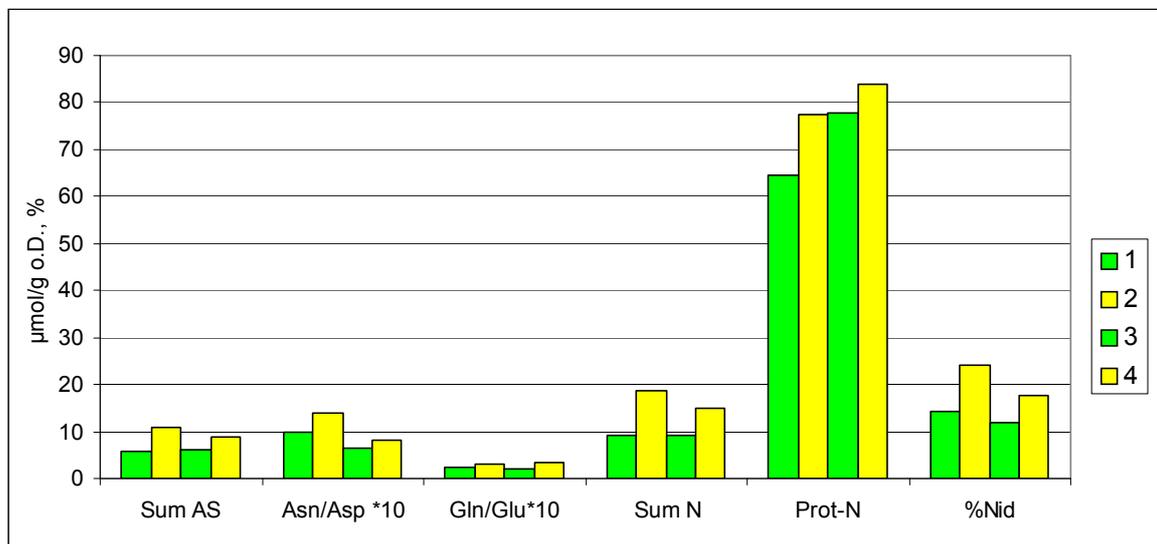


Abb. 21: Die nicht zusätzlich mit N-gedüngten Varianten der Möhren 2006 der Uni Kassel (grün) konnten beide richtig zugeordnet werden und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS, Asn/Asp und Prot-N).

Zusätzlich zum Amidierungsgrad Asparaginsäure Asn/Asp zeigt bei den Möhren des Düngungsversuchs auch der Amidierungsgrad Glutaminsäure Gln/Glu eine deutliche Differenzierung.

6.2.6 Weizenproben aus dem DOK-Versuch

Bei den Weizenproben aus dem DOK-Versuch konnten in den Jahren 2004, 2005 und 2006 mittels des Messparameters Rohprotein-N und Glu sowie Pro die biologischen Varianten signifikant differenziert und die codierten Proben den biologischen Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

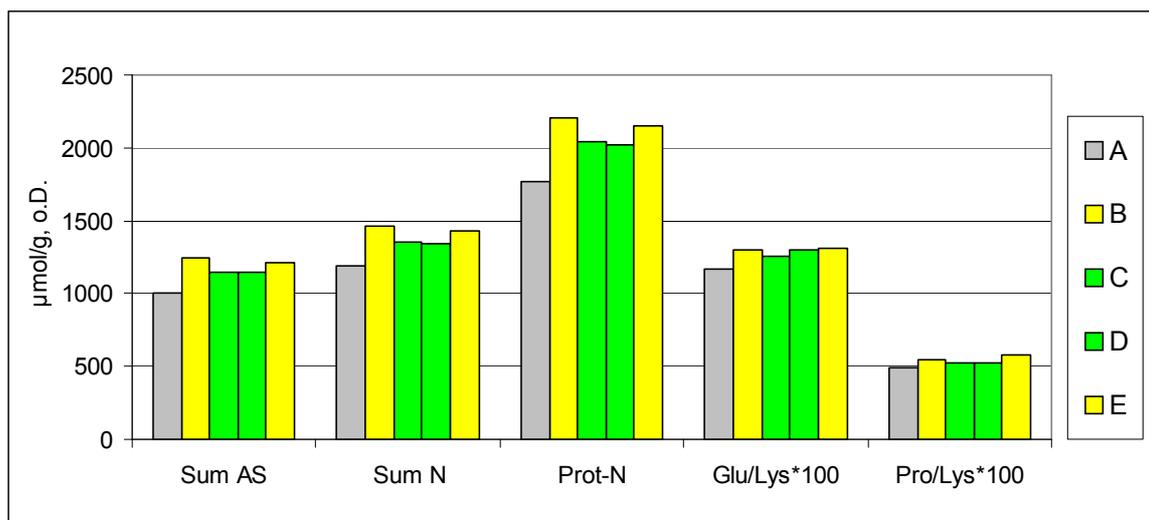


Abb. 22: Die biologischen Varianten der Weizenproben 2004 aus dem DOK-Versuch des FiBL (grün) konnten beide richtig zugeordnet und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS und Prot-N).

Neben den massenbezogenen Parametern den Aminosäuregehalte wie Sum AS und Sum N oder dem nach Kjeldahl bestimmten Gesamtproteinstickstoff (Prot-N) zeigen auch die PAS-Quotienten Glu/Lys bzw. Pro/Lys die Unterschiede der Kulturverfahren an. In 2004 sind die Unterschiede bei den PAS-Quotienten weniger deutlich ausgeprägt als bei den massebezogenen Parametern. In 2005 und 2006

sind die Differenzierungen der Proben bei PAS Quotienten Glu/Lys und Pro/Lys ähnlich deutlich wie bei den Massebezogenen Parametern.

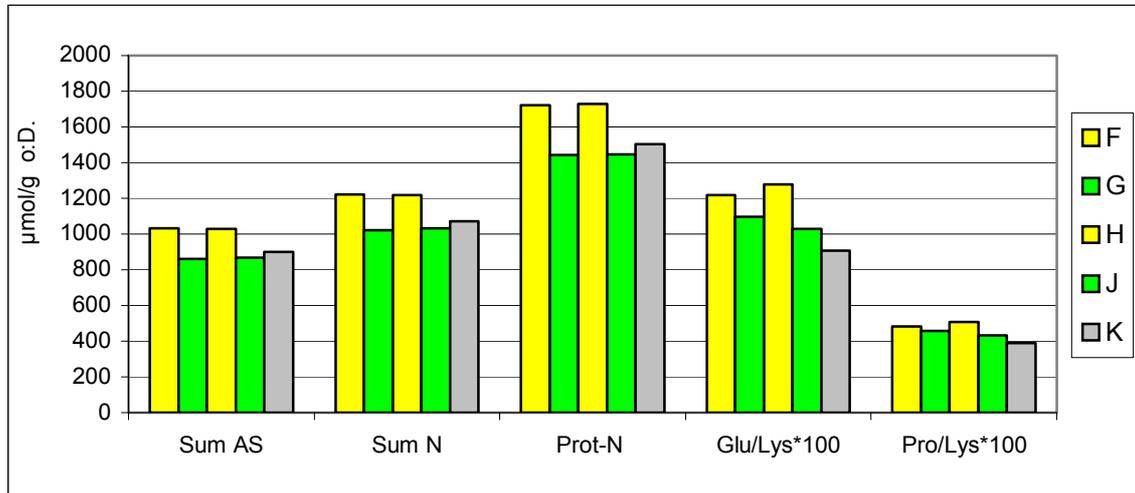


Abb. 23: Die biologischen Varianten der Weizenproben 2005 aus dem DOK-Versuch des FiBL (grün) konnten beide richtig zugeordnet und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum AS und Prot-N).

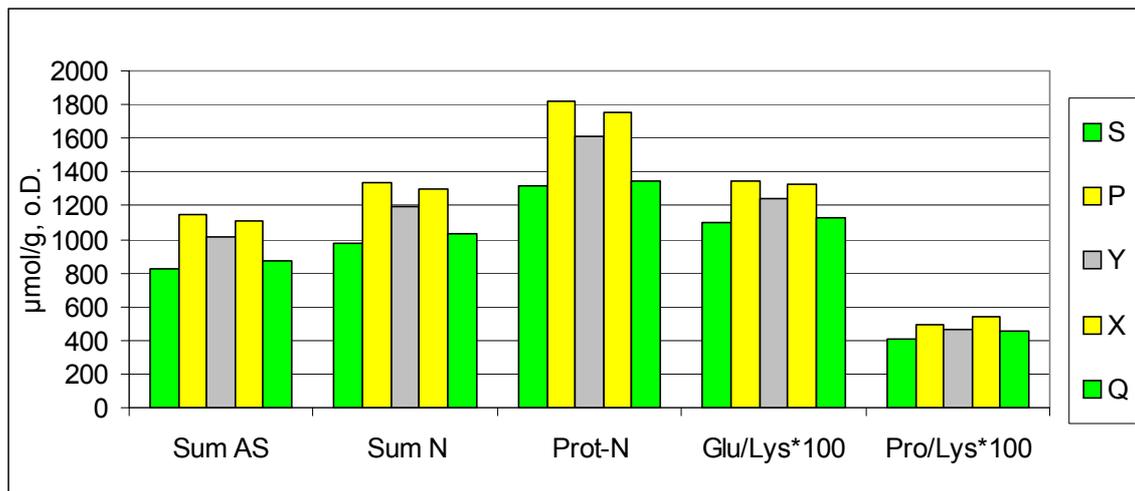


Abb. 24: Die biologischen Varianten der Weizenproben 2006 aus dem DOK-Versuch des FiBL (grün) konnten beide richtig zugeordnet und signifikant differenziert werden, ($p < 0.001$ für Sum und Prot-N).

6.2.7 Weizenproben Erzeuger

Bei den Weizenproben vom Erzeuger 2004 konnten fünf von sechs Probenpaaren mittels des Messparameters Rohprotein-N und Glu sowie Pro signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

Bei dem Probenpaar F1/2 (F1 Asketis konventionell Gondo; F2 Asketis bio Trendhorst) zeigte sich bei Glutaminsäure, Prolin und Rohprotein-N ein höherer Wert bei der Variante, die nach Dekodierung als aus biologischen Anbau gekennzeichnet war (Daten nicht gezeigt).

Durch Verwendung der PAS-Quotienten Glu/Lys und Pro/Lys gelang die korrekte Klassifizierung, wenn auch die Differenzierung nicht signifikant war.

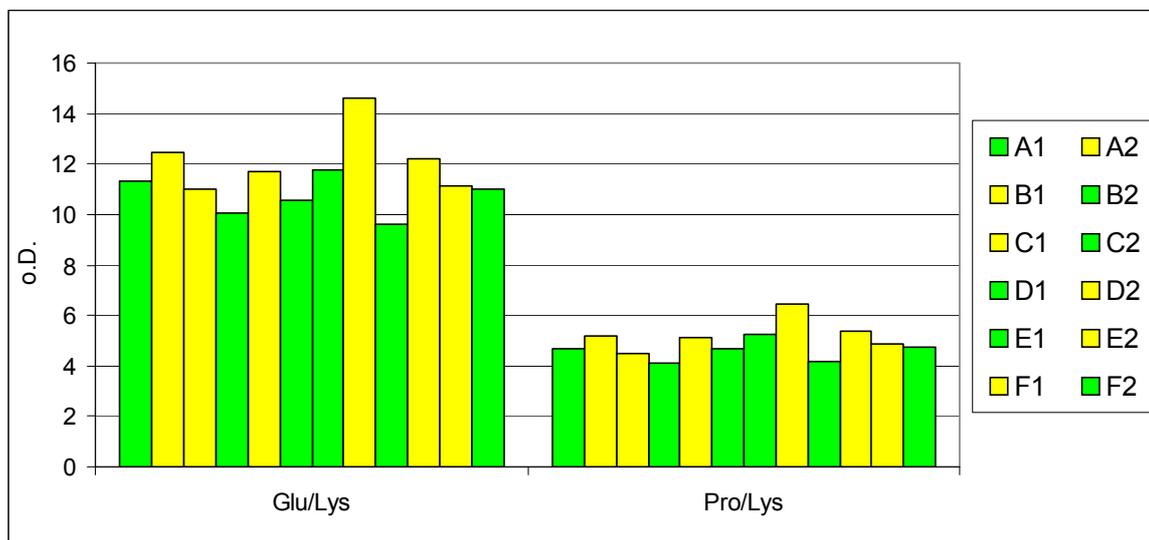


Abb. 25: Die biologischen Varianten der Weizenproben vom Erzeuger 2004 (grün) konnten in 5 von 6 Proben richtig zugeordnet und signifikant differenziert werden ($p < 0.001$ für Glu/Lys und Pro/Lys).

Bei den Weizenproben vom Erzeuger 2005 konnten alle sechs Probenpaare mittels der PAS-Quotienten Glu/Lys und Pro/Lys signifikant differenziert und die codierten Proben den Anbauverfahren richtig zugeordnet werden.

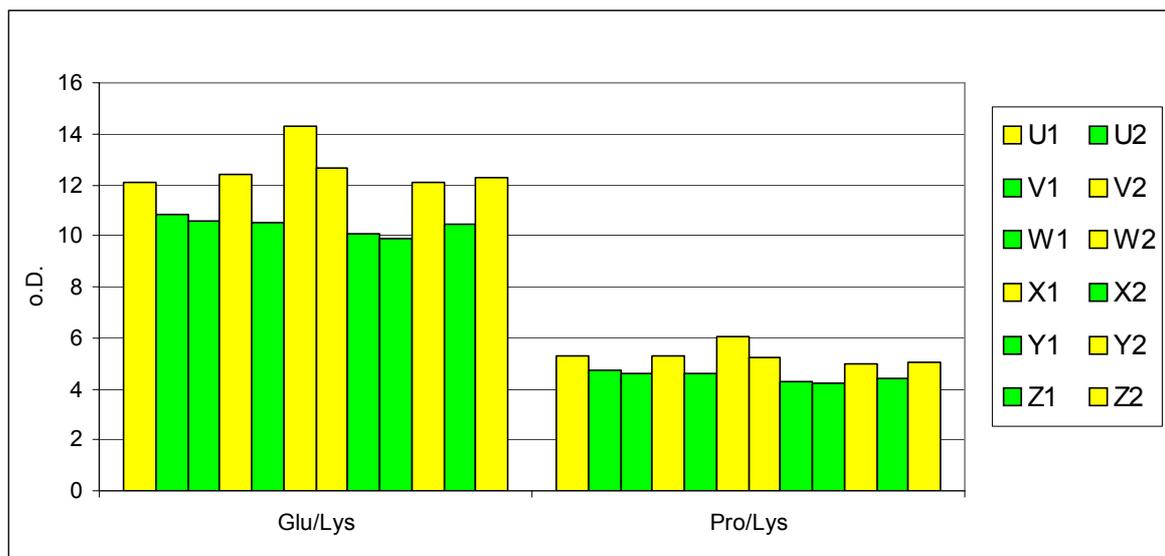


Abb. 26: Die biologischen Varianten der Weizenproben vom Erzeuger 2005 (grün) konnten in 6 von 6 Proben richtig zugeordnet und signifikant differenziert werden ($p < 0.001$ für Glu/Lys und Pro/Lys).

6.3 Ergebnisse FAS

6.3.1 Validierungsergebnisse Äpfel

Es wurde die Wiederholbarkeit der Messung sowohl bei gleichem Bereich der Apfeloberfläche wie auch bei Messung verschiedener Oberflächenabschnitte untersucht. Die Untersuchung erfolgte an Handelsware der Sorte Golden Delicious. Das Ergebnis zeigt Tab. 19.

Tab. 19: Variationskoeffizient bei der Messung von Äpfeln

Probenart	Mittelwert \pm StdAbw des VK			Bemerkungen
	Mw1w	R40w	R40ge/bl	
Apfel				
gleicher Sektor	3,2 \pm 1,2 %	1,5 \pm 0,9 %	0,9 \pm 0,5 %	6 Äpfel, 1 VK* je Apfel
8 Sektoren (gedrehter Apfel)	20,2 \pm 9,9 %	31,8 \pm 11,8 %	11,0 \pm 3,8 %	6 Äpfel, 1 VK** je Apfel

Anmerkungen:* n=6 Messungen je VK

** n=8 Messungen je VK

Die Streuung der Messwerte ist überwiegend bestimmt durch Variationen der Probenmatrix Apfel. Die Unterschiedlichkeit der Oberflächenbereiche von Äpfeln macht es erforderlich, bei jedem Apfel mehrere Oberflächenbereiche zu erfassen. Zusätzlich ist die Stichprobengröße so zu wählen, dass bei der durch die Probenmatrix bedingten Streubreite der Messwerte eine für die Auswertung ausreichende Anzahl von Messwerten zur Verfügung steht.

Messwerte von Apfelproben können relativ breite Verteilungen aufweisen. Die folgenden beiden Beispiele (Abb. 27 u. Abb. 28) stammen von Äpfeln der gleichen Sorte (Golden Delicious) des Jahres 2004.

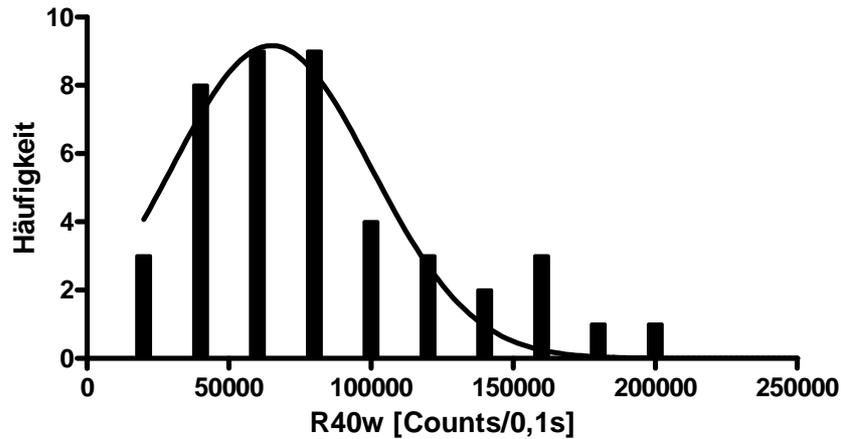


Abb. 27: Häufigkeitsverteilung der Messwerte R40w einer Apfelprobe (n=43).

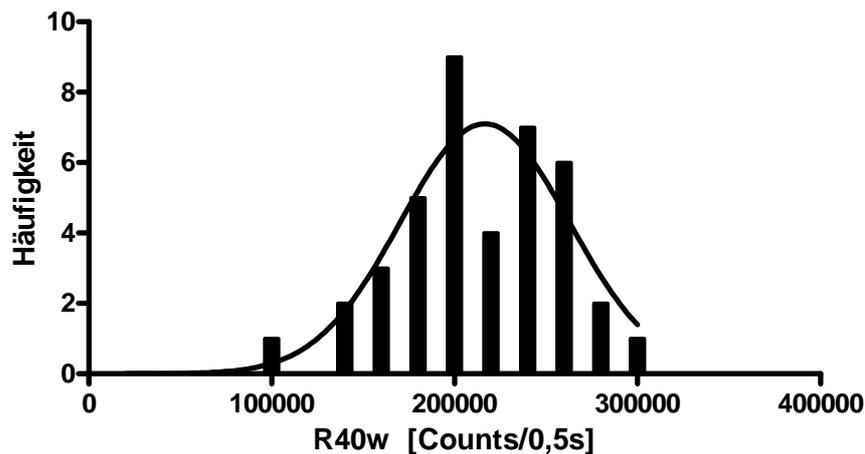


Abb. 28: Häufigkeitsverteilung der Messwerte R40w einer anderen Apfelprobe (n=40).

Die aufgetretene Schiefe der Verteilung veranlasste die Untersuchung der Frage, ob die Ursache hierfür in der Anzahl der gemessenen Exemplare zu suchen war oder ob eine generelle Probeneigenschaft vorlag. Dazu war die Untersuchung der Datenverteilung einer größeren Zahl von Äpfeln erforderlich.

Um die Verteilung von Apfelmesswerten unabhängig vom unterschiedlichen Mittelwert und der unterschiedlichen Streubreite von Proben beurteilen zu können, wurden für 20 Apfelproben der Sorte Golden Delicious der Ernten 2004 und 2005

die Messwerte jeder Probe normalisiert, d.h. von jedem Einzelmesswert der Probenmittelwert subtrahiert und jeder Einzelmesswert durch die Standardabweichung dividiert. Es ergab sich die in Abb. 29 dargestellte Häufigkeitsverteilung, die der theoretischen Normalverteilung weitgehend entspricht.

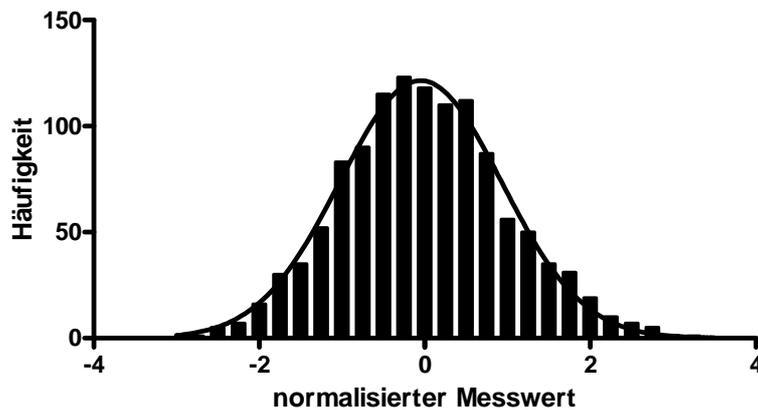


Abb. 29: Häufigkeitsverteilung der normalisierten Messwerte R40w von 20 Apfelproben (Äpfel 2004 u. 2005; n=1199).

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass Messwerte von Apfelproben bei ausreichender Anzahl von Messungen zu einer Normalverteilung führen.

Zur Untersuchung der Frage, ob die Messergebnisse vom Bearbeiter abhängen, wurden die Proben des Jahres 2004 durch 3 verschiedene Bearbeiter gemessen.

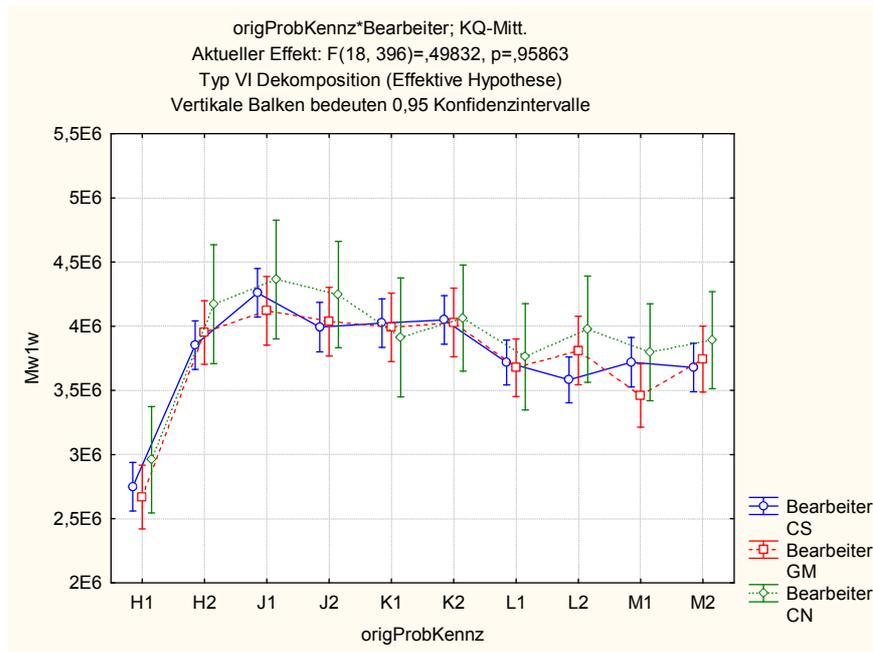


Abb. 30: Messwerte von 10 Apfelproben in Abhängigkeit vom Bearbeiter (Äpfel 2004).

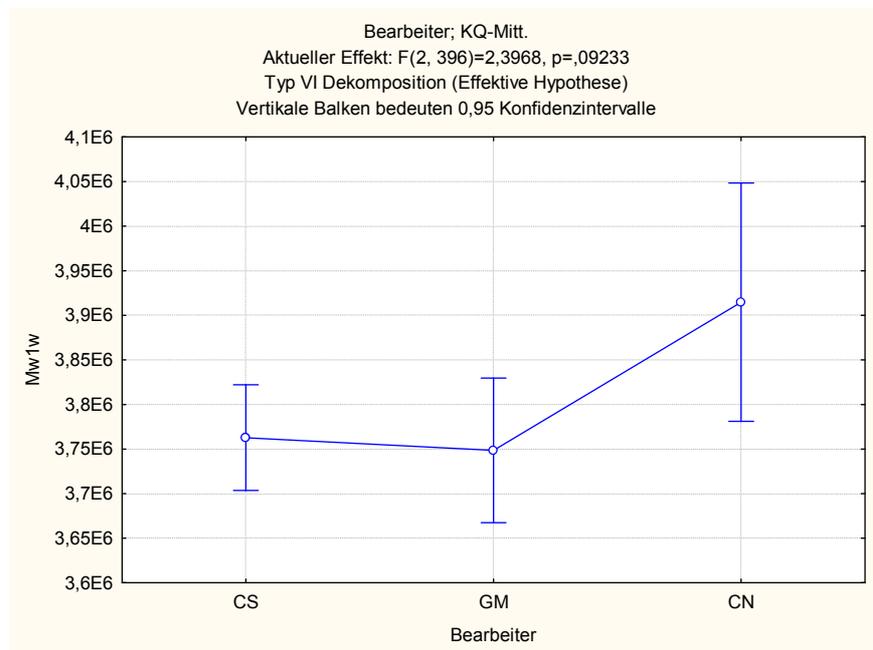


Abb. 31: Mittlere Messwerte von 10 Apfelproben in Abhängigkeit vom Bearbeiter (Äpfel 2004). Es besteht kein signifikanter Unterschied.

Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Bearbeitern (s. Abb. 30 u. Abb. 31).

6.3.2 Validierungsergebnisse Mais

Die Wiederholbarkeit der Messung bei der Untersuchung von Maisproben zeigt die Tab. 20. Wie zu erkennen, ist die Variation zwischen den Teilproben einer Probe größer als die Variation bei wiederholter Messung der gleichen Teilprobe.

Tab. 20: Variationskoeffizient bei der Messung von Mais

Probenart	Mittelwert \pm StdAbw des VK			Bemerkungen
	Mw1w	R40w	R40ge/bl	
Mais				
1 Teilprobe	3,5 \pm 1,4 %	1,0 \pm 0,2 %	6,6 \pm 1,1 %	VK innerhalb einer Teilprobe
6 Teilproben*	8,9 \pm 1,2 %	8,3 \pm 0,7 %	21,4 \pm 1,1 %	VK zwischen Teilproben

Anmerkung: Eine homogene Maisprobe wurde in 6 Teilproben geteilt. Es wurde der VK bei der Messung jeder der Teilproben bestimmt (Zeile 1 Teilprobe). Zusätzlich wurde der VK zwischen den Teilproben bestimmt. Dieser VK wurde ebenfalls 6 x bestimmt.

Bei Maisproben wurde der Einfluss des Bearbeiters auf das Ergebnis nicht untersucht, da sämtliche Messungen der Jahre 2004 und 2005 vom gleichen Bearbeiter durchgeführt wurden.

Die bei Samen bekannte Abhängigkeit der Messwerte von der Luftfeuchtigkeit war auch bei Mais zu erwarten. Bei der Untersuchung bestätigte sie sich (Abb. 32).

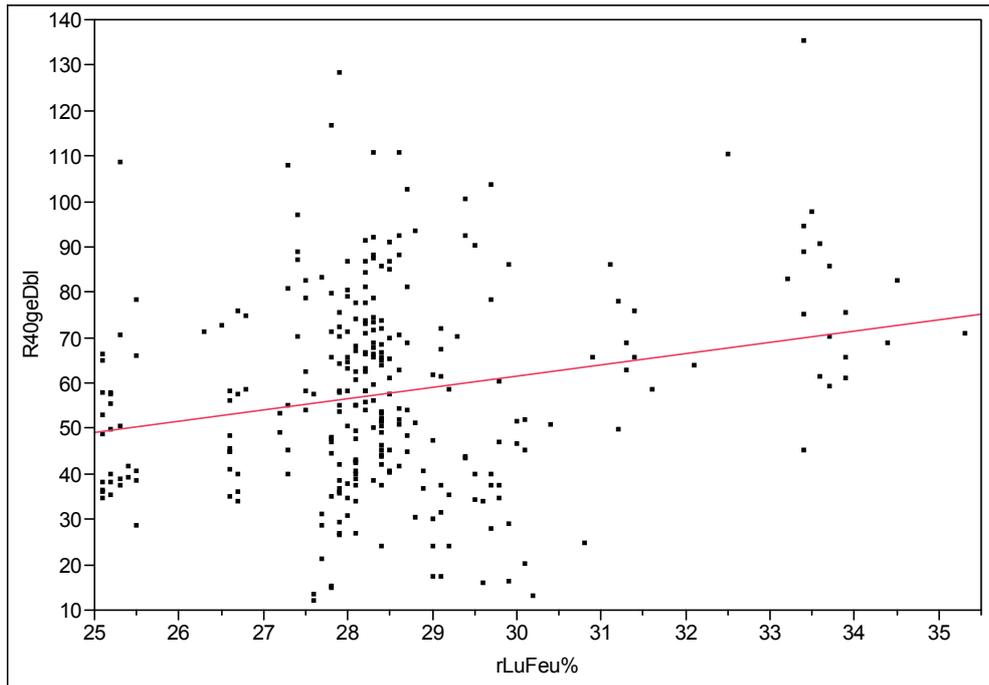


Abb. 32: Abhängigkeit der Messwerte R40ge/bl von Maisproben von der Luftfeuchtigkeit ($r^2=0,0478$; $p=0,0002$).

Die Luftfeuchtigkeit während der Messung kann nicht beeinflusst werden. Entsprechend werden die Proben in geschachtelter Folge gemessen, so dass eine möglichst gleichmäßige Aufteilung der Proben auf Tage mit unterschiedlicher Luftfeuchte erreicht wird. Das gewählte Schachtelungssystem bewirkt eine sehr gleichmäßige Verteilung, wie die Abb. 33 zeigt.

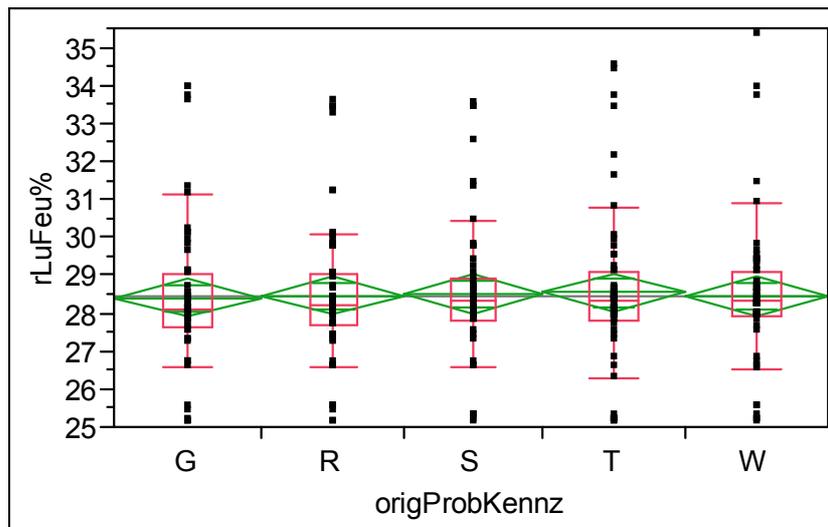


Abb. 33: Luftfeuchte während der Messung verschiedener Proben. Bei allen Proben kommen die aufgetretenen Luftfeuchten in gleichartiger Verteilung vor. Ein Unterschied liegt bei $p=0,997$ nicht vor.

Um die Verteilung von Messwerten bei Mais unabhängig vom unterschiedlichen Mittelwert und der unterschiedlichen Streubreite einzelner Proben beurteilen zu können, wurden für die Maisproben der Ernten 2004 und 2005 aus dem DOK-Anbau des FiBL die Messwerte jeder Probe normalisiert, d.h. von jedem Einzelmesswert der Probenmittelwert subtrahiert und jeder Einzelmesswert durch die Standardabweichung dividiert. Es ergab sich die in Abb. 34 dargestellte Häufigkeitsverteilung, die der theoretischen Normalverteilung weitgehend entspricht.

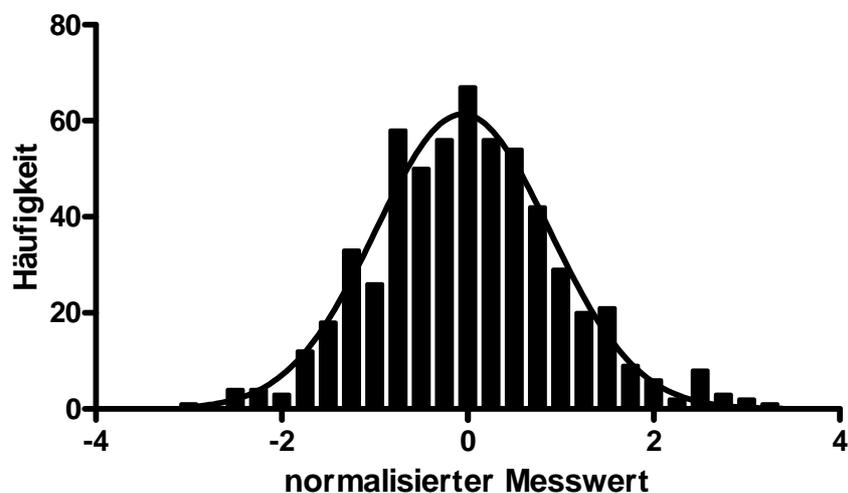


Abb. 34: Häufigkeitsverteilung der normalisierten Messwerte R40w von 20 Maisproben (Mais 2004 u. 2005; n=585).

Das Untersuchungsverfahren erfordert gemäß der probeninternen Variation (s. Tab. 20) die Untersuchung mehrerer Teilproben. Die Anzahl der Teilproben wird so gewählt, dass sich eine ausreichende statistische Sicherheit bei der Auswertung mehrerer Proben gibt.

6.3.3 Ergebnisse Anbauvarianten Apfel – Erzeugerproben (Elstar)

Eine Übersicht über die in den Grafiken verwendeten Bezeichnungen enthält die Tab. 21.

Tab. 21: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Elstar Apfelproben

Standort	Code 2004	Code 2005	Sorte	Anbauvariante
S1	Y2	N2	Elstar	konventionell
S1	Y1	N1	Elstar	ökologisch
S2	X1	O2	Elstar	konventionell
S2	X2	O1	Elstar	ökologisch
S3	Z2	P1	Elstar	konventionell
S3	Z1	P2	Elstar	ökologisch
S4	A1	U2	Elstar	konventionell
S4	A2	U1	Elstar	ökologisch

Für die Proben des Jahres 2004 wurden Bewertungsgrößen (Elemente des Datenvektors) ausgewählt, für die sich bei früheren Untersuchungen zur Unterscheidung und Bewertung von Apfelproben als geeignet herausgestellt hatten. Die Abb. 35 zeigt zwei Elemente des Datenvektors, die bei ökologischem Anbau zu höheren Werten tendieren. Aufgrund dieser und weiterer hier nicht dargestellter Größen wurden die unbekanntenen Proben A2, X2 u. Y1 als Ökoanbau eingestuft. Diese Einstufung stellte sich nach der Dekodierung als richtig heraus. Bei dem Probenpaar Z1, Z2 waren die Unterschiede bei den ausgewählten Bewertungsgrößen zu gering.

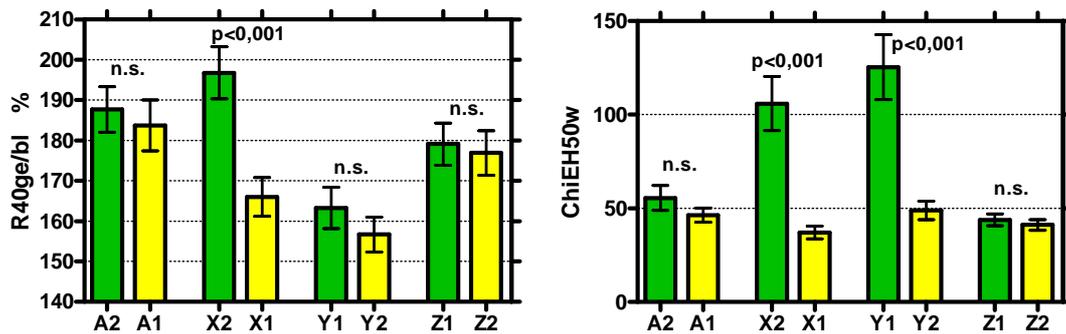


Abb. 35: Bewertungsgrößen R40ge/bl (links) u. ChiEH50w (rechts) der Elstar Äpfel des Jahres 2004. Im Paarvergleich weisen Proben aus biologischem Anbau (jeweils grün dargestellt) tendenziell höhere Werte auf.

Bei den Proben des Folgejahres (2005) ergaben diese wenigen Bewertungselemente jedoch keine klare Zuordnung, so dass zur Identifikation mehr Elemente des Datenvektors berücksichtigt wurden. Dies erfolgte mittels Linearer-Diskriminanz-Analyse (LDA). Zur Erprobung dieser Methode waren die Anbauverfahren der Proben beider Jahrgänge bekannt. Es wurden die folgenden 30 Elemente des Datenvektors in die Auswertung einbezogen: Mw1ge, Mw1w, R80r, R80bl, R40gr, R40w, ChiEH25dr, ChiEH25r, ChiEH25ge, ChiEH25gr, ChiEH25uv, ChiEH50uv, ChiEH100ge, Mw1hrDw, Mw1geDw, Mw1blDw, R80drDw, R80rDw, R80hrDw, R80grDw, R80blDw, R40rDw, R40hrDw, R80grDbl, R40hrDbl, Mw1/R40uv, Mw1/R40drDbl, ChiEH50geDbl, ChiEH50grDbl, ChiEH100rDbl. Sie wurden nach bester Trennung der Anbauvarianten am Datensatz von 2004 ausgewählt.

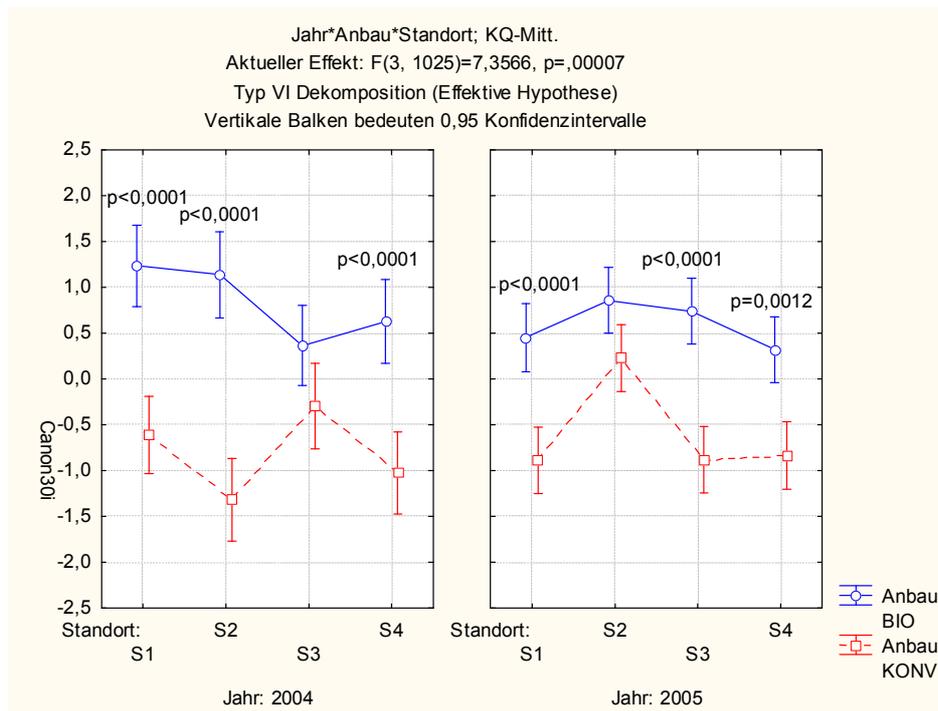


Abb. 36: Retrospektive Trennung der Elstar Apfelproben 2004 (links) mittels Linearer-Diskriminanz-Analyse und prospektive Klassifikation der Proben 2005 (rechts).

Die Abb. 36 zeigt die Werte der kanonischen Variablen der Diskriminanzanalyse, die für die Sorte Elstar für das Jahr 2004 als Datentraining retrospektiv ausgeführt wurde (linke Seite in Abb. 36). Die rechte Seite der Grafik zeigt die auf Grundlage der Probandaten prospektiv errechneten Werte der kanonischen Variablen für die Proben des Jahres 2005. Bei den Proben 2004 ließen sich die Proben der Standorte S1, S2 und S4 signifikant trennen. Bei den Proben 2005 ergaben sich an den Standorten S1, S3 und S4 signifikante Unterschiede. Bemerkenswert ist, dass die prospektiv ausgeführte Datenauswertung für die Proben 2005 in jedem Fall die richtige Zuordnung der Anbauverfahrens lieferte, wenn diese auch im Fall des Standorts S2 nicht statistisch signifikant war.

Auch unabhängig vom Standort lassen sich 6 der 8 prospektiv zu bewertenden Proben (N1, N2, O1, O2, P1, P2, U1, U2) korrekt dem Anbauverfahren zuordnen. Die Abb. 37 zeigt die Proben geordnet nach dem Wert der kanonischen Variablen.

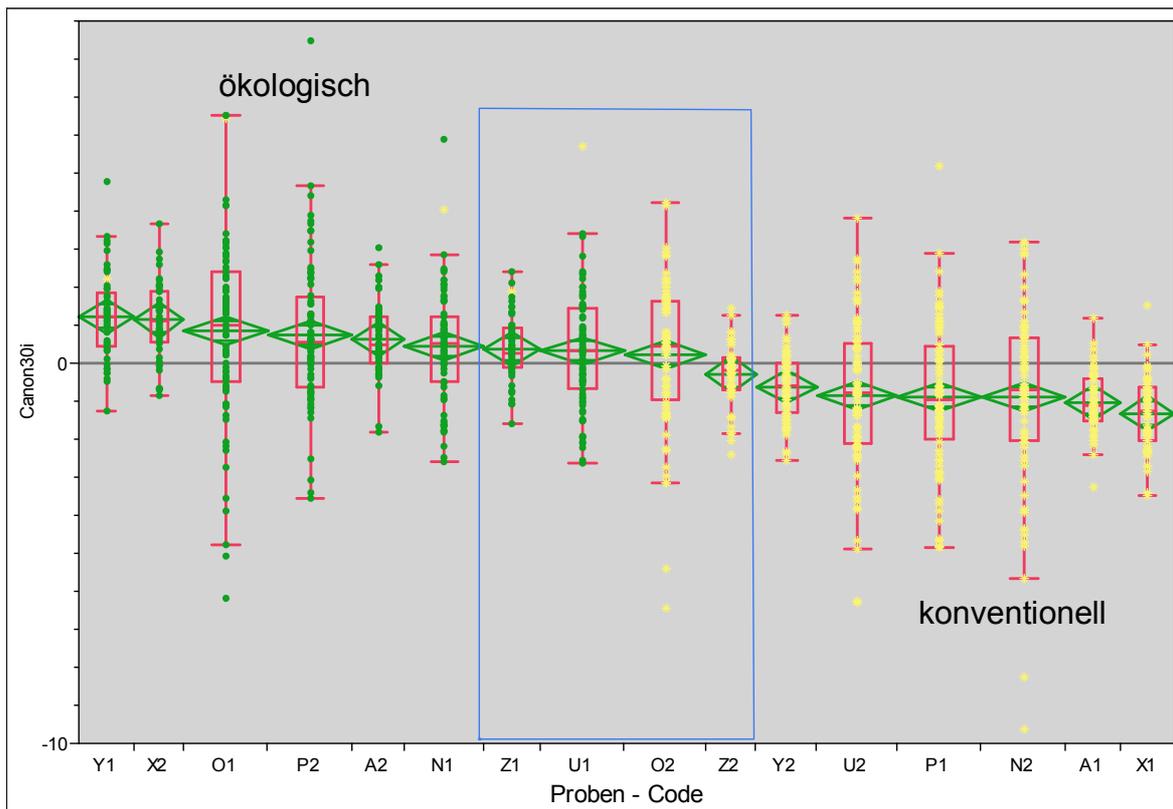


Abb. 37: Ökologische Elstar Apfelproben (links grün dargestellt) und konventionell angebaute Proben (rechts gelb dargestellt). Die 95% Konfidenzintervalle der Proben außerhalb des umrahmten Bereiches überschreiten nicht die Nulllinie und sind in ihrer Klassifikation durch die kanonische Variable signifikant der jeweiligen Anbauart zuzuordnen.

Das bedeutet, dass 6 der 8 Proben des Jahres 2005 auch dann, wenn sie ohne Standortangabe geliefert worden wären, richtig klassifiziert worden wären. Bei den Proben U1 und O2 wäre eine Klassifikation ohne Kenntnis des Standorts nicht möglich, da das Konfidenzintervall die Nulllinie einschließt, d.h. diese Proben sowohl dem ökologischen wie dem konventionellen Anbau zuordnen wären.

6.3.4 Ergebnisse Anbauvarianten Apfel – FiBL (Golden Delicious)

Es standen je Anbaujahrgang 10 Proben von 5 Standorten zur Verfügung. An jedem Standort baute ein Betrieb ökologisch und ein Betrieb nach konventionellem integrierten Verfahren an.

Tab. 22: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Golden Delicious Apfelproben

Standort	Code 2004	Code 2005	Sorte	Anbauvariante
TG	H2	F2	Golden Delicious	konventionell
TG	H1	F1	Golden Delicious	ökologisch
AG	J2	D2	Golden Delicious	konventionell
AG	J1	D1	Golden Delicious	ökologisch
VD	K1	C1	Golden Delicious	konventionell
VD	K2	C2	Golden Delicious	ökologisch
VS1	L2	G2	Golden Delicious	konventionell
VS1	L1	G1	Golden Delicious	ökologisch
VS2	M1	E1	Golden Delicious	konventionell
VS2	M2	E2	Golden Delicious	ökologisch

Für die Proben des Jahres 2004 wurde auch bei den Äpfeln der Sorte Golden Delicious zunächst ein Element des Datenvektors ausgewählt, das sich bei früheren Untersuchungen zur Unterscheidung und Bewertung von Apfelproben als geeignet herausgestellt hatte. Die Abb. 38 zeigt die Größe R40ge/bl, die bei ökologischem Anbau zu höheren Werten tendiert. Die Erfahrung legte nahe, dass außer dem Probenpaar M1-M2, das sich signifikant unterschied, auch bei den Probenpaaren H1-H2, J1-J2 und K1-K2 der höhere Wert auf ökologischen Anbau wies. Lediglich bei dem Probenpaar L1-L2 ließ der fehlende Unterschied keine Klassifikation zu. So konnten im Jahr 2004 bei 4 von 5 Betriebspaaren die ökologische und die konventionelle Variante der kodierten Proben korrekt bestimmt werden.

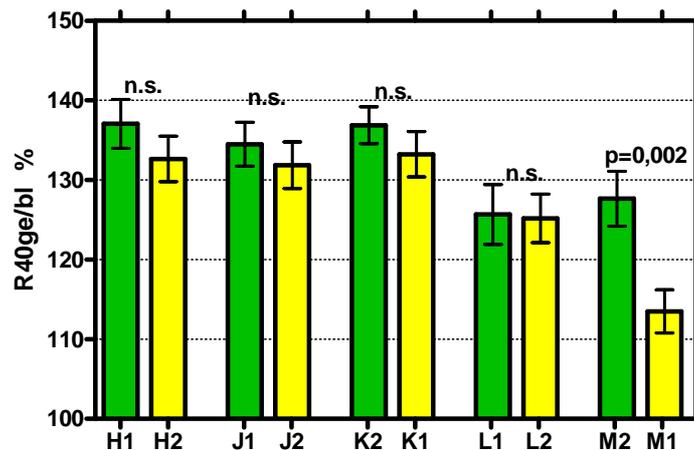


Abb. 38: Bewertungsgröße R40ge/bl der Golden Delicious Äpfel des Jahres 2004. Im Paarvergleich weisen Proben aus ökologischem Anbau (jeweils grün dargestellt) tendenziell höhere Werte auf.

Die Bewertungsgröße R40ge/bl wurde zunächst auch für die Proben des Jahres 2005 angewandt. Dabei wurden bei den unbekanntem Probenpaaren hinsichtlich ihres Anbauverfahrens zwei richtig klassifiziert und eines falsch, zwei Fälle ließen sich nicht entscheiden.

Um in die Klassifizierung der Proben mehr Messgrößen einzubeziehen, wurde auch bei diesen Proben das LDA-Verfahren angewandt. Die Proben des Jahres 2004 dienen als Trainingsdatensatz. Es wurden die folgenden 41 Variablen in die Berechnung einbezogen: Mw1r, Mw1uv, R80dr, R80r, R80hr, R80ge, R80bl, R80uv, R80w, R40ge, R40bl, R40uv, R40w, ChiEH25dr, ChiEH25bl, ChiEH25uv, ChiEH50dr, ChiEH50bl, ChiEH100ge, Mw1dr/w, Mw1gr/w, R80ge/w, R40r/w, R40hr/w, R80dr/bl, R80hr/bl, R80gr/bl, R80w/bl, R40dr/bl, R40hr/bl, R40gr/bl, R40w/bl, Mw1/R40r, Mw1/R40gr, Mw1/R40w, Mw1/R40gr/bl, Mw1/R40uv/bl, ChiEH50uv/bl, ChiEH100hr/bl, ChiEH100gr/bl, ChiEH100uv/bl. In die daraus errechnete Diskriminanzfunktion wurden die Probandaten 2005 eingegeben und eine Bewertungsgröße (kanonische Variable) für den Anbau errechnet. Die Abb. 39 zeigt die Werte der kanonischen Variablen für die Sorte Golden Delicious für das Trainingsjahr 2004 retrospektiv ausgeführt (linke Seite in Abb. 39) und die prospektiv errechneten Werte für die Proben des Jahres 2005 (rechte Seite). Bei den Proben 2005 ergaben sich an vier Standorten signifikante Unterschiede, davon an

zwei Standorten mit $p < 0,0001$. Ein Standort ergab keine Unterschiede zwischen den Proben. Interessanterweise lag bei diesem Probenpaar die Besonderheit vor, dass bei der ökologischen Probe in der Vegetationsperiode Milbenbefall aufgetreten war. Die prospektiv ausgeführte Datenauswertung trennte nicht nur die Proben, sondern erlaubte auch die richtige Klassifikation, d.h. der höhere Wert der kanonischen Variablen entspricht sowohl im Trainingsdatensatz wie bei der prospektiven Berechnung den ökologischen Proben.

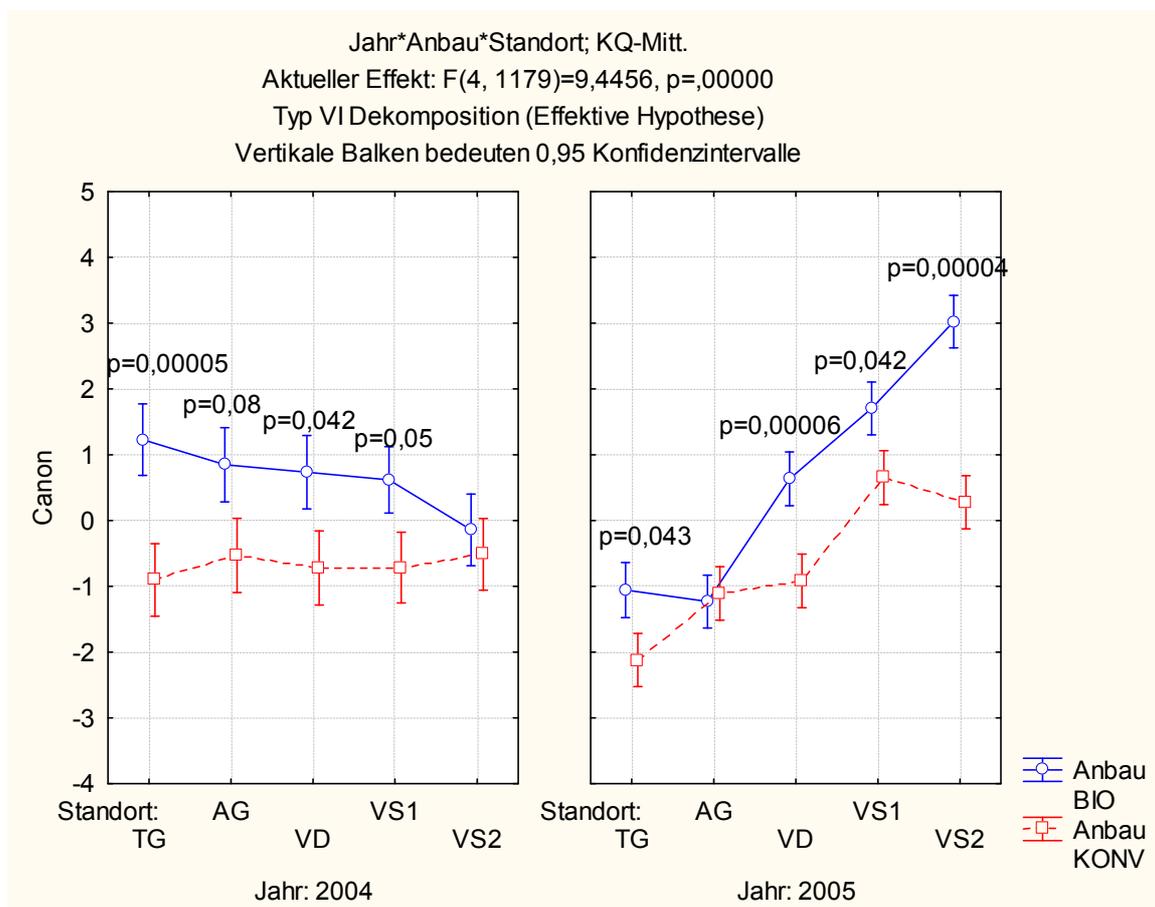


Abb. 39: Werte der kanonischen Variablen der Diskriminanzanalyse für die Sorte Golden Delicious für das Trainingsjahr 2004 retrospektiv ausgeführt (linke Seite) und die prospektiv errechnet für die Proben des Jahres 2005 (rechte Seite). An 4 von 5 Standorten ergaben sich jeweils deutliche Unterschiede.

Die Varianzanalyse lässt darüber hinaus erkennen (siehe Abb. 40), wie die Bedingungen sich vom Jahr 2004 zum Jahr 2005 an den einzelnen Standorten bezüg-

lich der kanonischen Variablen veränderten. Die Veränderung verlief für je zwei Standorte gegensätzlich, für VD trat nahezu keine Veränderung ein.

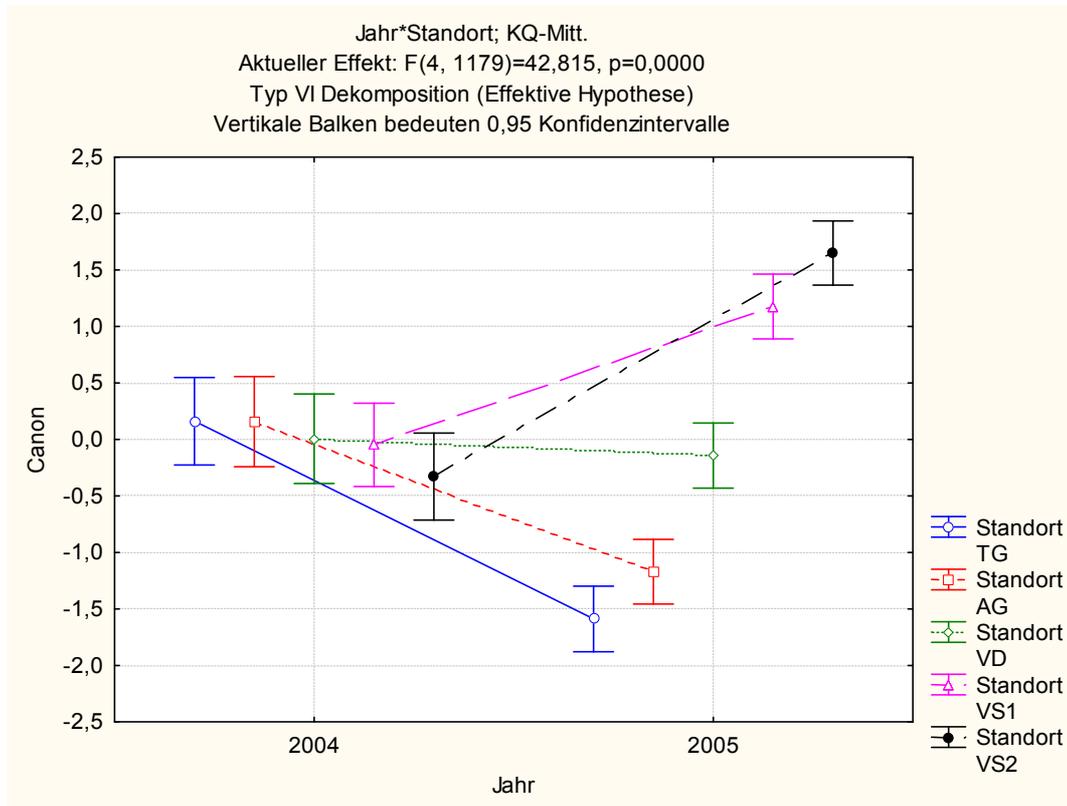


Abb. 40: Veränderung der Bedingungen an den 5 Schweizer Standorten, wie sie sich in der kanonischen Variablen ausdrücken. An den Standorten VS1 u. VS2 erschienen die Proben 2005 im Vergleich zu 2004 deutlicher wie ökologische Proben, an den Standorten TG und AG eher in Richtung konventionelle Proben.

6.3.5 Ergebnisse Anbauvarianten Mais (DOK)

Es wurde zunächst erwartet, dass das Probenmaterial Mais eine ähnliche Charakteristik hinsichtlich der Elemente Mw1w, R40w, R40ge/bl und ChiEH50w des Datenvektors aufweisen sollte, wie andere Samenarten auch. An den Proben des Jahres 2004 ergaben sich jedoch Widersprüche zwischen den Messgrößen R40ge/bl und Mw1w. Während bei Samen steigendes Mw1w mit sinkenden R40ge/bl korreliert, war dies bei den Maisproben 2004 nicht der Fall (s. Abb. 41). Vermutliche Ursache war die frühe Ernte des Probenmaterials, die im Stadium der Milchreife der Körner stattfand.

Bei den Proben des Erntejahres 2005 ergab sich die für Samen bekannte Korrelation zwischen Mw1w und R40w auch für Mais (s. Abb. 42).

Tab. 23: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Maisproben (DOK)

Gruppe	Anbau	Code 2004	Code 2005
Ökologisch	N	H	R
Ökologisch	D	K	G
ökologisch	O	L	T
Konventionell	K	P	W
konventionell	M	I	S

Durch die Unterschiedlichkeit der Proben der beiden Jahre war von besonderem Interesse, ob bei die Berücksichtigung von mehr Elementen des Datenvektors die LDA bei Training mit den Daten des Jahres 2004 dennoch die Klassifikation der Proben 2005 ermöglichen würde.

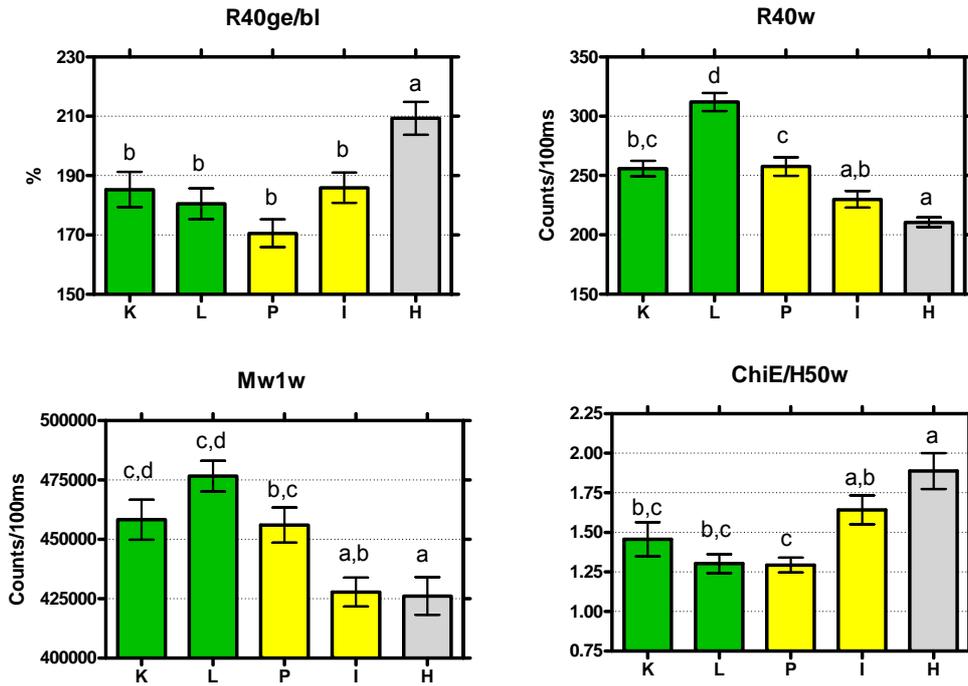


Abb. 41: Ergebnisse ausgewählter Elemente des Datenvektors für die Maisproben der Ernte 2004.

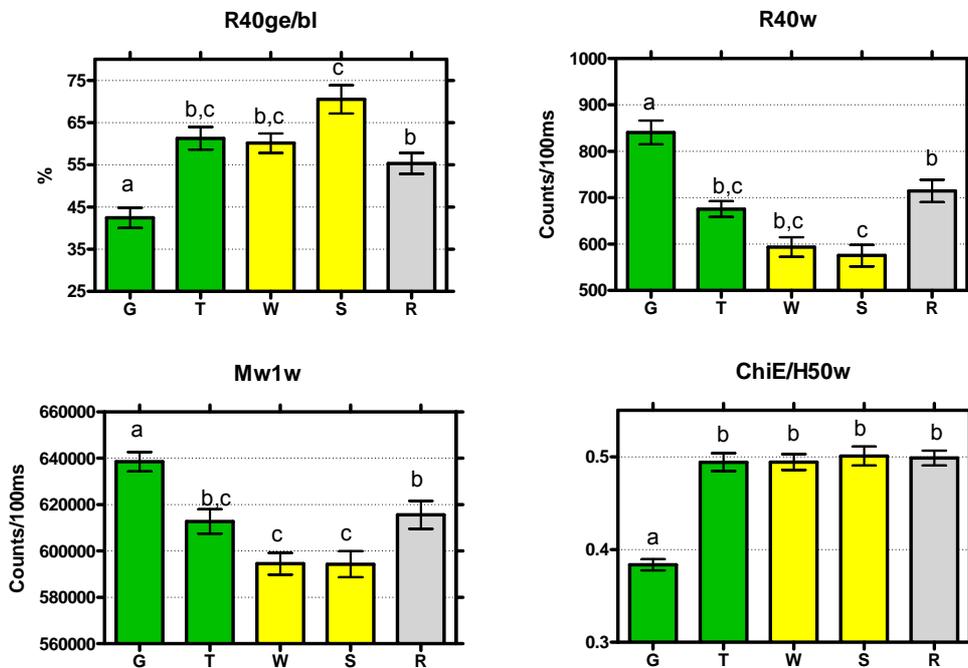


Abb. 42: Ergebnisse ausgewählter Elemente des Datenvektors für die Maisproben der Ernte 2005.

Zum Training für die LDA wurden zunächst zwei Gruppen (ökologisch u. konventionell) aus den vorhandenen Mais Varianten (rein mineralisch, konventionell integriert, unbehandelt, organisch biologisch und biologisch-dynamisch) gebildet.

Das Ergebnis der Trennung der Maisproben 2004 bei der Bildung von zwei Gruppen zeigt die Abb. 43. Die konventionellen und die ökologischen Varianten werden klar getrennt.

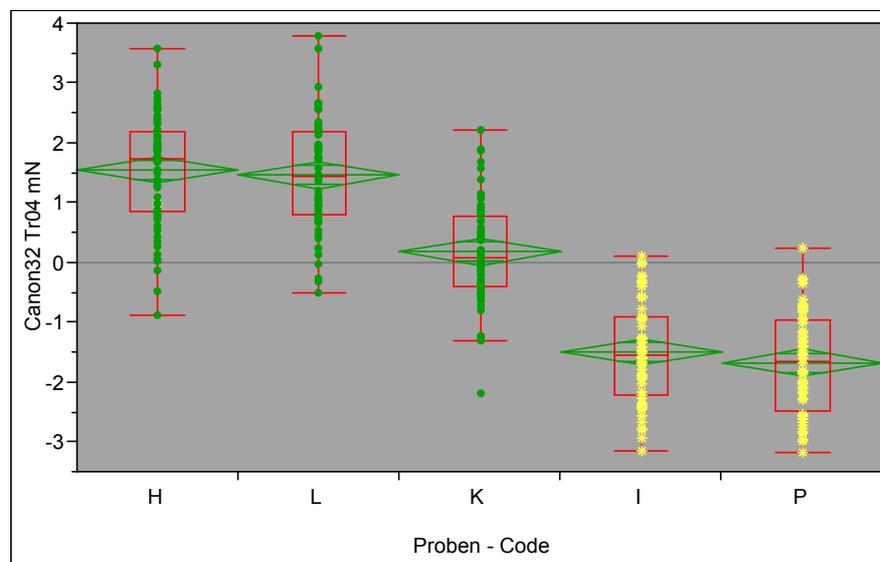


Abb. 43: Trennung der Anbauvarianten der Maisproben der Ernte 2004 durch lineare Diskriminanzanalyse (LDA). Ökologische und konventionelle Varianten werden signifikant getrennt.

Die erhaltene Diskriminanzfunktion wurde auf die Daten der Maisproben des Erntejahres 2005 angewandt. Die Darstellung der Proben des Jahres 2005 zeigt die Abb. 44.

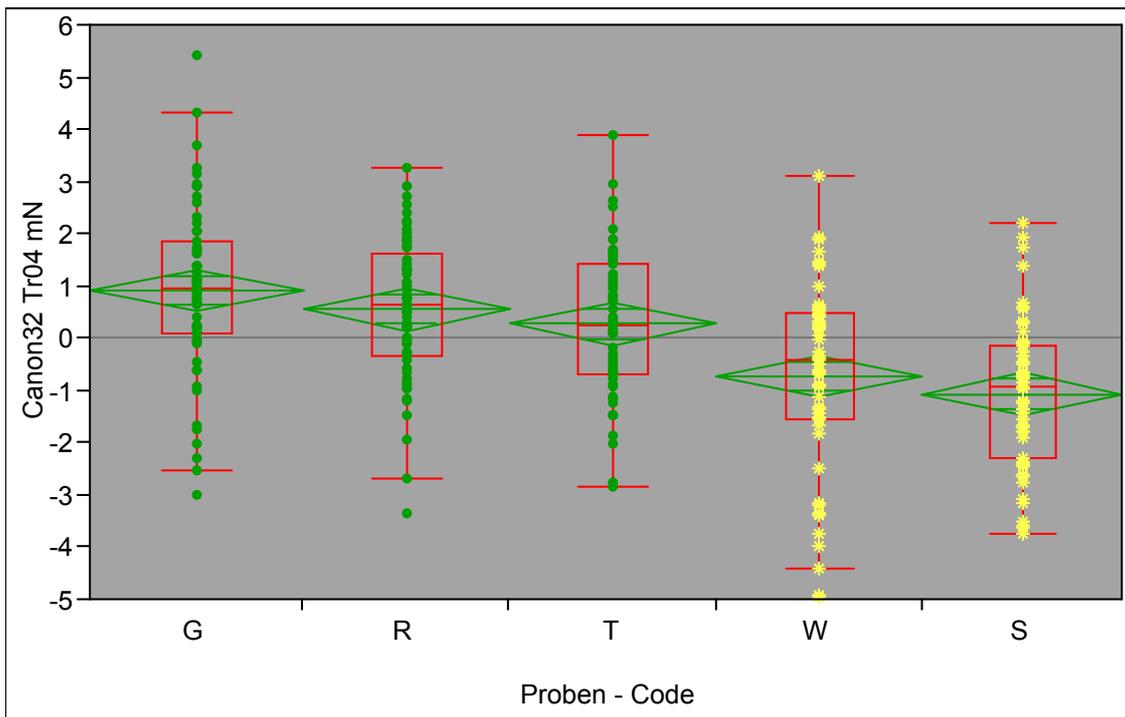


Abb. 44: Maisproben 2005 prospektiv klassifiziert in ökologische und konventionelle Varianten auf Grundlage des Trainings mit Daten von 2004. Die Unterscheidung der Anbauweisen sowie die Zuordnung der Proben ist signifikant und korrekt.

Die prospektive Zuordnung der Proben 2005 zum Anbauverfahren erfolgte korrekt und statistisch signifikant. Dies ist besonders bemerkenswert, da Einzelelemente des Datenvektors unterschiedliches Verhalten zwischen den Anbaujahren aufwiesen.

6.3.6 Ergebnisse Anbauvarianten Möhren – Erzeugerproben

Bei den Möhren lagen je Erntejahr 10 Proben vor. Je zwei Proben stammten von vergleichbaren Standorten und bildeten ein Probenpaar, bei dem eine Probe aus ökologischem und eine aus konventionellem Anbau stammte.

Tab. 24: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Möhrenproben von Erzeugern

Standort	St. Abk	Code 2004	Code 2005	Sorte 2004	Sorte 2005	Anbauvariante
Friedrichskoog-Spitze	O	O2	Y2	Narbonne	Nerac	konventionell
Friedrichsgabekoog	O	O1	Y1	Narbonne	Nerac	ökologisch
Kronprinzenkoog	P	P1*	H1	Nerac	Nerac	konventionell
Westerdeichstrich	P	P2	H2	Nerac	Nerac	ökologisch
Hedwigenkoog	Q	Q1	F1	Nerac	Nerac	konventionell
Hedwigenkoog	Q	Q2	F2	Nerac	Nerac	ökologisch
Kronprinzenkoog	R	R2*	G1	Nerac	Nerac	konventionell
Friedrichsgabekoog	R	R1	G2	Nerac	Nerac	ökologisch
Hedwigenkoog	S	S1	E2	Narbonne	Narbonne	konventionell
Hedwigenkoog	S	S2	E1	Narbonne	Narbonne	ökologisch

* Bei diesen beiden Proben lag möglicherweise eine Vertauschung der erzeugenden Betriebe vor, d.h. 2005 könnte P1 auch G1 entsprechen, sowie R2 entsprechend H1. Die Zuordnung zu konv. Anbauweise ist davon unberührt.

Bei den Proben des Jahres 2004 wurden versuchsweise zwei Elemente des Datenvektors ausgewählt (ChiEH50w, ChiEH50r/bl), die bei früheren Untersuchungen zur Unterscheidung und Bewertung von Möhrenproben beigetragen hatten. Die Abb. 45 zeigt die Größen ChiEH50w (links) und ChiEH50r/bl (rechts), die bei ökologischem Anbau zu höheren Werten tendieren. Die auf dieser Grundlage getroffene Klassifizierung der Proben P2 und R1 erwies sich als richtig. Die bei dem Probenpaar O1-O2 schwach erkennbare Tendenz war nicht zuverlässig. Bei den Proben Q1-Q2 und S1-S2 war auf Grund des zu geringen Unterschiedes bzw. der Gegenläufigkeit ohnehin keine Klassifikation möglich. So konnten im Jahr 2004 bei 2 von 5 Betriebspaaren die ökologische und die konventionelle Variante der kodierten Proben korrekt bestimmt werden.

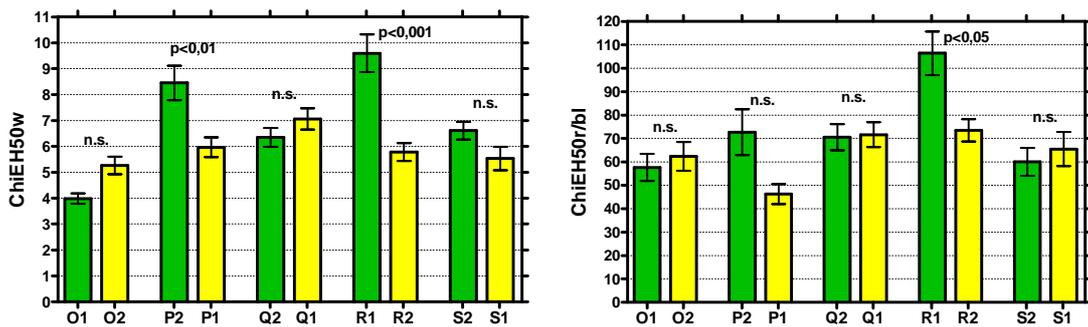


Abb. 45: Bewertungsgrößen ChiEH50w (links) u. ChiEH50r/bl (rechts) der Möhren des Jahres 2004 von Erzeugerbetrieben. Im Paarvergleich signifikant unterschiedliche Proben weisen bei ökologischem Anbau (jeweils grün dargestellt) höhere Werte auf.

Im folgenden Anbaujahr 2005 wurde auf Grundlage von früheren Untersuchungen und der inzwischen bekannten Anbauvarianten von 2004 das Auswerteverfahren verbessert. Dadurch waren bei 3 von 5 Probenpaaren Klassifikationen der Anbausysteme möglich, bei 2 Probenpaaren war der Unterschied zu gering. Die 3 getroffenen Klassifikationen erwiesen sich als korrekt.

Zur weiteren Verbesserung wurde auch bei den Möhrenproben die Klassifikation der Proben auf Grundlage der LDA untersucht. Die Berechnung der kanonischen Variablen erfolgte auf Basis der folgenden 9 Elemente des Datenvektors Mw1uv, ChiEH50dr, ChiEH50r, R80uvDbI, R40wDbI, Mw1/R40dr, ChiEH50grDbI, ChiEH100drDbI, ChiEH100wDbI. Die kanonische Variable ergab für 3 Probenpaare des Jahres 2005 eine signifikante Trennung (siehe Abb. 46). Das Probenpaar des Standorts P ließ sich auf dieser Grundlage nicht unterscheiden. Die Proben des Standorts Q wären, obwohl nicht signifikant, wie die drei signifikanten Probenpaare richtig klassifiziert worden.

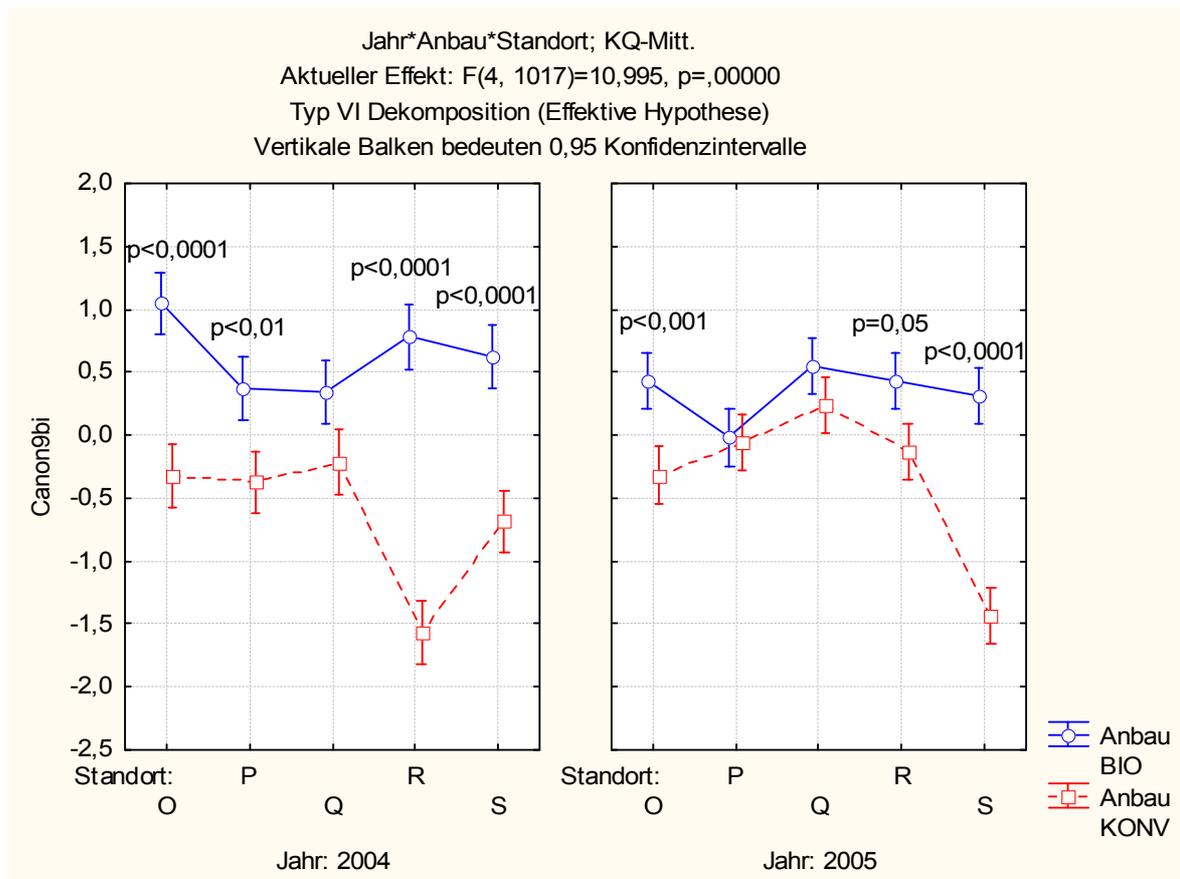


Abb. 46: Retrospektive Trennung der Möhrenproben 2004 (links) mittels Linearer-Diskriminanz-Analyse und prospektive Klassifikation der Proben 2005 (rechts).

Bemerkenswert ist, dass die Proben des Jahres 2004 durch die erhöhte Zahl der berücksichtigten Größen ebenfalls für 4 Standorte signifikant zu unterscheiden waren.

6.3.7 Ergebnisse Anbauvarianten Möhren – Universität Kassel

6.3.7.1 Probenmaterial

Für die Untersuchungen standen je Jahrgang 4 Proben zu Verfügung. Zwei Proben waren ungedüngt, zwei Proben gehörten zur Düngungsstufe 150 kg N / ha. Je Düngungsvariante waren zwei samenfeste Möhrensorten (Rodelika und Rothild) angebaut worden.

Tab. 25: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Möhrenproben aus dem Versuchsanbau der Universität Kassel

Probenvariante	N-Düngung	Code 2004	Code 2005	Code 2006
Rodelika Öko	0	G1	D1	III
Rodelika konv.	150 kg/ha	G2	D2	IV
Rothild Öko	0	H1	C1	I
Rothild konv.	150 kg/ha	H2	C2	II

Von einer vorangegangenen Untersuchung aus dem Jahre 2003 war bekannt, dass die Düngungsintensität in der Größe R40w zum Ausdruck kommt. Die bei dieser Untersuchung aufgetretene Abhängigkeit ist in Abb. 47 dargestellt. Bei früher Ernte traten hohe R40w-Werte auf, die mit steigender Düngungsintensität sanken. Bei der späteren Ernte lagen die R40w-Werte allgemein niedriger und stiegen mit steigender Düngungsintensität an. Dazwischen gab es einen Umkehrpunkt ohne Abhängigkeit.

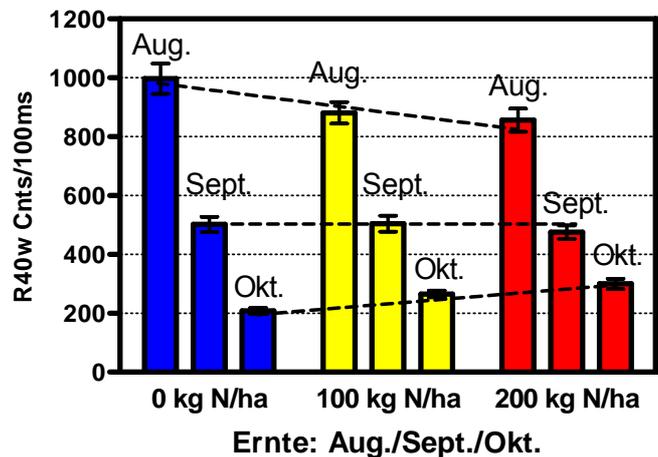


Abb. 47: Abhängigkeit der Größe R40w von der Intensität der Düngung und vom Erntezeitpunkt. Die Möhren wurden freundlicherweise vom Louis Bolk Institut (LBI; Driebergen, NL) aus der Ernte 2003 zur Verfügung gestellt.

Das Ergebnis der Möhren des vorliegenden Anbauversuchs 2004 wies die gleiche Charakteristik auf (s. Abb. 48). Bei niedrigem Emissionsniveau entspricht höhere Emission der höheren Düngungsstufe, bei hohem Emissionsniveau entspricht niedrigere Emission der höheren Düngungsstufe.

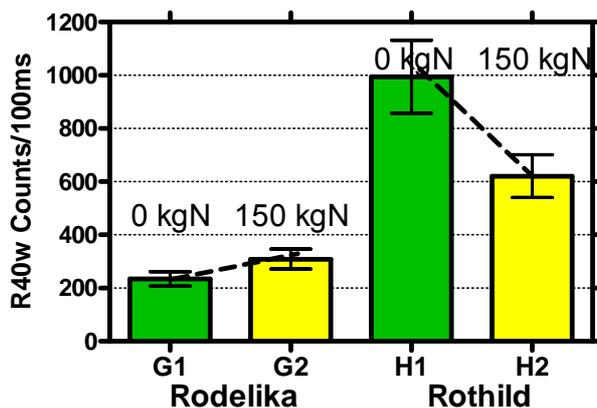


Abb. 48: Die Veränderungsrichtung der Größe R40w mit der Düngungsstufe hängt von der Sorte ab. Wird die Intensität der Lichtemission R40w berücksichtigt und mit Abb. 47 verglichen, so lässt sich die Düngungsstufe korrekt zuordnen.

Die Möhren der Gruppe H (Rothild) zeigten die Charakteristik früh geernteter Möhren, die der Gruppe G (Rodelika) diejenige später geernteter (siehe Abb. 47 u. Abb. 48).

Es war jedoch nicht möglich aus diesen nur 4 Proben diejenigen LDA-Variablen zu bestimmen, die es für die Folgejahre erlaubten, die Düngungsstufe aus den Messdaten zu bestimmen.

Wurden geeignete LDA-Variablen jedoch anhand der Probenjahrgängen 2004, 2005 u. 2006 bestimmt (Mw1uv, R40r, R40hr, R40gr, ChiEH25hr, ChiEH25gr, ChiEH25w, ChiEH50gr, Mw1drDw, R80hrDw, R40drDw, R40rDw, Mw1/R80uv, Mw1/R40uv, ChiEH25wDbI, ChiEH50grDbI, ChiEH100wDbI), so reichte es aus, die zugehörige Diskriminanzfunktion an den Probandaten von 2004 zu trainieren, um das Düngungsniveau der Proben 2005 u. 2006 prospektiv zu bestimmen. Die statistische Sicherheit ließ sich verbessern, wenn das Training anhand der Proben zweier Jahre (2004, 2005) erfolgte. Dies zeigt, dass die Zuverlässigkeit der LDA-

Methode um so größer wird, je mehr unterschiedliches Probenmaterial zum Training zur Verfügung steht.

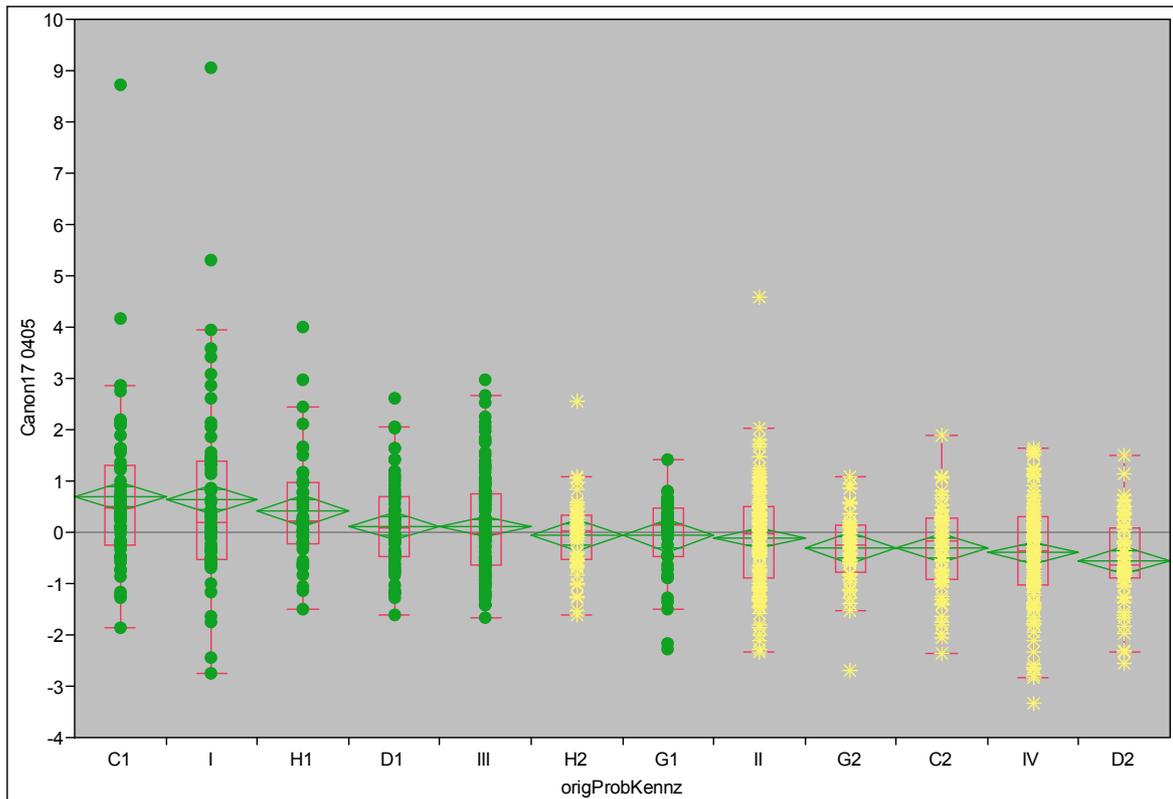


Abb. 49: Die prospektiv klassifizierten Proben I u. III des Jahres 2006 werden durch die kanonische Variable korrekt der Düngungstufe N 0 zugeordnet, die Proben II u. IV der Düngungstufe N 150. Das retrospektive Training erfolgte mit den Proben der Jahre 2004 u. 2005.

6.3.8 Ergebnisse Anbauvarianten Weizen (DOK)

6.3.8.1 Probenmaterial

Für die Untersuchung standen je Jahrgang 20 Einzelproben zur Verfügung. Es handelte sich um 5 Anbauvarianten in jeweils 4-facher Feldwiederholung. Die Zuordnung der Anbauweisen und Probenkennzeichnungen zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 26: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Weizenproben aus dem DOK-Versuch des FiBL.

Weizen – DOK Proben-Variante	Kurz- Bez.	2004			2005			2006		
		Code	Parz	n	Code	Parz	N	Code	Parz	n
Ungedüngt	N	A1005	37	80	K1022	57	54	Y4001	3	41
		A1011	59	78	K1025	41	54	Y4002	37	40
		A1012	3	80	K1026	1	54	Y4003	59	42
		A1018	93	82	K1033	91	54	Y4004	93	36
Mineralisch gedüngt 1,0 Norm	M	B1001	4	80	H1023	58	54	X3001	4	42
		B1003	94	80	H1029	42	54	X3002	38	41
		B1016	38	80	H1030	92	54	X3003	60	41
		B1019	60	80	H1035	2	54	X3004	94	42
Biologisch-dynamisch mit 1,4 DGVE/ha	D2	C1006	88	80	G1024	48	54	Q1001	10	42
		C1007	44	84	G1032	52	50	Q1002	44	42
		C1017	10	76	G1036	80	54	Q1003	54	42
		C1020	54	80	G1039	8	54	Q1004	88	42
Organisch-biologisch mit 1,4 DGVE/ha	O2	D1004	82	80	J1021	14	54	S2001	16	41
		D1009	26	80	J1031	30	52	S2002	26	39
		D1013	72	80	J1037	70	53	S2003	72	42
		D1014	16	82	J1040	86	53	S2004	82	42
Konventionelle integrierte Produktion mit 1,0 Norm Mistdüngung	K2	E1002	66	80	F1027	36	54	P5001	22	42
		E1008	32	80	F1028	20	54	P5002	32	41
		E1010	76	80	F1034	64	54	P5003	66	40
		E1015	22	82	F1038	74	54	P5004	76	42

Aus dem Satz der Messdaten wurden Ausreißer entfernt. Als Ausreißer wurde ein Datensatz eingestuft, wenn in ihm ein Wert um mehr als die 6-fache Standardabweichung vom Mittelwert der gesamten Probe (Anbauvariante) abwich.

Je Probe standen 4 Feldwiederholungen zur Verfügung. Sie wurden getrennt untersucht und ausgewertet sowie für die Auswertung auch nach Anbauvarianten zusammengefasst.

6.3.8.2 Messgrößen

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die 4 Messgrößen R40ge/bl, Mw1w, R40w und ChiEH50w dargestellt. Diese wurden unter den insgesamt zur Verfügung stehenden Messgrößen ausgewählt, weil sie erfahrungsgemäß zur Beurteilung von Getreide besonders geeignet sind.

Bei Weizen aus dem DOK-Anbau ließen sich in früheren Untersuchungen die Messergebnisse einer Probe danach beurteilen, ob sie mehr oder weniger deutlich diejenige Tendenz zeigen, die für Samen typisch ist. Für Samen sind Tendenzen der Messgrößen gemäß nachfolgender Tabelle erfahrungsgemäß normal. Der Vergleich der Proben erfolgte primär nach der Messgröße R40ge/bl. Die Größen Mw1w, R40w und ChiEH50w sind damit teilweise korreliert. Dabei ist bei Mw1w der Korrelationskoeffizient negativ, bei R40w und ChiEH50w positiv. Besteht diese Korrelation, sind die Ergebnisse nach bisheriger Erfahrung geeignet für eine relativ zuverlässige Zuordnung zur Anbauweise.

Tab. 27: Typische Tendenz ausgewählter Elemente des Datenvektors bei Samenproben.

Messgröße	Tendenz	
	ökologisch	konventionell
R40ge/bl	niedrig	hoch
Mw1w	hoch	niedrig
R40w	niedrig	hoch
ChiE/H50w	niedrig	hoch

6.3.8.3 Ergebnisse der Probenserie 2004

In der Abb. 50 sind die in der Tab. 27 genannten Messgrößen für die Proben 2004 dargestellt. Die Toleranzfelder kennzeichnen den Standard-Fehler.

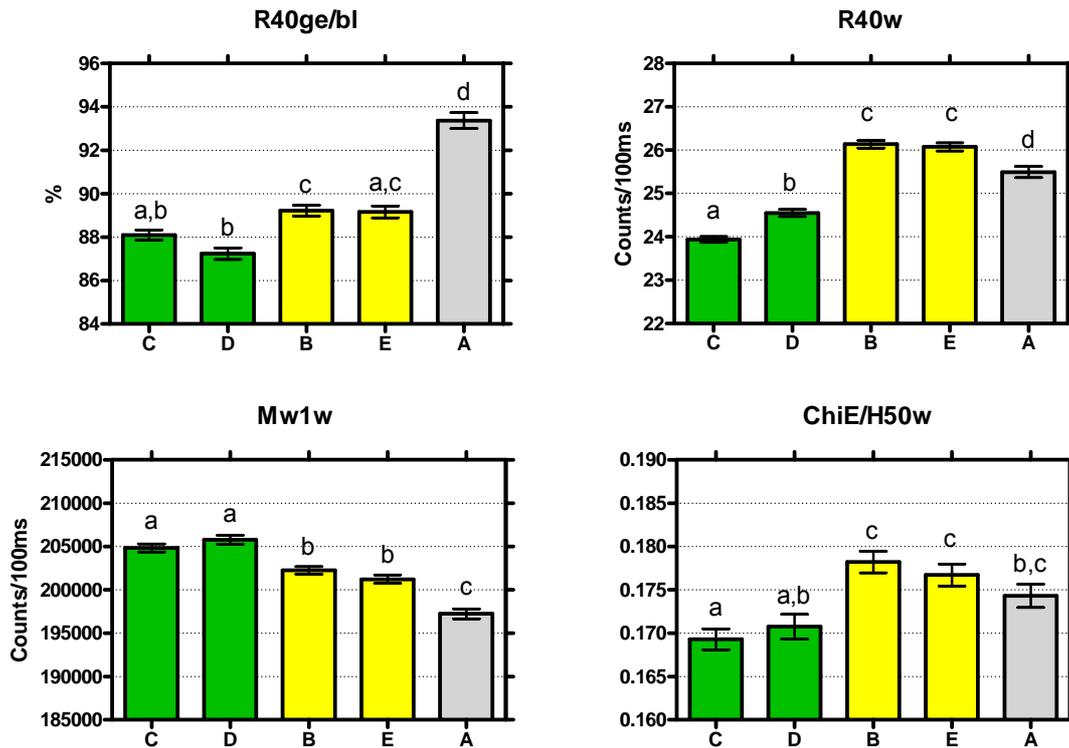


Abb. 50: Ergebnisse der Weizenproben (DOK) 2004 bei ausgewählten Messgrößen. Die Proben aus Öko-Anbau zeigen niedrigere Messwerte bei R40g/b, R40w u. ChiE/H50w sowie höhere Werte bei Mw1w. Proben, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich in der ANOVA mit Post-Test nach Tukey auf dem Signifikanzniveau von $p < 0,05$.

Auf Basis dieser Daten wurden die codierten Proben 2004 korrekt dem Anbauverfahren zugeordnet.

6.3.8.4 Ergebnisse der Probenserie 2005

Die gleichen Messgrößen wie im Jahr 2004 zeigt für die Proben 2005 die Abb. 51.

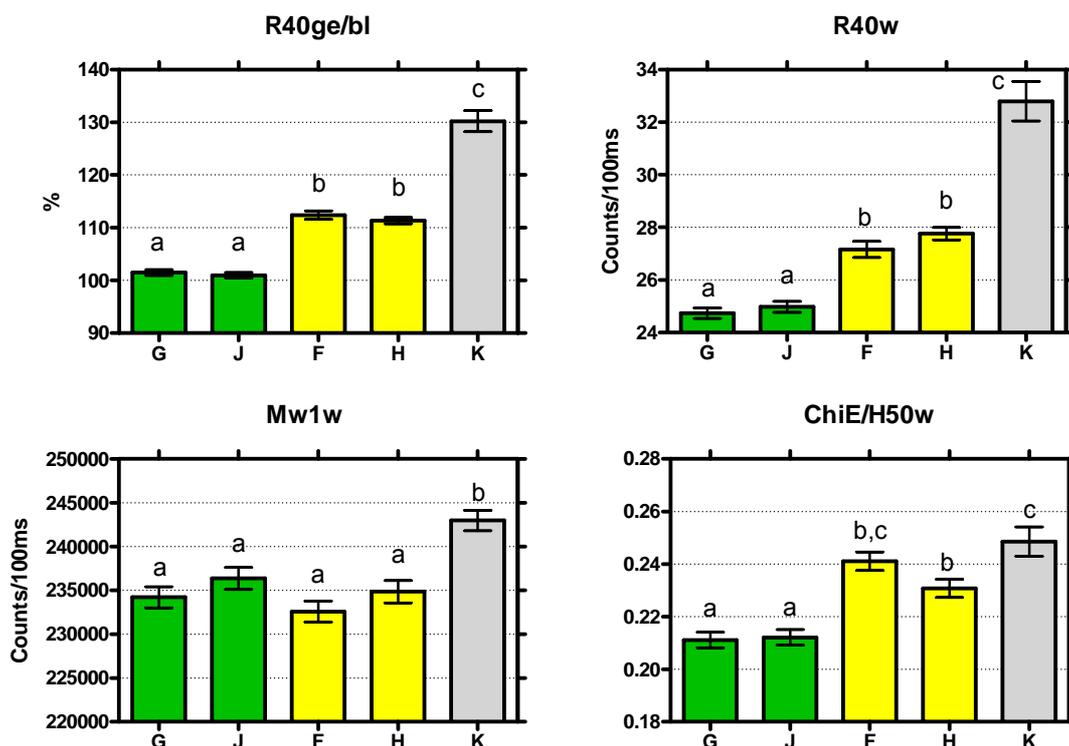


Abb. 51: Ergebnisse der Weizenproben (DOK) 2005 bei ausgewählten Messgrößen. Die Proben aus Öko-Anbau zeigen niedrigere Messwerte bei R40g/b, R40w u. ChiE/H50w. Bei Mw1w hebt sich in 2005 ausschließlich die Nullvariante signifikant ab. Proben, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich in der ANOVA mit Post-Test nach Tukey auf dem Signifikanzniveau von $p < 0,05$.

Auch für diesen Jahrgang ließ sich auf dieser Grundlage die Zuordnung der Proben zum Anbauverfahren gemäß Tab. 27 korrekt treffen.

6.3.8.5 Ergebnisse der Probenserie 2006

Bei den Proben des Erntejahres 2006 folgten die Messgrößen Mw1w, R40w, R40ge/bl und ChiEH50w nicht dem Schema der Tab. 27. Die Klassifikation der codierten Proben erfolgte deshalb nach den zwei Messgrößen R40ge/bl und Mw1r/w, die bei den DOK-Proben 1999 – 2005 die Anbauweisen ausnahmslos korrekt zuordneten. Eine korrekte Klassifikation durch diese Größen war auch 2006 gegeben (s. Abb. 53).

6.3.8.6 Feldwiederholungen 2004, 2005 und 2006

Die vier Feldwiederholungen der DOK Weizenproben wurden getrennt gemessen. Zwischen den Feldwiederholungen ergaben sich deutliche Unterschiede bei den beiden ökologischen Anbauvarianten und der Nullvariante, während die beiden mineralischen Varianten nur geringe Unterschiede zwischen den Feldwiederholungen zeigten.

Aus den insgesamt vorhandenen Daten von Weizen aus DOK Anbau der Jahre bis einschließlich 2004 wurde retrospektiv eine Diskriminanzfunktion über 19 Elemente des Datenvektors errechnet und prospektiv auf die Daten des Jahres 2005 angewandt. Die Nullvariante wurde dabei nicht berücksichtigt, da sie kein gebräuchliches Anbausystem darstellt und auch vom FiBL selbst nicht berücksichtigt wird (MÄDER *et al.* 2002). Es ergab sich, dass für 15 von 16 Proben (4 Feldwiederholungen je Hauptprobe) des Jahres 2005 korrekt das jeweilige Anbausystem identifiziert wurde (s. Abb. 52).

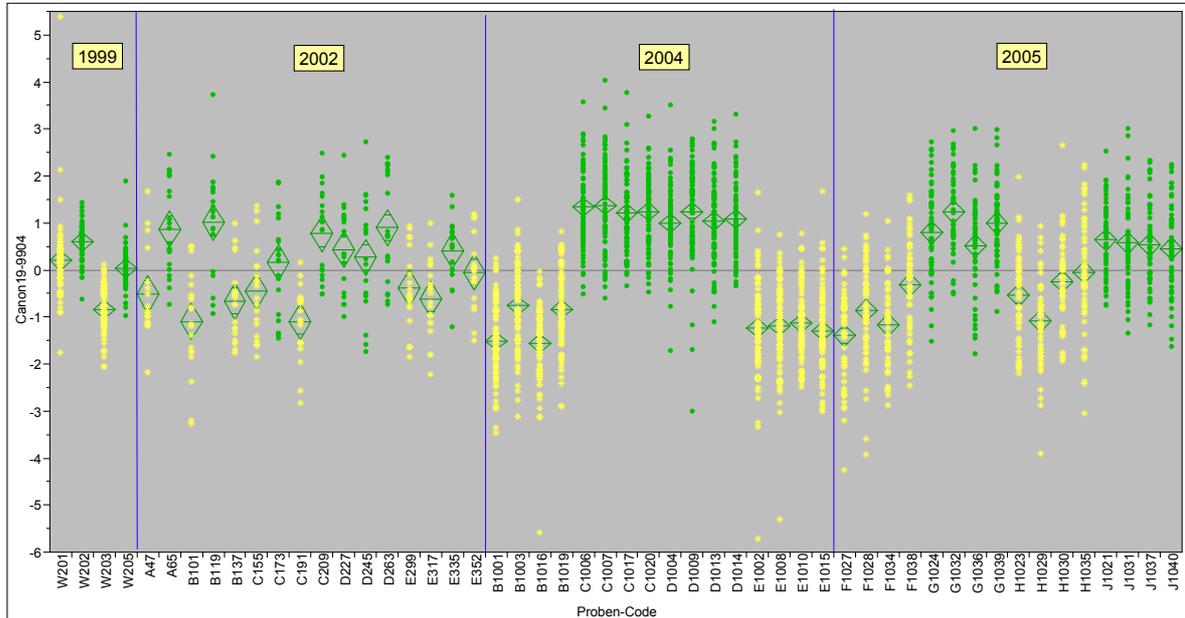


Abb. 52: Prospektive Klassifikation der DOK-Weizenproben 2005 (rechts) auf Basis von 19 Elementen des Datenvektors bei Training der Diskriminanzfunktion an den Proben der Jahr 1999 bis 2004. 15 von 16 Proben werden korrekt klassifiziert, eine liegt auf der Nulllinie und lässt sich nicht klassifizieren.

Für die Proben des Jahres 2006 erwies sich die gleiche Diskriminanzfunktion aus 19 Messgrößen als weniger geeignet. Dagegen ergab die Verwendung der Elemente R40ge/bl und Mw1r/w aus dem Datenvektors eine klare Identifikation der Gesamtproben. Von den 16 Proben (4 Feldwiederholungen je Hauptprobe) wurden 14 korrekt der Anbauweise zugeordnet.

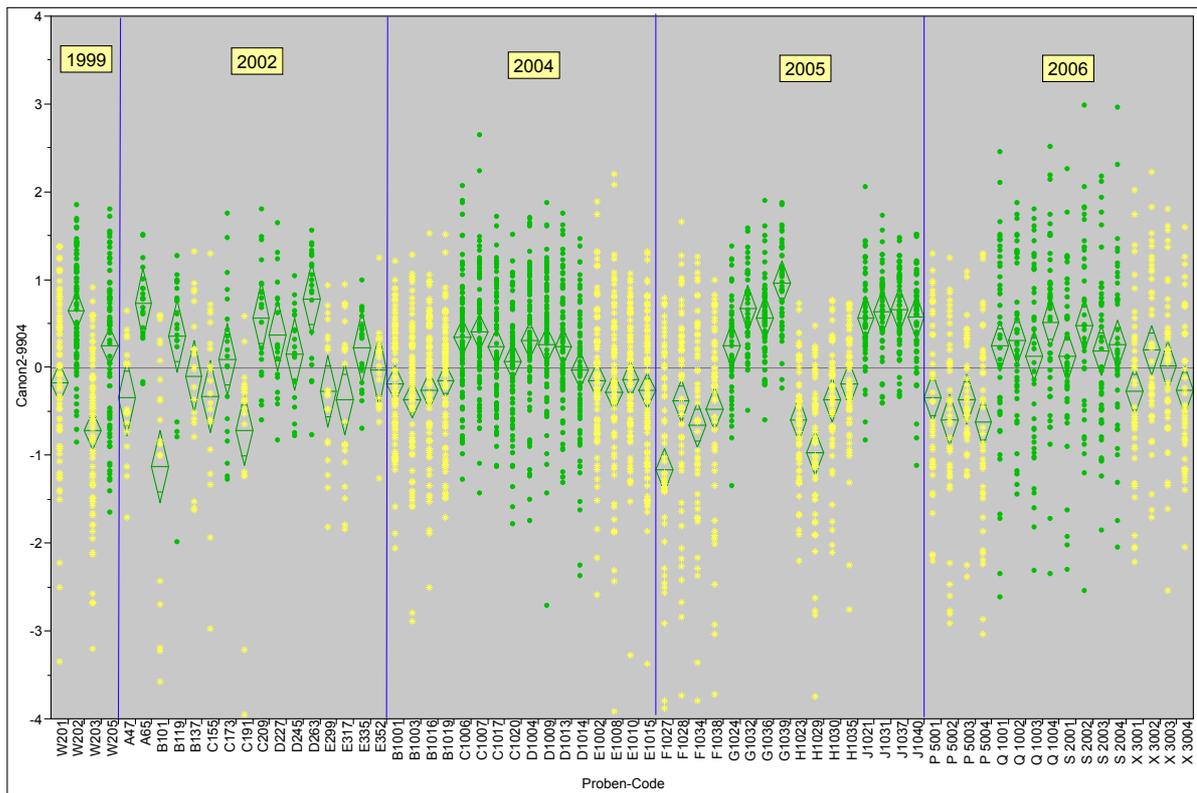


Abb. 53: Prospektive Klassifikation der DOK-Weizenproben 2005 und 2006 auf Basis von 2 Elementen des Datenvektors bei Training der Diskriminanzfunktion an den Proben der Jahr 1999 bis 2004. 30 von 32 Proben werden korrekt klassifiziert.

Diese Ergebnisse zeigen, dass sich codierte Weizenproben aus dem DOK-Versuch relativ sicher der Anbauweise zuordnen lassen.

6.3.9 Ergebnisse Anbauvarianten Weizen – Erzeugerproben

Je Anbaujahr standen 12 Weizenproben von Erzeugern zur Verfügung. Dabei handelte es sich um 6 ökologisch und 6 konventionell angebaute Proben. Die Sorten waren je Probenpaar gleich, konnten jedoch zwischen den Anbaujahren wechseln. Auch der Standort des Anbaus wechselte teilweise zwischen den Anbaujahren. Für eine übersichtliche Darstellung wurden dennoch für beide Jahre die gleichen Paarkennzeichnungen verwendet.

Tab. 28: Übersicht über Anbauweise und Codierung der Weizenproben von Erzeugern

Standort	St. Abk	Code 2004	Code 2005	Sorte 2004	Sorte 2005	Anbauvariante
16278 Wilmersdorf	AZ	A1	Z1	Capo	Capo	ökologisch
16278 Steinhöfel/Wilmersdorf	AZ	A2	Z2	Capo	Capo	konventionell
Poppenhausen	BY	B1		Capo		konventionell
97729 Ramsthal	BY	B2	Y1	Capo	Capo	ökologisch
97508 Grettstadt	BY		Y2		Capo	konventionell
Orsingen-Nanzingen	CX	C1		Capo		konventionell
79802 Dettighofen	CX	C2	X2	Capo	Capo	ökologisch
78037 Bad Dürkheim	CX		X1		Capo	konventionell
Reußenbögs	DW	D1		Bussard		ökologisch
ATR Landhandel	DW	D2		Bussard		konventionell
25779 Schlichting	DW		W1		Bussard	ökologisch
24649 Wiernersdorf	DW		W2		Bussard	konventionell
31191 Algermissen	EV	E1	V1	Askelis	Ludwig	ökologisch
Bierbergen	EV	E2		Askelis		konventionell
31180 Ahrbergen	EV		V2		Ludwig	konventionell
Gronde	FU	F1		Askelis		konventionell
Trenthorst	FU	F2		Askelis		ökologisch
17089 Siedenbollentien	FU		U1		Ludwig	konventionell
19412 Langen-Jarchow	FU		U2		Ludwig	ökologisch

Die Auswertung der Datensätze für die Weizenproben von Erzeugerbetrieben nach den gleichen Kriterien wie für die DOK-Proben erwies sich als unzureichend. Die jeweiligen Probenpaare ließen sich zwar signifikant unterscheiden, die Zuordnung zu einem Anbausystem ergab an den Blindproben der Ernte 2004 jedoch nur zwei richtige bei 5 getroffenen Zuordnungen. Die Bewertungskriterien (s. Tab. 27), die bei Weizen aus dem DOK-Anbauversuch in jedem Anbaujahr die richtige Zuordnung der codierten Proben zum Anbauverfahren ermöglichten und die zuvor

auch bei einigen anderen Samen richtige Zuordnungen ermöglicht hatten, wurden für diese Proben bezüglich der Variablen R40w nach den Erfahrungen des Probenjahrganges 2004 modifiziert (niedriger bei konventionellen Proben). Bei den Weizenproben 2005 wurden auf dieser Grundlage 3 richtige Zuordnungen bei 3 getroffenen Zuordnungen erreicht. Die weiteren 3 Proben unterschieden sich bei R40w nicht signifikant (s. Abb. 54).

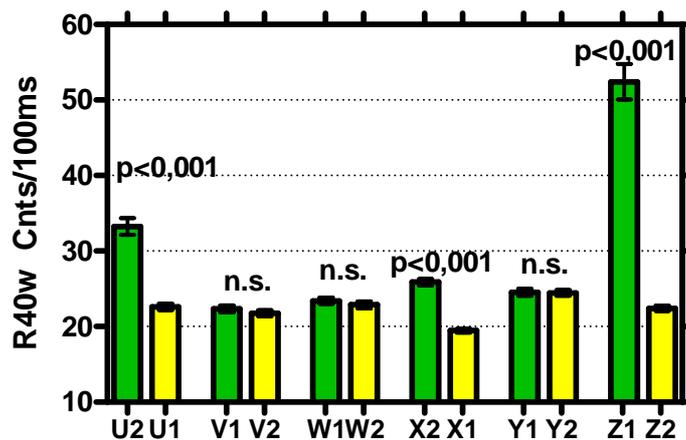


Abb. 54: Intensität der langfristigen Lumineszenz R40w bei Weizenproben (Erzeuger) des Jahres 2005.

Für eine zuverlässige Identifikation der Anbauweise unbekannter Proben sind mehr Elemente des Datenvektors zu berücksichtigen. Dies erfolgte auch hier mittels Linearer-Diskriminanz-Analyse (LDA). Zur Erprobung dieser Methode waren die Anbauverfahren der Proben beider Jahrgänge bekannt. Es wurden die folgenden 10 Elemente des Datenvektors in die Auswertung einbezogen: R80ge, R80bl, R40ge, R40w, Mw1geDw, Mw1grDw, Mw1blDw, Mw1uvDw, R40geDw, Mw1/R40hrDbl. Die Diskriminanzfunktion wurde nach bester Trennung der Anbauvarianten am Datensatz von 2004 bestimmt und auf die Proben des Jahres 2005 angewandt. Dabei ergab sich eine signifikante Trennung sämtlicher Probenpaare des Jahres 2005 und deren korrekte Zuordnung zum Anbauverfahren.

Die Güte der Trennung zeigt die Tab. 29.

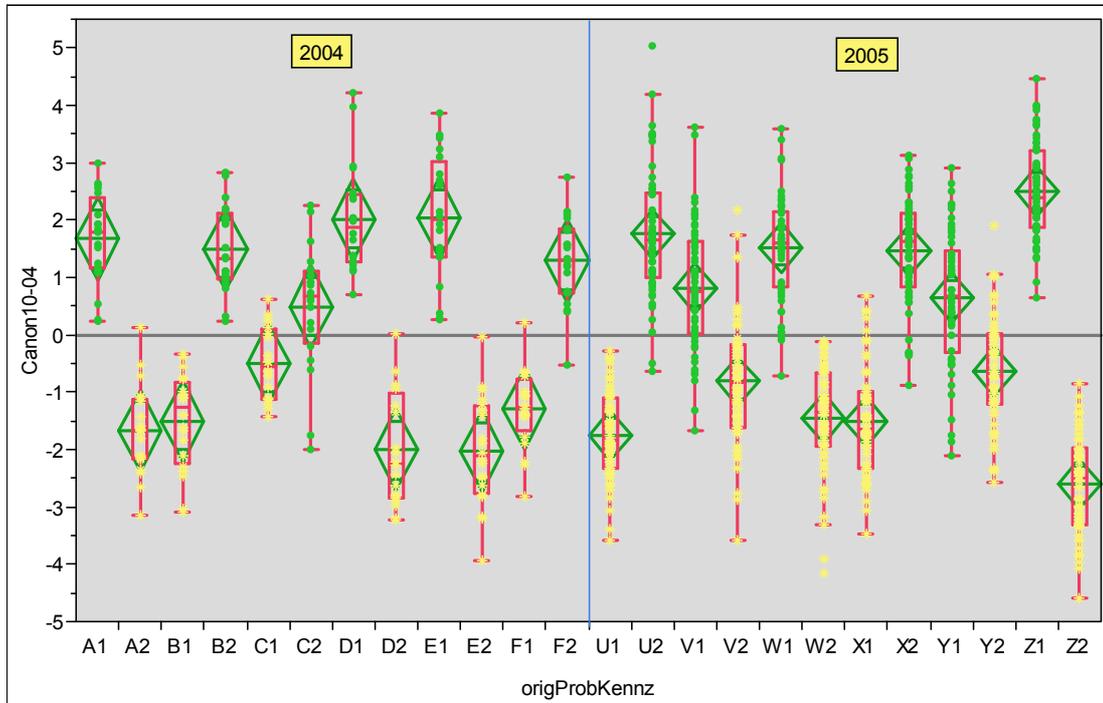


Abb. 55: Prospektive Trennung der Weizenproben (Erzeuger) des Jahres 2005 durch eine kanonische Variable, die mittels der an den Proben 2004 trainierten Diskriminanzfunktion berechnet wurde.

Tab. 29: Mittelwertvergleich aller Proben mittels Tukey-Kramer nach Varianzanalyse. Proben die nicht durch den gleichen Buchstaben verbunden sind, sind signifikant unterschiedlich auf dem Niveau von $p < 0,001$.

Code										Mean	
Z1	A									2,509717	
E1	A	B								2,031230	
D1	A	B								2,010773	
U2	A	B								1,753022	
A1	A	B	C	D						1,669955	
W1		B	C							1,520877	
B2	A	B	C	D						1,501286	
X2		B	C	D						1,458330	
F2		B	C	D						1,286940	
V1			C	D						0,811281	
Y1			D	E						0,635556	
C2			C	D	E	F				0,494437	
C1					E	F	G	H		-0,494437	
Y2						F	G			-0,635556	
V2							G	H		-0,811281	
F1							G	H	I	-1,286940	
W2							G	H	I	-1,463485	
B1							G	H	I	J	-1,501286
X1								H	I		-1,514420
A2							G	H	I	J	-1,669955
U1									I	J	-1,753022
D2									I	J	-2,010773
E2									I	J	-2,031230
Z2										J	-2,606244

6.4 Zusammenfassung und Konsequenzen der Ergebnisse

6.4.1 Zusammenfassung der PAS - Ergebnisse

Die Weizen, Apfel-, und Möhrenproben aus wissenschaftlichen Anbauversuchen bzw. wissenschaftlich begleiteten Betriebsvergleichen (Weizenproben DOK, Apfelproben FiBL Weibel, und Möhrenproben Uni Kassel) konnten mithilfe der Bestimmung des physiologischen Aminosäurenstatus signifikant differenziert und zutreffend dem jeweiligen Verfahren zugeordnet werden.

Die Erzeugerproben Weizen konnten alle getrennt und zutreffend dem jeweiligen Verfahren zugeordnet werden. Die Erzeugerproben Apfel konnten teilweise getrennt und korrekt zugeordnet werden. Auch bei Möhrenproben der Erzeugerbetriebe konnte teilweise getrennt und korrekt zugeordnet werden. Inwieweit durch eine Optimierung des Untersuchungsverfahrens durch Aufnahme weiterer Para-

meter die Zuordnung der Proben von Erzeugerbetrieben verbessert werden kann, bedarf weiterer Untersuchung. Möglicherweise muss bei weniger gut definierten Proben von Erzeugerbetrieben die Probennahme in Art oder Umfang optimiert werden, da sie nicht in gleicher Intensität wissenschaftlich begleitet war, wie bei den Proben aus den Anbauversuchen.

Bei den Maisproben war aufgrund geringer Erfahrung im ersten Jahr keine Zuordnung versucht worden, mit den gezeigten PAS-Quotienten war eine korrekte Zuordnung für das zweite Jahr im voraus und für das erste Jahr im nachhinein möglich.

6.4.2 Zusammenfassung der FAS - Ergebnisse

Die codierten Proben dieses Projektes konnten bei allen Probenarten unterschieden und das zugrunde liegende Anbauverfahren überwiegend korrekt bestimmt werden. Die Klassifikation der Proben zu einem Anbauverfahren stützte sich im ersten und zweiten Untersuchungsjahr auf eine heuristische Methode, die auf Erfahrungen und Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen beruhte. Dabei wurden wenige ausgewählte Messgrößen als Entscheidungskriterien verwendet.

Diese bereits recht treffsichere Methode wurde in ein statistisches Verfahren überführt, das weitere Messgrößen (Elemente des Datenvektors) einbezog. Durch Training an bekannten Proben wurde aus diesen Messgrößen als Linearkombination eine kanonische Variable errechnet, in der das Anbauverfahren zum Ausdruck kommt. Die trainierte Linearkombinations-Formel wurde auf die Daten unbekannter Proben angewandt. Die kanonische Variable bildete dann ein Maß, um unbekannte Proben zu klassifizieren.

Es zeigte sich, dass sich dieses Verfahren um so zuverlässiger als Instrument zur prospektiven Klassifikation von Proben eignet, je größer die Datenbasis ist, die als Trainingsdatensatz zur Verfügung steht.

Äpfel werden sortenrein vermarktet. Entsprechend wurden sie auch in der vorliegenden Studie getrennt nach Sorten untersucht. Bei Möhren erfolgt dagegen die Vermarktung ohne Rücksicht auf Sorten. Die Möhrensorte kommt in einigen Mess-

größen der FAS besonders stark zum Ausdruck. Diese müssen bei der LDA-Auswertung ausgeschlossen werden. Dies hat zur Folge, dass Proben unterschiedlichster Sorte erforderlich sind, um ein zuverlässiges Training zu erreichen.

Die bei den Proben des Projektes erreichte Klassifikation des Anbauverfahrens zeigt, dass bei Einhaltung einiger von der jeweiligen Probenart abhängigen Bedingungen bei Proben aus wissenschaftlichen Anbauversuchen wie auch bei Probenmaterial von Erzeugern das zu Grunde liegende Anbauverfahren mit hoher Sicherheit am Produkt bestimmt werden kann.

6.4.3 Konsequenzen aus beiden Untersuchungsarten

Beide Untersuchungsarten (PAS und FAS) ergaben bei allen untersuchten Erzeugnissen Unterschiede, die mit der Anbauweise in Beziehung gebracht werden können. Dies stimmt überein mit den Befunden der weiteren im Projekt vertretenen Untersuchungsarten der Arbeitsgruppe von J. Kahl und N. Busscher. Als Konsequenz muss mit Unterschieden des pflanzlichen Erzeugnisses auf Grund der Anbauweise gerechnet werden.

Um diese experimentellen Befunde angemessen bezeichnen und einordnen zu können, bedarf es eines sachgerechten Begriffs. Im Fall des physiologischen Aminosäuren-Status wie auch bei der Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie ganzer Proben erscheint es sinnvoll, das Entwicklungsstadium einer pflanzlichen Probe zu bezeichnen und es als zusätzliches Qualitätsmerkmal vorzuschlagen. Dazu wurde der Begriff der arttypischen Ausprägung von U. Graf übernommen (BALZER-GRAF 2001). Von der Arbeitsgruppe Bloksma/Huber/Northolt wurde später die Bezeichnung „innere Qualität“ bevorzugt (BLOKSMA 2004, HUBER 2006). Bevor auf die experimentellen Befunde eingegangen wird, soll zunächst der Sachzusammenhang umrissen werden, der durch dieses neue Qualitätsmerkmal angesprochen wird.

Eine Pflanze kann sich grundsätzlich und ausschließlich arttypisch ausprägen, d.h. so wachsen und äußerlich erscheinen, wie es ihrer genetischen Veranlagung ent-

spricht. Insofern kann der Begriff der arttypischen Ausprägung zunächst trivial erscheinen.

Tatsächlich kann mit einer gleichartigen äußeren Gestalt eine recht verschiedene innere Entwicklung der Pflanze verbunden gewesen sein. Die innere Entwicklung ist der Beobachtung nicht direkt zugänglich. Eine unterschiedliche Entwicklung drückt sich z.B. darin aus, dass der Gehalt an einem bestimmten Inhaltsstoff bei der gleichen Pflanzenart erheblichen Schwankungen unterliegt. Neben der Sorte sind dabei auch Wärme, Licht, Wasser und Bodenverhältnisse von Einfluss.

Um bei gleicher äußerer Erscheinung von Proben (z.B. zwei Stichprobenensembles von Äpfeln) zu bestimmen, welche Prozessschritte in der Entwicklung der Proben wie weit fortgeschritten sind, bedarf es einer Methode. Ein Prozessschritt verändert den stofflichen Aufbau der Pflanze. Prozessschritte wie sie durch den physiologischen Aminosäuren-Status untersucht werden, drücken sich aus in einer entsprechenden Gruppe von Inhaltsstoffen, die analytisch relativ präzise zugänglich sind. Von Prozessschritten, die kurzlebige intermediäre Stoffe bilden, wird hier abgesehen. Sie sind für den hier in den Blick genommenen Entwicklungsgesichtspunkt nicht von Interesse.

Bestimmte primäre Funktionen einer Pflanze laufen stets ab, ohne sie würde die Pflanze sich nicht entwickeln. Anders dagegen sekundäre Funktionen, die bei besonderen Bedingungen aktiviert werden. So werden Speicherproteine beim Weizen dann vermehrt gebildet, wenn in einem bestimmten Entwicklungsstadium ein erhöhtes Stickstoffangebot vorliegt. Auch manche antioxidativ wirkenden sekundären Pflanzenstoffe werden bei einigen Pflanzen erst bei einem gewissen Schädlingsdruck in vermehrtem Umfang gebildet.

Aufbauend auf den bisherigen experimentellen Befunden wird hier die Hypothese vorgestellt, dass biologische und konventionelle Kulturführung zu einer unterschiedlichen Ausprägung der pflanzlichen Entwicklungsprozesse führen oder Entwicklungsstufen unterschiedlich betonen. ‚Arttypische Ausprägung‘ als Qualitätsmerkmal soll auf die Pflanzenentwicklung als die zu den Messdaten zugehörige sachgerechte Beschreibungsebene verweisen. Analytische Messgrößen bedürfen zu ihrer Interpretation immer eines Kontextes. Ein bei Lebensmitteln üb-

licher Kontext ist Blick auf die Physiologie der Humanernährung, d.h. die Verbindung eines analysierten Stoffgehaltes mit dem menschlichen Bedarf an diesem Stoff, den die Pflanze beim Verzehr mehr oder weniger deckt. Eine solche Sichtweise lässt die Pflanze und ihre Entwicklung außer Acht.

Tatsächlich enthält die Pflanze nicht nur den gerade betrachteten Stoff, sondern wesentlich mehr – tatsächlich eine kaum zu überschauende Vielfalt. Die Verhältnisse dieser Stoffe zueinander bleiben zumeist unberücksichtigt. Nach unserer Auffassung kommt auch ihnen eine große Bedeutung bei der Beurteilung der pflanzlichen Entwicklung zu. Die Verhältnisse der Stoffgehalte im pflanzlichen Produkt sind Ausdruck der vorangehenden pflanzlichen Prozesse, eben ihrer arttypischen Entwicklung. Auf arttypisch ist deshalb Wert zu legen, weil die stofflichen Verhältnisse je nach Art der Pflanze ganz verschiedene Werte annehmen können. Gegen artabhängige Variationen könnten Veränderungen durch die Kulturführung unbedeutend erscheinen. Jedoch treten bei artinternen Vergleichen auffällige Veränderungen hervor, die systematisch auswertbar sind.

Wer sich mit den Inhaltsstoffgehalten von Pflanzen beschäftigt hat, wird vielleicht geneigt sein, diese Hypothese sofort zurückzuweisen, weil der natürliche Schwankungsbereich von Inhaltsstoffen weiter sei, als durch die Kulturführung bewirkte Veränderungen. Doch wäre dies ein vorschnelles Urteil. Die jeweiligen Witterungsumstände eines Jahres, des Ortes und der pflanzenbaulichen Maßnahmen führen zu einer Ausprägung der Prozessfolge (und damit assoziierten Stoffen), die man als charakteristisch für das Ernteergebnis des Jahres ansehen kann. In einem Jahr können bei einer Pflanze an einem Standort z.B. ausgeprägte Reifeprozesse vorherrschen, in einem anderen Jahr können diese schwach ausgeprägt sein und stattdessen nur die Wachstumsprozesse zum Stillstand gekommen sein, ohne dass der Übergang zur Reife (mit z.B. Aroma- und Zuckerbildung) mit der Intensität erfolgte, die vom Pflanzentypus her möglich wäre. Oder es verlaufen durch Mangel an Licht und Wärme die Prozesse des Proteinaufbaus nicht so intensiv wie es möglich wäre, so dass Proteinvorstufen (je nach Pflanze z.B. als Nitrat oder freie Aminosäuren) in höherem Gehalt verbleiben, als sonst unter

günstigeren Umständen. Hier liegen die Ursachen der natürlichen Variation von Inhaltsstoffgehalten.

Neben den nicht steuerbaren (natürlichen) Bedingungen gibt es steuerbare Bedingungen, die man allgemein als Kulturführung bezeichnen kann. Die Schwankungsbreite durch die natürliche Bedingungsvielfalt ist so groß, dass Veränderungen der Gehalte durch die Kulturführung zumeist innerhalb dieser Schwankungsbreite bleiben. Gelegentlich werden signifikant höhere oder geringere Gehalte in Korrelation mit der Kulturführung berichtet. Wiederholungsuntersuchungen in einem anderen Jahr zeigen dann vielleicht, dass die beobachteten Ergebnisse sich nicht bestätigen ließen.

Nicht nur in der Öffentlichkeit werden widersprechende Ergebnisse oft in dem Sinne verstanden, dass das Kulturverfahren eben doch keinen nachweisbaren Einfluss auf das Erzeugnis habe, kurz gesagt, kein Unterschied zwischen Erzeugnissen aus biologischem und konventionellem Anbau bestehe.

Wissenschaftlich gesehen sind solche Aussagen fragwürdig. Wenn ein System (hier eine Pflanze) einer Vielzahl von Einflussfaktoren unterliegt, so ist der Anteil eines jeden Einflussfaktors auf das Ergebnis zu bestimmen. Statistisch kann dies z.B. mit multifaktorieller Varianzanalyse erfolgen. Erst wenn der Faktor Anbauweise (ökologisch oder konventionell, evtl. als Zusammenfassung mehrerer Unterfaktoren) über mehrere Jahre im Mittel Null wäre, wäre die Aussage zulässig, die Anbauweise sei ohne Einfluss. Reicht die Datenbasis für eine solche Analyse nicht aus, so kann hilfsweise bereits eine Relation zwischen bestimmten Inhaltsstoffen wesentlich zuverlässigere Aussagen ermöglichen als die Betrachtung von Absolutwerten.

Die Quotientenbildung, d.h. die Berechnung von Verhältnissen spezieller Inhaltsstoffe, hat sich bislang als gut praktikabler Schritt erwiesen, um vom Einfluss nicht beeinflussbarer Bedingungen auf die absoluten Gehalte von Pflanzeninhaltsstoffen unabhängiger zu werden.

Die im Rahmen dieses Projektes erhaltenen Daten zeigen, dass bei an die Fragestellung angepasster Untersuchungs- und Auswertemethodik stabile Unterschiede

im Produkt zu messen sind, die mit dem Anbauverfahren korrelieren und diesem zuzuschreiben sind.

Ob sich ein Quotient (das o.g. Verhältnis bzw. eine Kombination von Verhältnissen von Inhaltsstoffen, als konkreter berechneter Zahlenwert) unmittelbar als Qualitätskriterium eignet, lässt sich noch nicht beantworten. Gegenwärtig vorliegende Daten bestätigen, dass charakteristische Veränderungen solcher Verhältnisse auftreten. Dies lässt erwarten, dass eine Wertung dieser Daten als Qualitätskriterium möglich werden kann.

Die Beschreibung der arttypischen Entwicklung als Qualitätsmerkmal ist entsprechend so zu verstehen, dass die jeweiligen Prozesse benannt werden, die in einem stärkeren oder schwächerem Ausmaß aufgetreten sind.

Ziel ist es, messbare Kriterien für Prozesse der arttypische Entwicklung zu erarbeiten. Die mit der FAS-Untersuchung in mehreren Versuchsreihen vorgenommenen Klassifikationen von Samen als mehr oder weniger samentypisch ausgeprägt oder die Klassifikation von Äpfeln als mehr oder weniger fruchttypisch ausgeprägt, sind erste Versuche in eine solche Bewertungsrichtung (STRUBE *et al.* 2000, 2001c, 2002).

Ein Apfel, bei dem die frühen Stufen des Proteinaufbaus nicht in ausreichender Weise Fortsetzungen durch Prozesse des Aufbaus zu höheren Stufen eingetreten sind, wird sich von einem Apfel unterscheiden, bei dem der weiterführende Aufbau eintrat. Abzulesen ist dies am Verhältnis der freien Aminosäuren im Verhältnis zum Gesamtprotein (STOLZ *et al.* 2002).

Die im konventionellen Landbau übliche mineralische Stickstoffdüngung führt häufig zu einem hohen Verhältnis von freien Aminosäuren zum Gesamtprotein. Es kann aber auch sein, dass das Verhältnis der freien Aminosäuren nicht erhöht ist, weil günstige Umstände die anschließenden Prozesse der Weiterverarbeitung der Aminosäuren entsprechend intensiviert haben, oder weil nur relativ wenig Aminosäuren gebildet wurden. Blicke die Untersuchung auf das Verhältnis freier Aminosäuren zum Gesamtprotein beschränkt, so wäre die intensive mineralische Stickstoffdüngung in solchen Fällen nicht zu erkennen. Es erschiene so, als sei

auch das Verhältnis freie AS/Gesamt N keine verlässliche Messgröße und als Gäbe es doch keine prinzipiellen Unterschiede aufgrund der Kulturverfahren.

Tatsächlich deuten die Korrelationsuntersuchungen dieses Projektes darauf hin, dass bemerkenswerte Unterschiede an wechselnder Stelle auftreten können. Statt oder zusätzlich zum Aminosäureaufbau können nachgelagerte Prozesse betroffen sein, z.B. die Bildung sekundärer Pflanzenstoffe.

Die Entwicklung neuer Qualitätskriterien war nicht Gegenstand des vorliegenden Projektes. Ein Blick auf solche Kriterien war durch die Ergebnisse nahe liegend.

7 Methodeninterne Korrelationen (J. Strube, P. Stolz)

Messdaten dieses Projektes wurden durch die Arbeitsgruppe N. Busscher (Universität Kassel) mit anderen Messdaten des gleichen Untersuchungsverfahrens wie auch mit Messdaten weiterer Untersuchungsverfahren korreliert. Die Ergebnisse dieser Korrelationsberechnungen von Messgrößen innerhalb der Methoden PAS und FAS werden nachfolgend besprochen.

7.1 Korrelationen innerhalb der Methode PAS

Da sich alle erhobenen Parameter auf den pflanzlichen Stickstoffmetabolismus beziehen, sind Korrelationen der Parameter untereinander zu erwarten. Das Prinzip der PAS-Methode beruht jedoch darauf, dass Verschiebungen im Metabolismus zu messbaren Veränderungen im N-Metabolom führen. Hieraus lässt sich zeigen, dass bestimmte Metaboliten-Verhältnisse spezifisch mit dem Kulturverfahren korreliert sind.

Zur Auswahl wesentlicher Korrelationen innerhalb der Methode wurden nur solche Korrelationen betrachtet, die in allen untersuchten Jahrgängen signifikant waren. Dadurch sollen nur gegen den Einfluss von jahrgangsbedingten Witterungsumständen robuste Parameter erfasst werden. In der ersten Spalte sind jeweils die Signifikanzniveaus (*,**,**) angegeben, in der zweiten Spalte die Bezeichnung des korrelierenden Parameters.

7.1.1 Apfel Erzeuger

Tab. 30: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Apfelproben vom Erzeuger

2004		2005	
Asn/Asp***	Ala	Asn/Asp*	Ala
***	Asn	***	Asn
*	Asp	**	Asp
*	Gaba	**	Gaba
**	Gly	**	Gly
*	Met	*	Met
***	Sum AS	***	Sum AS
**	Thr	***	Thr
*	Prot N	*	Prot N
Sum AS**	Ala	Sum AS***	Ala
***	Asn/Asp	***	Asn/Asp
***	Asn	***	Asn
***	Asp	***	Asp
**	Gaba	***	Gaba
*	Gln	***	Gln
***	Gly	***	Gly
*	Met	**	Met
**	Ser	***	Ser
***	Thr	***	Thr
***	Prot N	***	Prot N

In Tab. 30 sind die Korrelationen innerhalb der Methode Apfel Erzeuger-Proben angegeben. Erwartungsgemäß korreliert eine Vielzahl von Aminosäuren mit der Summe der gemessenen Aminosäuren (Sum AS) sowie dem Amidierungsgrad der Asparaginsäure (Asn/Asp) sowie dem Gesamtprotein-N-Gehalt (Prot-N).

7.1.2 Apfel FiBL (Golden Delicious)

Tab. 31: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Apfelproben FiBL

2004		2005	
Sum AS***	Ala	Sum AS***	Ala
***	Asn/Asp	***	Asn/Asp
***	Asn	***	Asn
***	Asp	***	Asp
**	Gaba	*	Gaba
***	Ile	*	Ile
***	Thr	***	Thr
***	Prot N	***	Prot N
Asn/Asp***	Ala	Asn/Asp***	Ala
***	Asn	***	Asn
***	Asp	***	Asp
*	Gly	**	Gly
***	Sum AS	***	Sum AS
**	Thr	**	Thr
***	Prot N	***	Prot N

In Tab. 45 sind die Korrelationen innerhalb der Methode Apfel-Proben (FiBL-Weibel) angegeben. Wie auch bei den Erzeuger-Apfelproben korreliert eine Vielzahl von Aminosäuren mit der Summe der gemessenen Aminosäuren (Sum AS) sowie dem Amidierungsgrad der Asparaginsäure (Asn/Asp) sowie dem Gesamtprotein-N-Gehalt (Prot-N).

7.1.3 Mais

Tab. 32: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Maisproben DOK

2004		2005	
Glu***	Ala	Glu***	
**	Arg	***	Arg
***	Asp	***	Asp
**	Gly	**	Gly
*	His	***	His
***	Ile	***	Ile
***	Leu	***	Leu
**	Lys	**	Lys
*	Met	**	Met
***	Phe	***	Phe
***	Pro	**	Pro
***	Ser	***	Ser
*	Thr	***	Thr
**	Trp	**	Trp
*	Tyr	***	Tyr
***	Val	***	Val
***	Prot-N	***	Prot-N
Asp***	Ala	Asp***	Ala
*	Arg	**	Arg
***	Asp	***	Asp
**	Gly	**	Gly
*	His	**	His
***	Ile	***	Ile
***	Leu	***	Leu
*	Lys	**	Lys
*	Met	*	Met
***	Phe	***	Phe
**	Pro	**	Pro
***	Ser	***	Ser
*	Thr	**	Thr
*	Trp	**	Trp
*	Tyr	**	Tyr
***	Val	***	Val
***	Prot-N	***	Prot-N

In Tab. 32 sind die Korrelationen innerhalb der Methode bei Maisproben angegeben. Da die Aminosäuren nach Hydrolyse bestimmt wurden, ist deren Vorliegen im wesentlichen durch die Proteinzusammensetzung bestimmt. Erwartungsgemäß korreliert daher eine Vielzahl von Aminosäuren miteinander, sowie mit dem mit dem Gesamtprotein-N-Gehalt (Prot-N).

7.1.4 Möhren von Erzeugern

Tab. 33: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Möhrenproben vom Erzeuger

2004		2005	
Sum AS***	Ala	Sum AS*	Ala
**	Asn/Asp	**	Asn/Asp
***	Asn	***	Asn
***	Asp	***	Asp
**	Gln	**	Gln
**	Ile	**	Ile
*	Leu	*	Leu
***	Thr	**	Thr
***	Tyr	***	Tyr
**	Val	***	Val
Asn/Asp**	Asn	Asn/Asp***	Asn
**	Gln	***	Gln
**	Glu	***	Glu
**	Sum AS	**	Sum AS
Nitrat*	Asp	Nitrat***	Asp
*	Gln	**	Gln

In Tab. 33 sind die Korrelationen innerhalb der Methode bei Möhrenproben vom Erzeuger angegeben. Erwartungsgemäß korreliert eine Vielzahl von Aminosäuren mit der Summe der gemessenen Aminosäuren (Sum AS) sowie dem Amidierungsgrad der Asparaginsäure (Asn/Asp) sowie dem Gesamtprotein-N-Gehalt (Prot-N). Nitrat korreliert nur mit 2 Aminosäuren. Dies ist möglicherweise auf die relativ geringe Stabilität von Nitrat als Analyten zurückzuführen.

7.1.5 Möhren Uni Kassel (Düngungsstufen)

Tab. 34: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Möhrenproben der Uni Kassel

2004		2005		2006	
Sum AS*	Val	Sum AS**	Val	Sum AS*	Val
Asn/Asp	-----	Asn/Asp	-----	Asn/Asp	-----
Nitrat*	-----	Nitrat*	-----	Nitrat*	-----

In Tab. 34 sind die Korrelationen innerhalb der Methode bei Möhren der Uni Kassel (Anbauversuch-Fleck) angegeben. Es korrelieren erstaunlich wenige Parameter. Die Ursache hierfür ist noch unklar.

7.1.6 Weizen Erzeuger

Tab. 35: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Weizenproben vom Erzeuger

2004		2005	
Glu***	Ala	Glu***	Ala
***	Arg	***	Arg
***	Asp	***	Asp
***	Gly	**	Gly
***	His	***	His
***	Ile	***	Ile
***	Leu	***	Leu
***	Lys	***	Lys
***	Met	**	Met
***	Phe	***	Phe
***	Pro	***	Pro
***	Ser	***	Ser
***	Thr	***	Thr
***	Tyr	***	Tyr
***	Val	***	Val
***	Prot-N	***	Prot-N
Pro***	Ala	Pro***	Ala
**	Arg	***	Arg
***	Asp	***	Asp
***	Glu	***	Glu
***	Gly	**	Gly
***	His	**	His
***	Ile	***	Ile
***	Leu	***	Leu
*	Lys	***	Lys
**	Met	*	Met
***	Phe	***	Phe
***	Ser	***	Ser
***	Thr	***	Thr
***	Tyr	***	Tyr
***	Val	***	Val
***	Prot-N	***	Prot-N

In Tab. 35 sind die Korrelationen innerhalb der Methode Weizenproben vom Erzeuger angegeben. Da die Aminosäuren nach Hydrolyse bestimmt wurden, ist deren Vorliegen im wesentlichen durch die Proteinzusammensetzung bestimmt. Erwartungsgemäß korreliert daher eine Vielzahl von Aminosäuren miteinander, sowie mit dem mit dem Gesamtprotein-N-Gehalt (Prot-N).

7.1.7 Weizen FiBL (DOK)

Tab. 36: Korrelationen innerhalb der Methode PAS bei Weizenproben des FiBL (DOK)

2004		2005		2006	
Glu*	Ala	Glu**	Ala	Glu***	Ala
**	Arg	**	Arg	***	Arg
**	Asp	**	Asp	***	Asp
**	Gly	**	Gly	*	Gly
*	Ile	**	Ile	***	Ile
***	Leu	***	Leu	***	Leu
*	Met	**	Met	***	Met
***	Phe	***	Phe	***	Phe
*	Pro	***	Pro	***	Pro
*	Ser	*	Ser	***	Ser
**	Tyr	*	Tyr	*	Tyr
*	Val	*	Val	***	Val
**	Prot-N	***	Prot-N	***	Prot-N
Pro*	Ala	Pro***	Ala	Pro*	Ala
**	Arg	***	Arg	*	Arg
*	Asp	**	Asp	*	Asp
*	Glu	***	Glu	**	Glu
*	Gly	***	Gly	*	Gly
*	Ile	**	Ile	**	Ile
*	Leu	***	Leu	*	Leu
**	Met	***	Met	*	Met
*	Phe	***	Phe	**	Phe
*	Tyr	*	Tyr	*	Tyr
**	Val	**	Val	**	Val
*	Prot-N	***	Prot-N	**	Prot-N

In Tab. 36 sind die Korrelationen innerhalb der Methode bei Weizenproben vom FiBL (DOK) angegeben. Da die Aminosäuren nach Hydrolyse bestimmt wurden, ist deren Vorliegen im wesentlichen durch die Proteinzusammensetzung bestimmt. Erwartungsgemäß korreliert daher eine Vielzahl von Aminosäuren miteinander, sowie mit dem mit dem Gesamtprotein-N-Gehalt (Prot-N).

7.2 Korrelationen innerhalb der Methode FAS

Korrelationen zwischen den 120 Größen der FAS-Methode sind grundsätzlich zu erwarten. Die Messgrößen charakterisieren Eigenschaften wie die kurzfristige und die langfristige Lumineszenz sowie die Kurvenkrümmung für 4 Zeitbereiche, dies jeweils für 8 verschiedene optische Anregungen. Hinzu kommen Relationen dieser Größen zueinander (Quotienten). Die in die Berechnung dieser Größen einbezogenen Einzeldaten überschneiden sich teilweise, so dass mathematisch keine völlige Unabhängigkeit der Messgrößen voneinander gegeben ist. Die Auswertung der methodeninternen Korrelationen zeigte, dass Korrelationen zwischen den Messgrößen vorwiegend durch die Proben bestimmt werden. Beispielsweise kann eine Korrelation zwischen zwei Messgrößen bei Weizen bestehen, während diese bei Äpfeln oder Möhren nicht besteht. Darüber hinaus zeigte sich, dass der Anteil miteinander korrelierter Messgrößen auch bei der gleichen Probenart nicht in allen Jahren gleich ist. Beispielsweise waren bei Weizen aus dem DOK-Anbau des FiBL im Jahre 2006 nur 6 weitere FAS-Messgrößen mit der Größe R40ge/bl korreliert, 2005 waren es dagegen 85 und 2004 lag der Wert mit 28 dazwischen (siehe Tab. 37).

Tab. 37: Anzahl der zur FAS-Messgröße R40ge/bl methodenintern korrelierten weiteren Messgrößen in Abhängigkeit von Probenart und Untersuchungsjahr

Messgröße R40ge/bl	korreliert ($p < 0,05$)			Trend ($0,1 > p > 0,05$)			nicht korreliert ($p > 0,1$)		
	mit n weiteren Messgrößen								
Probenart	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Weizen DOK	28	85	6	6	7	17	72	19	87
Weizen Erzeuger	90	88	-	4	2	-	17	21	-
Möhren Uni Kassel	32	0	35	21	0	31	60	114	48
Möhren Erzeuger	35	18	-	30	5	-	39	90	-
Äpfel Golden Delicious	23	55	-	13	18	-	76	34	-
Äpfel Elstar	24	25	-	2	15	-	83	66	-
Mais DOK	33	56	-	11	18	-	77	37	-

Anmerkung: Die Summe von ‚korreliert‘, ‚Trend‘ u. ‚nicht korreliert‘ je Probenart und Jahr ist geringer als die zu erwartende Zahl von 119 Messgrößen, da aus technischen Gründen jeweils einzelne Korrelationen nicht berechnet wurden. - = nicht untersucht.

Der wechselnde Grad der Korrelationen zwischen den Messgrößen lässt sich so deuten, dass entweder zwischen den durch die Messung erfassten Eigenschaften der Probe in manchen Jahren Beziehungen bestehen und in anderen nicht, oder dass eine Eigenschaft, die von mehreren Messgrößen erfasst wird, in wechselnder Ausprägung auftrat. Eine solche Eigenschaft könnte z.B. ein Inhaltsstoff sein, der in wechselnder Konzentration auftritt. Da aus der Methode selbst nicht unmittelbar folgt, worauf sie anspricht, sind Korrelationen mit weiteren Messgrößen von besonderem Interesse. Sie könnten zum Aufschluss beitragen, worauf die FAS-Daten sachlich beruhen.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass nicht oder schwach miteinander korrelierte Messgrößen unterschiedliche Aspekte einer Probe erfassen. Hoch korrelierte Messgrößen erfassen den gleichen Aspekt der Probe. Die Faktorenanalyse über den 120 Größen einer Probe bestätigt (Daten hier nicht gezeigt), dass eine Vielzahl unabhängiger Faktoren in unterschiedlichem Ausmaß in die Messwerte einer Probe eingegangen sein müssen.

8 Korrelationen zu weiteren Untersuchungen (J. Strube, P. Stolz)

8.1 Korrelationen der PAS zu Ergebnissen weiterer Untersuchungsarten

Zur Erfassung wesentlicher Korrelationen mit anderen Methoden wurde, wie auch bei den Korrelationen innerhalb der Methode, von denjenigen Parametern ausgegangen, die zur Differenzierung und Klassifizierung vor der Dekodierung verwendet worden waren. Dies sind für den PAS in der Regel 2 bis 3 Parameter. Im Sinne der Fragestellung des Projektes wurden nur solche Korrelationen betrachtet, die in beiden Jahrgängen, sowohl 2004 wie auch 2005, signifikant waren. Dadurch werden nur solche Parameter berücksichtigt, die gegen jahrgangsbedingte Witterungseinflüsse stabil waren. In der ersten Spalte sind jeweils die Signifikanzniveaus (*, **, ***) angegeben, in der zweiten Spalte die Bezeichnung des korrelierenden Parameters.

8.1.1 Apfel Erzeuger

Tab. 38: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Apfel Erzeugerproben

2004		2005	
Asn/Asp*	sens Nachgeschm. S?an	Asn/Asp***	sens Nachgeschm. s?an
Sum AS*	sens Flavour s?an	Sum AS*	sens Flavour s?an
*	sens Nachgeschmack s?an	***	sens Nachgeschmack s?an

8.1.2 Apfel FiBL (Golden Delicious)

Tab. 39: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Apfel FiBL (Weibel)

2004		2005	
Sum AS*	Fas Chi EH 100gr	Sum AS**	Fas Chi EH 100gr
*	UNiK Leitf.	**	UNiK Leitf.
*	sens Schale fest mean	**	sens Schale fest mean
*	sensTextur mehlig mean	*	sensTextur mehlig mean
*	sens textur saftig mean	***	sens textur saftig mean
Asn/Asp*	FAS Chi EH100bl	Asn/Asp**	FAS Chi EH100bl
**	FAS Chi EH100gr	*	FAS Chi EH100gr
*	FAS Chi EH 50 uv	**	FAS Chi EH 50 uv
*	FAS Mw1bl	*	FAS Mw1bl
*	FAS Mw1dr	**	FAS Mw1dr
*	FAS Mw1DR40.rDbI	*	FAS Mw1DR40.rDbI
*	FAS Mw1drDw	**	FAS Mw1drDw
*	FAS Mw1ge	**	FAS Mw1ge
**	FAS Mw1geDw	***	FAS Mw1geDw
*	FAS Mw1gr	*	FAS Mw1gr
*	FAS Mw1hr	**	FAS Mw1hr
*	FAS Mw1hrDw	***	FAS Mw1hrDw
*	FAS Mw1r	**	FAS Mw1r
*	FAS Mw1rDw	***	FAS Mw1rDw
*	FAS Mw1uv	**	FAS Mw1uv
*	FAS R40bl	**	FAS R40bl
*	FAS R40dr	**	FAS R40dr
*	FAS R80bl	**	FAS R80bl
*	FAS R80dr	**	FAS R80dr
*	FAS R80gr	**	FAS R80gr
*	CuCl2.40X difference energy	*	CuCl2.40X difference energy
*	CuCl2.40X energy	*	CuCl2.40X energy
*	CuCl2.40X inv.diff.monent	*	CuCl2.40X inv. diff. moment
*	CuCl2.40X kappa	*	CuCl2.40X kappa
*	CuCl2.40X max. probability	*	CuCl2.40X max probability
*	CuCl2.50X entropy	*	CuCl2.50X entropy
*	CuCl2.50X inv.diff.monent	*	CuCl2.50X inv.diff.monent
*	CuCl2.50X kappa	*	CuCl2.50X kappa
*	CuCl2.50X max. probability	*	CuCl2.50X max. probability
*	CuCl2.60X sum energy	*	CuCl2.60X sum energy
*	sens aroma banane.sd	*	sens flavour banane.sd
*	sens aroma birne.mean	*	sens flavour birne.mean
*	sens flavor gesamt.sd	*	sens flavour gesamt.sd
*	sens Schale fest.sd	*	sens Schale fest.sd
*	sens Textur fest.mean	*	sens Textur fest.mean
*	sens Textur knackig.mean	*	sens Textur knackig.mean

8.1.3 Mais

Tab. 40: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Apfel FiBL (Weibel)

2004		2005	
Glu*	sens Auss. Farbe .gesamt.mean	Glu*	sens Auss. Farbintens.mean
**	sens Auss. Weissanteil.mean	*	sens Auss. Weissanteil.mean
Asp*	sens Auss. Farbe .gesamt.mean	Asp*	sens Auss. Farbintens.mean
*	sens Auss. Weissanteil.mean	*	sens Auss. Weissanteil.mean

8.1.4 Möhre Erzeuger

Tab. 41: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Apfel FiBL (Weibel)

2004		2005	
Sum AS*	fulda fusarium.sd	Sum AS*	fulda fusarium.sd
Asn/Asp*	fulda borytis.mean	Asn/Asp*	fulda borytis.mean
*	fulda fusarium.mean	**	fulda fusarium.mean
*	CuCl2.100X cryst.beginn	**	CuCl2.100X cryst.beginn
*	CuCl2.100X cryst.dauer	*	CuCl2.100X cryst.dauer
*	CuCl2.40X cryst.beginn	**	CuCl2.40X cryst.beginn
*	CuCl2.40X cryst.dauer	*	CuCl2.40X cryst.dauer
*	CuCl2.50X cryst.beginn	**	CuCl2.50X cryst.beginn
*	CuCl2.50X cryst.dauer	*	CuCl2.50X cryst.dauer
*	CuCl2.60X cryst.beginn	**	CuCl2.60X cryst.beginn
*	CuCl2.60X cryst.dauer	*	CuCl2.60X cryst.dauer
*	CuCl2.70X cryst.beginn	**	CuCl2.70X cryst.beginn
*	CuCl2.70X cryst.dauer	*	CuCl2.70X cryst.dauer
*	CuCl2.80X cryst.beginn	**	CuCl2.80X cryst.beginn
*	CuCl2.80X cryst.dauer	*	CuCl2.80X cryst.dauer
*	CuCl2.90X cryst.beginn	**	CuCl2.90X cryst.beginn
*	CuCl2.90X cryst.dauer	*	CuCl2.90X cryst.dauer
Nitrat*	CuCl2.50X energy	Nitrat**	CuCl2.50X energy
*	CuCl2.50X sum energy	**	CuCl2.50X sum energy
*	CuCl2.60X energy	**	CuCl2.60X energy
**	CuCl2.60X sum energy	**	CuCl2.60X sum energy
*	CuCl2.70X energy	*	CuCl2.70X energy
*	CuCl2.70X sum energy	*	CuCl2.70X sum energy
*	Unika ph	**	Unika ph

8.1.5 Möhre Uni Kassel (Düngungsstufen)

Tab. 42: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Möhre Uni Kassel (Fleck)

2004		2005	
Sum AS	-----	Sum AS	-----
Asn/Asp*	UniKa m.fleck NO3	Asn/Asp*	UniKa m.fleck NO3
Nitrat	-----	Nitrat	-----

Der Parameter UniKa m.fleck NO3 wurde in 2006 nicht erhoben, daher konnte nicht auf entsprechende Korrelation geprüft werden.

8.1.6 Weizen Erzeuger

Tab. 43: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Weizen Erzeuger

2004		2005	
Glu*	sens flavor.gesamt mean	Glu*	sens flavour.gesamt mean
	sens Nachgeschmack		sens Nachgeschmack
**	nussig.mean	**	nussig.mean
Pro**	CuCl2.100X.cluster.shade	Pro*	CuCl2.100X.cluster.shade
	sens Nachgeschmack nussig.		sens Nachgeschmack
***	sens Nachgeschmack nussig.	*	nussig.sd
	sens Nachgeschmack s?an		sens Nachgeschmack
*	sens Nachgeschmack s?an	*	s?an

8.1.7 Weizen FiBL (DOK)

Tab. 44: Korrelationen PAS mit anderen Methoden Weizen FiBL (DOK)

2004		2005		2006	
Glu***	FAS Chi EH 50 rDbl	Glu**	FAS Chi EH 50 rDbl	Glu	----
Pro*	FAS Chi EH 50 rDbl	Pro***	FAS Chi EH 50 rDbl	Pro	----

Bei den Weizenproben DOK lagen keine Korrelationen über alle drei Probenserien vor. Tab. 44 zeigt die Korrelationen der Jahre 2004 und 2005.

8.1.8 Kommentar zu Korrelationen PAS mit anderen Methoden

Für die Untersuchungsergebnisse von Erzeuger-Apfelproben, Mais, Möhrenproben aus dem Anbauversuch der Uni Kassel sowie der Weizenproben liegen relativ wenig Korrelationen vor.

Für die Apfelproben vom FiBL wurden 5 Korrelationen der Summe der freien Aminosäuren mit Parametern von FAS, Leitfähigkeit, und Sensorik, sowie des Amidierungsgrades der Asparaginsäure mit 36 Parametern von FAS, CuCl₂ und Sensorik gefunden.

Aufgrund des Zusammenhanges des primären N-Stoffwechsels mit dem Stoffwechsel sekundären Pflanzenstoffe wie z.B. der Polyphenole wären Korrelationen zu aromatischen Aminosäuren zu vermuten. Diese stellen in der Vorstufen der Polyphenole bei deren Biosynthese dar. Dass derartige Zusammenhänge sich nicht in den gemessenen Daten zeigen, deutet auf starke Überlagerung durch andere Effekte hin.

Aus der Literatur bekannte Korrelationen des primären N-Stoffwechsels mit dem sekundären Polyphenolstoffwechsel konnten zwar nachgewiesen werden, sind aber nicht über beide Jahre konsistent.

Bei den Erzeugeräpfeln des Jahres 2005 liegt beispielsweise eine negative Korrelation ($p < 0,05$) des von der TUM gemessenen Epicatechins mit der Summe Aminosäuren vor, während dieses im Jahr 2004 bei den FiBL-Äpfeln positiv mit dem Protein-N korreliert ist. Auch in der Richtung solcher Zusammenhänge des primären mit dem sekundären Stoffwechsel lassen die hier ermittelten Apfel-Daten somit keine Konsistenz erkennen.

Für die Möhrenerzeugerproben wurde eine über beide Jahre stabile Korrelation der Summe der freien Aminosäuren mit Fusarium.sd der FH Fulda, sowie des Amidierungsgrades der Asparaginsäure mit 16 Parametern von FH-Fulda und CuCl₂, sowie des Nitratgehaltes zu 7 Parametern der CuCl₂ und Leitfähigkeit gefunden. Der gefundene Zusammenhang des Nitratgehaltes mit der Leitfähigkeit ist aufgrund der Elektrochemie plausibel, lässt sich aber bei den Proben des Möh-

renproben des Anbauversuchs nicht finden. Insofern liegt auch hier eine Methodeunabhängigkeit vor.

Auch bei den Möhren lassen sich plausible Zusammenhänge des primären N-Stoffwechsels mit dem sekundären Carotinoid-Stoffwechsel nur bei einzelnen Jahrgängen zeigen. So finden sich bei den Möhren des Anbauversuchs der Uni Kassel eine positive Korrelationen ($p < 0,05$) der Carotinoide (α -Carotin, β -Carotin, Lutein und der Gesamtcarotinoide) mit dem N-Proteingehalt. Im Jahr 2004 findet sich hier keine Korrelation. Bei den Möhren-Marktproben wird eine derartige Korrelation nur bei Lutein gefunden.

Insgesamt ist somit weitgehend von einer Unabhängigkeit der Methode PAS auszugehen.

8.2 Korrelationen der FAS zu Ergebnissen weiterer Untersuchungsarten

Von der Arbeitsgruppe Busscher (Uni Kassel) wurden Korrelationen sowohl zwischen den Messgrößen innerhalb einer Methode wie auch zwischen den Messgrößen der verschiedenen im Projekt beteiligten Untersuchungsarten berechnet. Zur Auswertung von Korrelationen mit Messgrößen weiterer Untersuchungsmethoden wurde die primäre FAS-Messgröße für die jeweilige Probenart in ihrer Beziehung zu den übrigen Methoden untersucht. Dazu wurden für die jeweilige FAS-Messgröße sämtliche verfügbaren Korrelationen der Jahre 2004, 2005 und 2006 verglichen und diejenigen weiteren Messgrößen, die wenigstens in einem Jahr einen Trend zur FAS-Größe aufweisen, tabellarisch erfasst und ausgewertet. Um die Darstellung knapp zu halten, werden beispielhaft einige Tabellen gezeigt und die weiteren Korrelation summarisch angesprochen.

8.2.1 Äpfel (Erzeugerproben und FiBL)

Für die FAS-Messgröße R40ge/bl erhoben an den Äpfeln des FiBL ergaben sich die in der Tab. 45 zusammengestellten Korrelationen für die Jahre 2004 und 2005.

Tab. 45: Zusammenstellung derjenigen weiteren Messgrößen, die zur FAS-Messgröße R40ge/bl korrelieren

Apfel FiBL (Golden Delicious) FAS-Messgröße R40ge/bl	2004			2005			r gleiche
	r	pw	Sig.	r	pw	Sig.	Richtung
korreliert mit							beide Jahre
bfe.k.aox.wl.fm...FRAP..µmol.g.FM.	0,761	0,011	*				
bfe.k.aox.wl.fm...TEAC..µmol.g.FM.	0,738	0,015	*				
bfe.k.aox.wl.tm...FRAP..µmol.g.TM.	0,802	0,005	**				
bfe.k.aox.wl.tm...ORAC..µmol.g.TM.	0,660	0,038	*				
bfe.k.aox.wl.tm...TEAC..µmol.g.TM.	0,757	0,011	*				
bfe.k.poly.fm...Phloretin.Glucosid.Phloridzin.	0,733	0,016	*				
bfe.k.poly.fm...Phloretin.Xyloglucosid	0,843	0,002	**				
bfe.k.poly.fm...Quercetin.Rhamnosid.Quercitrin.	0,669	0,034	*				
bfe.k.poly.fm...Summe.Phlorizin	0,868	0,001	**				
bfe.k.poly.fm...Summe.Polyphenole	0,579	0,079	Trend				
bfe.k.poly.tm...Chlorogens? e	0,678	0,031	*				
bfe.k.poly.tm...Kaffes? e.Chinas? e.Derivat	0,582	0,077	Trend				
bfe.k.poly.tm...Phloretin.Glucosid.Phloridzin.	0,756	0,011	*				
bfe.k.poly.tm...Phloretin.Xyloglucosid	0,917	0,000	***				
bfe.k.poly.tm...Procyanidin.B1	0,752	0,012	*				
bfe.k.poly.tm...Procyanidin.B2	0,612	0,060	Trend				
bfe.k.poly.tm...Quercetin.Rhamnosid.Quercitrin.	0,726	0,017	*				
bfe.k.poly.tm...Summe.Cumars? ederivate	0,682	0,030	*				
bfe.k.poly.tm...Summe.Phlorizin	0,846	0,002	**				
bfe.k.poly.tm...Summe.Polyphenole	0,692	0,026	*				
bfe.k.poly.tm...Summe.Procyanidine	0,659	0,038	*				
bfe.k.poly.tm...X3.Cumaroylchinas? e	0,637	0,048	*				
bfe.k.poly.tm...X4.p.Cumaroylchinas? e	0,693	0,026	*				
bfe.k.poly.tm...X5.p.Cumaroylchinas? e	0,683	0,030	*				
kwalis.pas.1...Ala.µmol.g				0,651	0,042	*	
kwalis.pas.1...Asn.µmol.g				0,912	0,000	***	
kwalis.pas.1...Asn.Asp.o.D.				0,932	0,000	***	
kwalis.pas.1...Asp.µmol.g				0,824	0,003	**	
kwalis.pas.1...Gaba.µmol.g	0,561	0,091	Trend	0,643	0,045	*	=
kwalis.pas.1...Glu.µmol.g				0,585	0,076	Trend	
kwalis.pas.1...Gly.µmol.g				0,742	0,014	*	
kwalis.pas.1...Ile.µmol.g				0,773	0,009	**	
kwalis.pas.1...Ser.µmol.g				0,650	0,042	*	
kwalis.pas.1...Sum.AS.µmol.g				0,856	0,002	**	
kwalis.pas.2...Prot.N.mg.100g				0,712	0,021	*	
uni.k.cucl2.40X...cluster.shade	0,845	0,002	**				
uni.k.cucl2.40X...diagonal.moment	-0,859	0,001	**				
uni.k.cucl2.50X...cluster.shade	0,811	0,004	**				
uni.k.cucl2.50X...diagonal.moment	-0,812	0,004	**				
uni.k.cucl2.60X...cluster.shade	0,777	0,008	**				
uni.k.cucl2.60X...diagonal.moment	-0,768	0,009	**				
uni.k.cucl2.70X...cluster.shade	0,766	0,010	**				
uni.k.cucl2.70X...diagonal.moment	-0,736	0,015	*				
uni.k.cucl2.80X...cluster.prominence				-0,555	0,096	Trend	
uni.k.cucl2.80X...cluster.shade	0,581	0,078	Trend				
uni.k.cucl2.90X...cluster.prominence				-0,758	0,011	*	
uni.k.cucl2.90X...cluster.shade				-0,599	0,067	Trend	
uni.k.ph...pH				-0,565	0,089	Trend	
uni.k.saft.ausb...X...Saft.ausbeute				-0,596	0,069	Trend	
uni.k.sensirik...Aroma.Fremdgeruch.mean	0,601	0,066	Trend				
uni.k.sensirik...Geruch.Banane.mean				-0,754	0,012	*	
uni.k.sensirik...Geruch.gesamt.mean				0,604	0,064	Trend	
uni.k.sensirik...Geruch.gr? ? ean				0,746	0,013	*	
uni.k.sensirik...Geruch.s? ? mean				-0,602	0,066	Trend	
uni.k.sensirik...Mundgef? ? adstringierend.mean	-0,581	0,078	Trend				
uni.k.sensirik...Mundgef? ? prickeInd.mean				0,656	0,039	*	
uni.k.sensirik...Schale.fest.mean				-0,588	0,074	Trend	
uni.k.sensirik...Textur.saftig.mean				0,696	0,025	*	
uni.m.poly...Chlorogens? e.mg.g.TS	0,751	0,012	*				
uni.m.poly...Dihydrochalkone.mg.g.TS	0,739	0,015	*				
weibel.daten...Brix...n.10.				0,748	0,013	*	
weibel.daten...Ca Bo AAE.ppm	-0,839	0,002	**	-0,632	0,050	Trend	=
weibel.daten...Fruchtgewicht.g.	-0,569	0,086	Trend				
weibel.daten...Humus..	0,598	0,068	Trend				
weibel.daten...K Bo AAE.ppm				0,680	0,031	*	
weibel.daten...Mg Bo AAE.ppm	-0,769	0,009	**	-0,550	0,099	Trend	=
weibel.daten...Ton..	0,623	0,054	Trend				

8.2.1.1 Korrelationen der FAS-Messgröße R40ge/bl mit Antioxidantien und Aminosäuren

Wie aus der Tab. 45 hervorgeht, bestanden 2004 Korrelationen zwischen R40ge/bl und antioxidativ wirksamen Stoffen. Das galt 2004 sowohl bei den Äpfeln der Sorte Golden Delicious (Proben FiBL) wie auch bei der Sorte Elstar (Erzeugerproben; Daten hier nicht dargestellt). Korrelation zeigen neben den Messwerten für Einzelsubstanzen auch die Messwerte der Summentests TEAC, FRAP und ORAC auf antioxidative Kapazität. Dagegen bestanden solche Korrelationen im Folgejahr (2005) nur in wenigen Fällen, obwohl die Größenordnung der Gehalte an antioxidativen Substanzen in beiden Jahren gleich war. Stattdessen ergaben sich 2005 Korrelationen zu einer Reihe von Aminosäuren. Auch für die Aminosäuren lässt sich die fehlende Korrelation im Jahr 2004 nicht durch einen niedrigeren Gehalt erklären. So betrug der Gehalt an Asparagin (Asn) im Jahr 2005 (als er korrelierte) im Mittel 0,98 $\mu\text{mol/g}$ während er im Jahr 2004 (als er nicht korrelierte) im Mittel 1,46 $\mu\text{mol/g}$ betrug. Einzig für die Apfel-Messgröße Gamma-Aminobuttersäure (GABA) ergab sich 2005 eine Korrelation ($p=0,045$) und in 2004 ein Trend ($p=0,091$). Die beiden weiteren Messgrößen, die in beiden Jahren zumindest einen Trend aufwiesen waren Ca und Mg im Boden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass zwischen der FAS-Messgröße R40ge/bl (wie auch anderen FAS-Messgrößen) und Messwerten weiterer Untersuchungsarten keine Korrelationen auftraten, die für R40ge/bl eine Signifikanz von $p<0,05$ in beiden Untersuchungsjahren erreichten, obgleich die Korrelation in einem Untersuchungsjahr durchaus signifikant sein konnte (siehe z.B. Phloretin in Abb. 56).

Die FAS-Messung erfasst als optische Breitbandmessung die Gesamtmatrix der Probe mit ihrer Vielzahl von Stoffen. Bei der Messgröße R40ge/bl wird erfasst, in welchem Verhältnis die Emission von langfristig gespeichertem Licht (6 – 10 Sekunden) nach gelber und blauer Anregung steht. Aus den Befunden der wechselnden Korrelationen kann man schließen, dass die Substanzgruppen wechseln, die mit der langfristigen Lichtspeicherung in Beziehung stehen. Die langfristige Lichtspeicherung der Matrix ist möglicherweise eine Eigenschaft, die als Gesamteigenschaft oberhalb von einzelnen Substanzgruppen steht.

Einerseits ergibt sich aus diesen Befunden, dass in die FAS-Messdaten Einzelaspekte eingehen, die in weiteren Methoden spezifisch zum Ausdruck kommen. Andererseits deutet der Wechsel der Zusammenhänge darauf hin, dass die FAS-Methode eine Charakterisierung von Apfelproben ergibt, die weder allein mit einigen Einzelstoffen erklärt werden kann (vermutlich auch nicht mit bislang nicht untersuchten), noch eng mit stoffselektiven Methoden verwandt ist, weil sie eine andere Ebene erfasst.

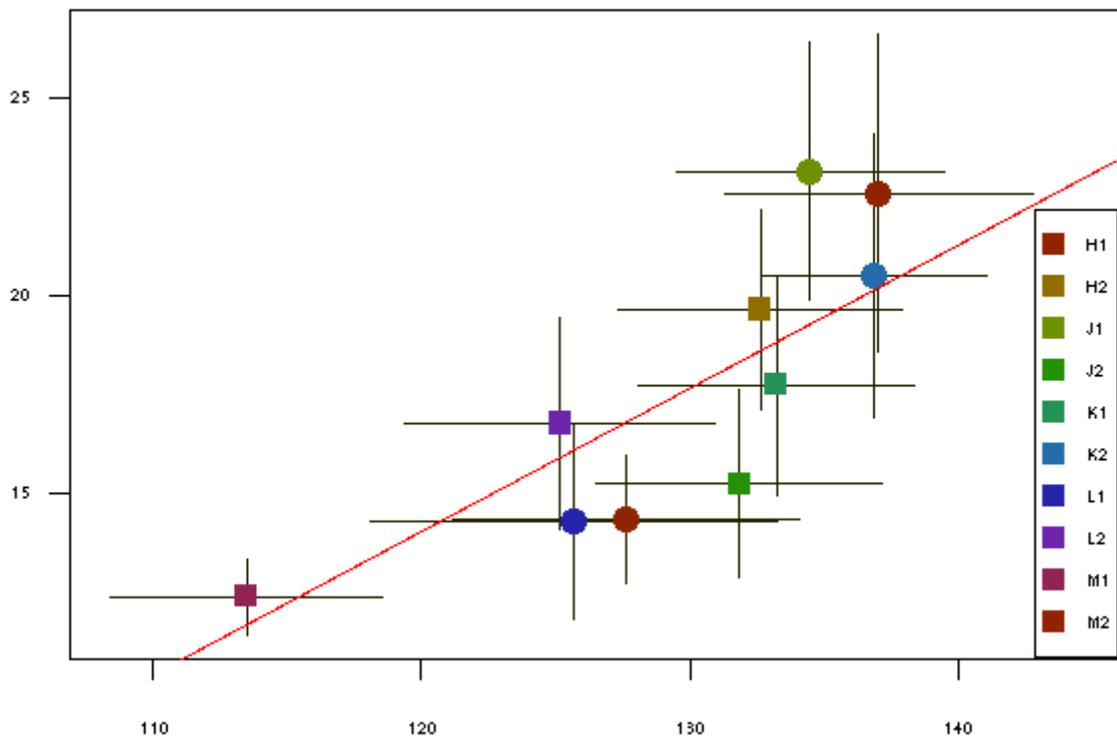


Abb. 56: Zusammenhang zwischen dem Phloretin-Gehalt (y-Achse) wie er von der BFE-Karlsruhe bestimmt wurde und der FAS-Messgröße R40ge/bl (x-Achse) bei Apfelproben der Sorte Golden Delicious (FiBL 2004). ($r=0,843$, $p=0,002$; Grafik der Arbeitsgruppe N. Busscher; Uni Kassel).

Aus diesen Gründen favorisieren wir derzeit die Hypothese, dass durch die FAS-Messgrößen eine Pflanzeigenschaft zum Ausdruck gebracht wird, die oberhalb von einzelnen Inhaltsstoffen steht und die wir bislang aufgrund weiterer Befunde mit „arttypischer Ausprägung“ oder „arttypisch fortgeschrittener Entwicklung“ bezeichnen (STRUBE *et al.* 2004). Die aus den Messgrößen ableitbare Charakteristik

mit einem eigenen Namen zu belegen erscheint deshalb berechtigt, weil sie eine messbare Größe darstellt. Wir sehen diese Eigenschaft als oberhalb von einzelnen Inhaltsstoffen an, weil es offenbar wechselnde Inhaltsstoffe sind, die zu ihr in Beziehung stehen. Von der Arbeitsgruppe Bloksma/Huber/Northolt wird ein ähnlicher Gesichtspunkt angesprochen und mit „innerer Qualität“ bezeichnet (BLOKSMA 2004, BURGT *et al.* 2005, HUBER 2006, NORTHOLT *et al.* 2004).

8.2.1.2 FAS und Biokristallisation

Eine Veränderung der korrelierenden Messgrößen zwischen den Versuchsjahren ergab sich auch bei der Biokristallisation. Deutlicher als bei den Äpfeln der Sorte Golden Delicious (siehe Tab. 45) ergab sich dies für die Sorte Elstar. Für die Daten 2004 besteht bei den Elstar Äpfeln eine signifikante Korrelation zwischen der FAS-Messgröße R40ge/bl, die beim Fruchtteil von Äpfeln als Reifeindikator angesehen werden kann, und dem „inverse different moment“ sowie „kappa“ der Biokristallisation (Uni-Kassel) bei 40% und 50% Bildausschnitt. Allerdings besteht bei den Proben des Jahres 2005 nur ein Trend. Auffällig ist jedoch, dass in 2005 Signifikanz für die gleichen Parameter bei 80% Bildausschnitt auftritt. Es ist also anzunehmen, dass diejenige Apfeleigenschaft, die durch den FAS-Reifeindikator R40ge/bl zum Ausdruck gebracht wird, teilweise auch in der Biokristallisation auftritt, jedoch in variabler Art, so dass wechselnde Kristallisationsbereiche angesprochen werden.

Bei den Äpfeln der Sorte Elstar sind es andere Parameter der Biokristallisation, die mit R40ge/bl korrelieren. Jedoch ist auch hier eine Verschiebung des korrelierenden Bildausschnittes vom kleineren Bildausschnitt 2004 hin zu einem größerem in 2005 deutlich.

Die teilweise Korrelation von Messgrößen dieser völlig unterschiedlichen Verfahren bestätigt indirekt, dass beide Methoden sachliche Eigenschaften der Probenmatrix abbilden, obwohl bei beiden Untersuchungsarten die zum Messergebnis führenden Vorgänge im Detail noch nicht aufgeklärt sind. Andererseits legt auch dieses Ergebnis nahe, dass es keine feste Beziehung zwischen der Charakterisie-

rung von Apfelproben durch die FAS-Methode und die Biokristallisation gibt, so dass die Untersuchungsarten einander nicht ersetzen können.

FAS und Sensorik

Eine Reihe sensorischer Parameter korrelierte für die Apfelsorte Elstar im Anbaujahr 2004 und für die Sorte Golden Delicious im Jahr 2005. Auch hier gibt es keine Anhaltspunkte für dauerhafte systematische Zusammenhänge.

Zusammenfassung zur Korrelationen bei Äpfeln

Es ergaben sich Korrelationen zwischen der FAS-Messgröße R40ge/bl und antioxidativ wirksamen Substanzen, zu einigen Aminosäuren, einigen Bodenmineralien, einigen sensorischen Parametern und einigen Parametern der Biokristallisation. Das macht einerseits deutlich, dass auch die Untersuchungsarten FAS, Biokristallisation und Sensorik, denen gemeinsam ist, dass sie Proben mehr oder weniger gesamtartig erfassen, mit stofflichen Gegebenheiten in Beziehung stehen. Andererseits zeigt sich am Wechsel der Korrelation mit dem Anbaujahr, dass diese Untersuchungsarten unterschiedliche Eigenschaften abbilden, die nur mittelbar mit den genannten Größen in Beziehung stehen. Daraus ergibt sich, dass die Ergebnisse sich gegenseitig stützen, jedoch für die Probenart Apfel nicht durcheinander ersetzbar sind.

8.2.2 Mais

8.2.2.1 Korrelationen des FAS-Messwertes R40ge/bl mit Biokristallisation und Aminosäuren

Bei Mais fiel, summarisch gesehen, eine Umkehrung der Verhältnisse im Vergleich zu Äpfeln auf.

Die FAS-Messgröße R40ge/bl, die auch bei Mais als Hauptindikator verwendet wird, wies für das Anbaujahr 2004 eine Korrelation zu den Gehalten zahlreicher

Aminosäuren auf. Für das Anbaujahr 2005 war das nicht der Fall (bei Äpfeln war es umgekehrt).

Weiterhin traten Korrelationen zu zahlreichen Parametern der Biokristallisation auf, wobei diese 2004 auch bei 90% und 100% Bildausschnitt bestanden, dagegen nicht im Jahr 2005. Hingegen kamen bei 40-50% Bildausschnitt in 2004 korrelierende Parameter vor. Auch bei der Biokristallisation deuten sich also umgekehrte Verhältnisse bei Mais im Vergleich zu den Äpfeln an.

8.2.3 Möhren

Bei Möhren wurde die primär verwendete FAS-Messgröße R40w untersucht. Werden die Ergebnisse der Jahre 2004 und 2005 verglichen, in denen sowohl Daten samenfester Sorten (Proben Uni Kassel) und hybrider Möhrensorten (Betriebsproben) zur Verfügung standen, so fällt zunächst auf, dass bei den samenfesten Möhren von der FAS-Messgröße R40w zu 117 Messgrößen anderer Untersuchungsarten in einem der beiden Anbaujahre zumindest ein Trend bestand, dagegen nur zu 18 Parametern bei den Hybridsorten der Erzeuger-Proben. Davon waren 69 (samenfest) bzw. 2 (hybrid) Messgrößen der Biokristallisation.

Dieser Sachverhalt könnte evtl. dazu dienen, samenfeste Möhren von Hybridsorten durch Koppelung der beiden Methoden zu unterscheiden.

Bei den samenfesten Möhren (Uni Kassel) korrelierte die FAS-Messgröße R40w in einem der Jahre 2004, 2005 oder 2006 mit 137 Messgrößen anderer Untersuchungsverfahren, wenn zumindest ein Trend ($p_w < 0,1$) als Signifikanzschwelle vorausgesetzt wurde. Davon korrelierten 38 in den Jahren 2004 und 2005 in die gleiche Richtung, 2005 u. 2006 8 in gleiche Richtung und 2004 u. 2006 2 in gleiche Richtung. Wird die Signifikanzschwelle auf den üblichen Wert von $p \leq 0,05$ festgelegt, so waren es noch 87 Messgrößen zu denen einmal eine Korrelation auftrat. Nur zwei Korrelationen traten wiederholt, d.h. zumindest in zwei Jahren auf. Es handelte sich um das brennende Mundgefühl in der Sensorik, das 2004 u.

2005 mit R40w korrelierte und um den pH-Wert, der 2005 u. 2006 korrelierte. Es gab es keine Korrelation, die über alle 3 Untersuchungsjahre stabil war.

Bei den Messgrößen, die in einem der Untersuchungsjahre signifikante Korrelationen zur FAS-Messgröße R40w zeigten, handelte es sich um die mit dem FRAP-Test erfassten Antioxidantien, einige Carotinoide, einige Aminosäuren, Polyphenole, Mineralien, Fructose und Saccharose, das Trockengewicht, einige sensorische Parameter und eine Reihe von Parametern der Biokristallisation.

Möglicherweise gelingt es, durch Anwendung multivariater statistischer Methoden auf die insgesamt 120 verfügbaren FAS-Messgrößen für ausgewählte Probenarten die Korrelation zu einzelnen Inhaltsstoffen so zu verbessern, dass einzelne davon bestimmbar würden. Eine solche Fragestellung war jedoch im Rahmen dieses Projektes nicht vorgesehen und wurde nicht untersucht.

8.2.4 Weizen

8.2.4.1 Korrelationen des FAS-Messwertes R40ge/bl mit Biokristallisation und Sensorik

Zwischen der als einem hauptsächlichen Indikator der samentypischen Ausprägung bei Weizen verwendeten FAS-Messgröße R40ge/bl gab es bei den Erzeugerproben für Lutein, insgesamt 36 Parametern der Biokristallisation und einigen sensorischen Parametern mindestens einen Trend in einem der beiden Untersuchungsjahre, jedoch keine in beiden Jahren beständige Korrelation.

8.2.5 Weizen-DOK

Anders als beim Weizen von Erzeugern traten beim Weizen aus dem DOK-Anbauversuch gemeinsame Trends ($p_w \leq 0,1$) zwischen der FAS-Messgröße R40ge/bl und einigen Messgrößen der Biokristallisation in mehreren Untersuchungsjahren auf. Dies ist insofern bemerkenswert, als diese Probenart die einzigen beständigen Korrelationen zwischen zwei Untersuchungsverfahren zeigte. Die Korrelationen beziehen sich hauptsächlich auf den ROI Bereich von 60-70 %.

Auch hier kann jedoch nicht von einer zuverlässigen Korrelation gesprochen werden, da bei der üblichen Signifikanzschwelle von $p_w \leq 0,05$ weder Korrelationen über alle drei untersuchten Probenjahre stabil vorlagen, noch auch nur über zwei Jahrgänge. Die aufgetretenen Trends sind jedoch so auffällig, dass sie eine wechselseitige Stütze für die Methoden darstellen.

8.2.6 Zusammenfassung zur Korrelationsuntersuchung FAS

Es ergaben sich einige Korrelationen von FAS-Messgrößen zu weiteren im Projekt gemessenen Parametern. Solche Korrelationen traten entweder nur in einem Untersuchungsjahr auf oder wechselten mit der Probenart. Insofern ist anzunehmen, dass die Wachstumsbedingungen in den beiden Versuchsjahren unterschiedlich waren und sich Beziehungen zwischen den Untersuchungsmethoden deshalb bei unterschiedlichen Parametern zeigen.

Da die mit den völlig verschiedenen Methoden FAS und Biokristallisation bzw. der Analytik auf Aminosäuren und Antioxidantien untersuchten Proben zu korrelierenden Messwerten führen, so ist erstens davon auszugehen, dass FAS und Biokristallisation reale Probeneigenschaften erfassen. Zweitens wurde deutlich, dass es unterschiedliche stoffliche Bedingungen sind, die zu diesen Eigenschaften beitragen. Und drittens ergab sich, dass die bei FAS und Biokristallisation erfassten und sich deckenden Eigenschaften nicht beständig ausgeprägt werden. Viertens ergab sich, dass diese sich deckenden Eigenschaften nur einen Teil der insgesamt erfassten Eigenschaften ausmachen. Die letzte Feststellung legt nahe, dass entweder zusätzliche strukturelle Merkmale in das durch die FAS-Untersuchung erfasste Eigenschaftsprofil eingehen und/oder dass sich das Eigenschaftsprofil auf wesentlich mehr analytische Parameter stützt, als in diesem Projekt betrachtet werden konnten. Insofern bestätigen die nur teilweise bestehenden Korrelationen, dass es sinnvoll sein kann, zur Klassifikation von Anbauverfahren pflanzlicher Erzeugnisse ein solches integratives Verfahren wie die Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie einzusetzen.

Ob das Auftreten der Korrelationen einer Abhängigkeit von den von Jahr zu Jahr wechselnden dominierenden bzw. limitierenden Wachstumsfaktoren unterliegt, ließe sich nur durch mehrjährige Wiederholungen entsprechender Versuchsreihen aufklären.

Insgesamt legt dieses Ergebnis nahe, dass die FAS-Methode eine eigenständige Gesamt-Charakterisierung von Proben ergibt. Durch die FAS-Messgrößen wird eine Pflanzeigenschaft zum Ausdruck gebracht, die oberhalb von einzelnen Inhaltsstoffen steht und die wir vorläufig mit „arttypischer Ausprägung“ bezeichnen.

8.2.7 Auswertung mittels CART-Tree

Die im Projekt retrospektiv eingesetzte rekursive Partitionierung (CART-TREE) baut auf der bereits bekannten Zuordnung der Proben zu einem Anbauverfahren auf. Sie stellt also nicht korrekte Zuordnungen unbekannter Proben dar, sondern bestimmt, welcher gemessene Parameter die bekannten Proben (genauer die Datensätze der Proben) am besten trennt. Die Trenngüte des Parameters wird als Wahrscheinlichkeit angegeben, mit der eine bekannte Klassifikation der Probe durch diesen Parameter korrekt erfasst wird. Dabei kann der am besten trennende Parameter von einem Jahr auf das andere wechseln oder beim gleichen Parameter die Entscheidungsschwelle einen anderen Wert annehmen.

Der retrospektive Einsatz der CART-TREES lässt also nur dann auf eine gute prospektive Trennung schließen, wenn in beiden Jahren der gleiche Parameter bzw. die gleiche Parameterfolge (bei mehrstufigem Trennbaum) vorliegt und zudem die verwendeten Entscheidungsschwellen gleiche Werte aufweisen. Ist das nicht der Fall, so lässt sich weder die rekursive Partitionierung ohne weiteres als Hilfsmittel zur Klassifikation unbekannter Proben verwenden, noch eignet sich der Parameter ohne weiteres zur Einordnung unbekannter Proben. Ohne Berücksichtigung dieser Kriterien können hohe Trennwahrscheinlichkeiten eines Parameters im ersten Schritt zu Fehleinschätzungen bezüglich der Leistungsfähigkeit eines Messparameters oder des CART-TREE - Verfahrens hinsichtlich prospektiver Klassifikation

von Proben führen. Jedoch zeigt die Existenz von gut trennenden Parametern im CART-TREE, dass das Messverfahren zur Trennung von Proben geeignete Parameter liefert. Ob eine prospektive Klassifikation von Proben mittels CART-TREE möglich ist, könnte geprüft werden, indem mit den Daten eines Jahres ein CART-TREE aufgebaut wird und Testdaten (z.B. die Daten des zweiten Jahres) anhand dieses Baumes klassifiziert werden. Eine solche Prüfung der prospektiven Eignung konnte jedoch im Rahmen dieses Projektes nicht erfolgen.

Die Tab. 46 wurde aus den im Projekt von der Arbeitsgruppe N. Busscher (Uni Kassel) berechneten CART-TREE Daten zusammengestellt und zeigt den jeweils am besten trennenden Parameter sowie dessen Trennschärfe. Außerdem wird angegeben, ob ein anderes Verfahren des Projektes auf der 2. Trennstufe zur Verbesserung beitragen kann.

Tab. 46: Trennparameter und Klassifikationswahrscheinlichkeit bei FAS-Daten für verschiedene Probenarten (nach Daten der Arbeitsgruppe N. Busscher, Uni Kassel)

Probenart	Jahr	erster trennender Parameter	Trennschwelle	Prozentsatz korrekter Klassifikationen auf der 1. Trennstufe		Verbesserung auf der 2. Trennstufe durch anderes Verfahren
				konv.	ökol.	
Apfel Erzeuger	2004	R40uv	37545	94,4	64,5	nein
	2005	R80uvDbl	39,3	68,0	79,6	nein
Mais	2004	Mw1geDw	12,6	82,7	58,6	nein
	2005	R80bl	1293,6	99,0	51,4	nein
Möhre Erzeuger	2004	Mw1DR40dr	6,89	93,9	64,3	Saft TG
	2005	Mw1uv	1943	83,3	68,3	nein
Weizen DOK	2004	Mw1geDw	5,25	67,7	80,6	nein
	2005	Mw1hrDw	0,119	64,4	84,4	nein
	2006	ChiEH25w	0,08	93,2	85,9	nein
Weizen Erzeuger	2004	R40grDw	98,2	77,5	100	nein
	2005	R80uv	37,5	69,6	92,0	nein

Als Fazit der CART-TREE Auswertung ergab sich, dass es Messgrößen der FAS gibt, die sich zur gut Trennung der Proben hinsichtlich der Anbauweise eignen.

Die FAS trennt selbst so gut, dass sich Verbesserungen der Trennschärfe durch andere Verfahren nicht konsistent über zwei Jahre ergaben. Ob eine prospektive Klassifizierung von Proben mittels FAS auf Basis von CART-TREES möglich ist, müsste in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Da der CART-TREE für die beiden Jahre unterschiedliche Variablen als am besten trennend ausweist, wurde mit anderen Verfahren geklärt, ob es Variablen gibt, die in beiden Jahren trennen und sich deshalb zu einer prospektiven Klassifizierung von Proben eignen. Als ein solches Verfahren wurde die lineare Diskriminanzanalyse ermittelt und erfolgreich eingesetzt. Mit ihr wurden bei Weizen und Äpfeln signifikante und zu 100 % korrekte prospektive Klassifikationen von Proben möglich.

9 Zusammenfassung (J. Strube, P. Stolz)

Ziel des Projektes war es, zu klären, ob sich pflanzliche Lebensmittel aus konventionellem und ökologischem Anbau unterscheiden lassen. Diese Aufgabe wurde bearbeitet durch Untersuchungen von beispielhaft ausgewählten Produkten (Äpfel, Weizen, Möhren, Mais). Die Produkt-Proben für die Untersuchung kamen zum einen aus definierten wissenschaftlichen Anbauversuchen, zum anderen handelte es sich um Erzeugerproben ökologisch und konventionell arbeitender Anbaubetriebe.

Für die Untersuchungen wurden Methoden eingesetzt, die grundsätzlich bereits erprobt und validiert waren. Gegenüber der im Projekt 02OE170 erfolgten Validierung wurde in diesem Projekt neben weiteren Produkten die Untersuchung auf weitere Sorten, Standorte und mehrere Jahrgänge ausgeweitet. Mit dieser Ausweitung wurde ein Schritt vollzogen von der Untersuchung von Proben aus wissenschaftlichen Anbauversuchen hin zu Bedingungen, wie sie in der landbaulichen Praxis vorliegen.

Für die angewandten Methoden wurde geprüft, a) ob diese anhand des Probenmaterials zwischen den Anbauvarianten unterscheiden können und b) ob sie unbekannte kodierte Proben einem Anbauverfahren korrekt zuordnen können.

Als Besonderheit erfolgte innerhalb des Projektes die Prüfung, c) ob die Methoden voneinander unabhängige Ergebnisse liefern oder in welchem Ausmaß Zusammenhänge zwischen den Methoden bestehen. Schließlich wurde geprüft, d) ob sich durch die Kombination verschiedener Methoden das Unterscheidungsvermögen oder die Aussagesicherheit erhöhen lassen.

9.1 PAS

Mit der **Methode PAS** konnten zur Dekodierung in den Jahren 2004 und 2005 jeweils 22 Paare, im Jahr 2006 2 Paare signifikant differenziert werden. Bei den DOK-Weizenproben konnten die ökologischen und konventionellen Verfahren aller

drei Probenserien signifikant differenziert werden. Die DOK-Maisproben konnten signifikant differenziert werden.

Mit der Methode PAS konnten 2004 in codiertem Zustand für 15 Paare richtig zugeordnet werden, 2 Paare wurden falsch klassifiziert und 5 Paare konnten nicht beurteilt werden.

Bei den DOK-Weizenproben konnten die ökologischen und konventionellen Verfahren richtig zugeordnet werden. Die DOK-Maisproben konnten in 2004 nicht beurteilt werden.

2005 wurden in codiertem Zustand 13 Paare richtig klassifiziert, kein Paar wurden falsch zugeordnet und 9 Paare konnten nicht beurteilt werden. Die DOK-Weizen und -Maisproben konnten den ökologischen und konventionellen Verfahren richtig zugeordnet werden.

2006 wurden die untersuchten 2 Probenpaare richtig klassifiziert. Die DOK-Weizenproben konnten den ökologischen und konventionellen Verfahren richtig zugeordnet werden.

Nach Dekodierung differenzierte PAS 2004 und 2005 mittels rekursiver Partitionierung (Tree-Analyse) die Marktproben Äpfel, Möhren und Weizen nahezu vollständig (über 95 %) im ersten Schritt. Die DOK Mais und Weizen-Proben wurden in einem Schritt in öko/konventionell differenziert, in einem wurde zusätzlich die Kontrollprobe abgetrennt (über 95 %). Die Trennung der Möhren des Anbauversuchs der Uni Kassel gelang in zwei Schritten unter Zuhilfenahme der Leitfähigkeit im zweiten Schritt (über 90%).

Da sich die einzelnen erhobenen Parameter auf den N-Metabolismus der Pflanze beziehen, besteht eine gewisse Abhängigkeit der Parameter voneinander. Die Aussagekraft der Methode beruht jedoch darauf, dass Verschiebungen bestimmter Metaboliten-Verhältnisse spezifisch mit dem Kulturverfahren korreliert sind.

Mit anderen Methoden existieren vereinzelte Korrelationen, die jedoch nicht konsistent sind.

Nach den o.a. Ergebnissen zeigt die Methode gute Ergebnissicherheit, im Jahr 2004 wurden lediglich 2 von 22 Probenpaaren falsch zugeordnet, in den

Jahren 2005 und 2006 wurden keine Falschzuordnungen getroffen. Damit scheint die Methode vergleichsweise aussagekräftig und daher für die Fragestellung geeignet.

9.2 FAS

Mit der **FAS-Methode** war es möglich, in den untersuchten Erntejahren die Anbausysteme signifikant zu differenzieren. Dies gelang sowohl für den Weizen aus definiertem Anbau (DOK) als auch für den Weizen von Erzeugern, teilweise ergaben sich hochsignifikante Unterschiede. Bei Mais ließen sich in einem Jahr die organische und die Nullvariante von den übrigen differenzieren, im zweiten Jahr war die vollständige Differenzierung zwischen organischen und konventionellen Varianten möglich. Die Apfelproben konnten in beiden Jahren zu etwa 90 % (8 von 9 Paaren) signifikant differenziert werden. Die Möhrenpaare aus dem definiertem Anbau der Uni Kassel unterschieden sich bei einer Sorte im ersten Jahr signifikant. Bei den Möhren von Erzeugern konnte in beiden Jahren zu 100% zwischen den Anbauvarianten unterschieden werden.

Die Klassifizierung, d.h. die Zuordnung von Blindproben zu einem Anbauverfahren, war bei Weizen aus kontrolliertem Anbau (DOK) in allen drei Anbaujahren zu 100 % korrekt möglich. Bei Weizen von Erzeugern gelang die 100 % korrekte Zuordnung nach einem Lernjahr, wobei nur bei einem von sechs Probenpaaren zunächst keine Zuordnung möglich war. Auch beim Mais wurden im zweiten Jahr sowohl die beiden organischen als auch die beiden mineralischen Varianten vollständig korrekt dem Anbauverfahren zugeordnet. Bei Äpfeln waren die in beiden Jahren vorgenommenen Klassifizierungen von Blindproben zu 90 % korrekt, wobei es Fälle gab, bei denen keine Klassifizierung möglich war. Bei Möhren konnten im ersten Jahr 4 und zweiten Jahr 5 der 7 Probenpaare klassifiziert werden. Dabei waren im ersten Jahr 75 %, im zweiten Jahr 100 % der vorgenommenen Zuordnungen korrekt.

Die Klassifizierung von Proben mittels rekursiver Partitionierung (CART-Trees) bestätigte, dass die FAS-Untersuchung trennscharfe Messdaten liefert. Durch Weiterverarbeitung mit einer für die FAS – Messdaten geeigneten statistischen Methode, wie der linearen Diskriminanzanalyse, war es beispielsweise möglich, bei Äpfeln nach Training mit den Daten eines Jahrgangs die Proben des Folgejahres überwiegend statistisch signifikant und zu 100 % korrekt zu klassifizieren. Lediglich in einem von neun Fällen war keine Unterscheidung möglich, wobei anzumerken ist, dass in diesem Fall während des Wachstums bei der Bio-Probe Milbenbefall aufgetreten war. Auch beim Weizen von Erzeugern war nach Training mit den Daten 2004 mittels Diskriminanzanalyse eine hochsignifikante Trennung und 100 % korrekte Zuordnung der Proben 2005 zum Anbauverfahren möglich.

Bei der FAS-Methode ergaben sich - mit den Ergebnissen der weiteren Methoden zwangsläufig reziprok korrespondierend - dass in einem Jahr Korrelationen zu einzelnen weiteren erhobenen Messgrößen auftraten. Im zweiten Versuchsjahr gab es einige wenige Korrelationen zu anderen Messgrößen. Die gelegentlich auftretenden Korrelationen bestätigen zum einen, dass reale Probeneigenschaften abgebildet werden. Zum anderen legen sie nahe, dass die FAS-Untersuchung ein eigenständiges Probenprofil liefert, das weder eng mit Einzelstoffen noch mit anderen Methoden verwandt ist und die Gesamtheit der Pflanze spiegelt.

Die FAS-Messung liefert einen Gesamtabdruck der Probe, der nach den bisher vorliegenden Ergebnissen auch über wechselnde Wachstumsbedingungen hinweg erlaubt, ein Ensemble unbekannter Proben mit relativ hoher Sicherheit hinsichtlich des Anbausystems zu klassifizieren. Die Methode ist damit für die vorliegende Fragestellung geeignet.

10 Literaturverzeichnis

- Abele, U. (1987); Produktqualität und Düngung - mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch. *Schriftreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Reihe A* (Heft 345),
- Balzer-Graf, U. R. (2001); Vitalqualität - Qualitätsforschung mit bildschaffenden Methoden. *Ökologie & Landbau* (117), 22-24.
- Bigler, C. (2006); Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (FAS) und Gas-Discharge-Visualisation (GDV) an Äpfeln aus Bio-Anbau und Integrierter Produktion (IP). Diplomarbeit, Universität Zürich, Institut für Systematische Botanik.
- Bloksma, J. (2004); Innere Qualität: Entwurf eines neuen Qualitätsbegriffs. Parameter der Apfelqualität zwischen Wachstum, Differenzierung, Integration. *Lebendige Erde* (2/2004), 42-46.
- Huber, H., Kerpen, J., Pahlich, E. (1988); Der Physiologische Index - eine Charakteristik von Produkten aus ökologischem Anbau. In: "Lebensmittelqualität - ganzheitliche Methoden und Konzepte". Meier-Ploeger, A. und Vogtmann, H. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe. S. 147-162.
- Hutter, K.-J., Benkel, C., Herter, T., Popp, F.-A. (1994); Untersuchungen an verschiedenen Gerstensorten mit Hilfe von Lumineszenz-Verfahren. *Monatsschrift für Brauwissenschaft* (7/8), 237-242.
- ISO17025 (2000); Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien. In: "DIN EN ISO/IEC 17025 (2000)". e.V., D. I. f. N. Beuth Verlag, Berlin. S.

- Kerpen, J. (1988); Untersuchung zum Vergleich von Möhren (*Daucus carota* L.) aus ökologischen und konventionellen Anbau. Dissertation, Technische Hochschule,
- Kjer, I. (1993); Die Qualität von Hopfen und Gerste aus ökologischem Anbau und deren Einfluß auf die Zwischen- und Endprodukte der Bierherstellung. Dissertation, Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Ökologische Umweltsicherung im Fachbereich Landwirtschaft der Gesamthochschule Kassel.
- Klett, M. (1968); Untersuchungen über Licht und Schattenqualität in Relation zum Anbau und Test von Kieselpräparaten zur Qualitätserhebung. Institut für biologisch Dynamische Forschung,
- Köhler, B., Lambing, K., Neurohr, R., Nagl, W., Popp, F.-A., Wahler, J. (1991); Photonenemission - Eine neue Methode zur Erfassung der "Qualität" von Lebensmitteln. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* **87** (3), 78-83.
- Köhler, B. (2000); Der Einfluß von Haltung, Fütterung und Beleuchtung auf die Biophotonenemission (delayed luminescence) sowie herkömmliche Qualitätsparameter von Hühnereiern. Kassel, Fachgebiet Nutztierethologie und artgemäße Tierhaltung (Leitung Prof. Dr. D.W. Fölsch); Fachbereich Landwirtschaft, Internationale Agrarentwicklung und Ökologische Umweltsicherung der Universität Kassel.
- Kromidas, S. (1999); *Validierung in der Analytik*. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.
- Lambing, K. (1992); Nutzung der "low-level-luminescence"-Meßtechnik zur Untersuchung von Lebensmitteln. Universität Kaiserslautern,
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. (2002); Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* **296**, 1694-1697.

- Meier-Ploeger, A., Vogtmann, H. H. (1991); *Lebensmittelqualität - Ganzheitliche Methoden und Konzepte*. 2. Aufl., Stiftung Ökologie u. Landbau, Karlsruhe.
- Mengel, K. (1991); *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Northolt, M., Burgt, G.-J. v. d., Buisman, T., Bogaerde, A. V. (2004); *Parameters for Carrot Quality and the development of the Inner Quality concept*. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Pettersson, B. D. (1970); Die Einwirkung von Standort, Dünger und wachstumbeeinflussenden Stoffen auf die Qualitätseigenschaften von Speisekartoffeln. *Lebendige Erde* **3**, 78-87/134-140.
- Pettersson, B. D. (1982); Konventionell und biologisch-dynamisch erzeugte pflanzliche Nahrungsstoffe im Vergleich. *Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten* (263), 219-228.
- Popp, F.-A. (1984); *Biologie des Lichts*. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- Popp, F.-A. (1986); On the coherence of ultraweak photonemission from living tissues. In: "Disequilibrium and self-organisation". Kilmister, C. W. D. Reidel Publishing Company, S. 207-230.
- Popp, F.-A. (1987); Biophotonenanalyse zu Fragen der Lebensmittelqualität und des Umweltschutzes. *Ökologische Konzepte* **26** (Feb. 1987), 39-55.
- Popp, F.-A. (1988); Biophotonen- Analyse der Lebensmittelqualität. In: "Lebensmittelqualität-ganzheitliche Methoden und Konzepte". Meier-Ploeger, A. und Vogtmann, H. Verlag C.F. Müller GmbH, Karlsruhe. S. 87-112.
- Popp, F. A., Li, K. H., Gu, Q. (1992); *Recent Advances in Biophoton Research and its Applications*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, S. 504.

- Popp, F. A., Chang, J. J., Herzog, A., Yan, Z., Yan, Y. (2002); Evidence of non-classical (squeezed) light in biological systems. *Physics Letters A* **293**, 98-102.
- Ruth, B., Popp, F. A. (1976); Experimentelle Untersuchungen zur ultraschwachen Photonenemission biologischer Systeme. *Z. Naturforsch.* (31c), 741-745.
- Schmitt, L., Ott, M. (1953); *Chemische und biologische Qualitätsbestimmung gärtnerischer und landwirtschaftlicher Erzeugnisse*. Neumann Verlag, Radebeul und Berlin.
- Schulze Böckenhoff, K. (1994); Zur Eignung der ultraschwachen Photonenemission von Lebensmitteln als ganzheitlicher Parameter der Qualitätsbestimmung. Diplomarbeit, Gesamthochschule Kassel Universität, Ökologischer Landbau.
- Schuphan, W. (1974); Nutritional value of Crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments - Results of 12 years' experiments with vegetables (1960-1972). *Qualitas Plantarum - Plant Food for Human Nutrition* **23** (4), 333-358.
- Schuphan, W. (1976); *Menschen und Nahrungspflanzen*. Dr. W. Junk B.V.- Verlag, Den Haag.
- Stöppler, H., Vogtmann, H., Seibel, W., Bolling, H., Gerstenkorn, P. (1989); Moderne Winterweizensorten in einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen in der Bunderrepublik Deutschland. II. Verarbeitungsqualität der Sorten im Hinblick auf die Herstellung von Brot und Kleingebäck aus Typen- und Vollkornmehl. *Getreide, Mehl und Brot* **43** (9), 272-278.
- Strube, J., Stolz, P. (2001a); Bohne ist nicht gleich Bohne. *Ökologie & Landbau* **29** (Heft 120), 37-39.

- Strube, J., Stolz, P. (2001b); Lichtspeicherung und Lebensmittelqualität. *Ökologie und Landbau* **29** (Heft 117), 15-19.
- Strube, J., Stolz, P. (2004); *Lebensmittel vermitteln Leben - Lebensmittelqualität in erweiterter Sicht*. KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, Dipperz.
- Tauscher, B., Brack, G., Flachowsky, G., Henning, M., Köpke, U., Meier-Ploeger, A., Münzing, K., Niggli, U., Pabst, K., Rahmann, G., Willhöft, C., Mayer-Miebach, E. (2003); *Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren. Statusbericht 2003*. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- Teubner, R., Rattemeyer, M., Mehlhardt, W. (1981); Eine neue Methode zur Untersuchung der Qualität von Pflanzen und Früchten. *Ärztezeitschr. f. Naturheilverf.* **22** (4/81), 204-205.
- Teubner, R. (1983); Zur Qualitätsbestimmung von Nutzpflanzen, insbesondere Medizinalpflanzen, mit Hilfe der ultraschwachen Photonenemission. Dissertation, Universität Göttingen, Fachbereich Agrarwissenschaften.
- Veselova, T. V., Veselovsky, V. A., Rubin, A. B., Bochvarov, P. Z. (1985); Delayed luminescence of air-dry soybean seeds as a measure of their viability. *Physiol. Plant.* **65**, 493-497.
- Weibel, F., Bickel, R., Leutholt, S., Alföldi, T., Niggli, U., Balzer-Graf, U. R. (2001); Bioäpfel - besser und gesünder? Eine Vergleichsstudie mit Standard- und Alternativmethoden der Qualitätserfassung. *Ökologie & Landbau* **117** (1/2001), 25 - 28.