

**Institut für Lebensmittelwissenschaft und Lebensmittelchemie**

---

**Empfehlungen von Winterweizensorten im Organischen  
Landbau über die Kleberproteinfraktionen  
und deren Einfluß auf die Backqualität**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Ernährungs- und Haushaltswissenschaft  
(Dr. oec. troph.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität  
zu Bonn

vorgelegt am

**von Nils Kühlsen**

aus Todendorf auf Fehmarn

Referent:

Prof. Dr. H. Büning-Pfaue

Korreferent:

Prof. Dr. R. E. Wolffram

Tag der mündlichen Prüfung:

14. Februar 2001

---

## **Recommendations for winter wheat varieties in organic farming on the basis of gluten protein fractions and their influence on baking quality**

### **Abstract**

This work describes the systematic investigation of gluten proteins in winter wheat from organic farming. The aim is to recommend wheat varieties on the basis of protein fractions relevant for the baking quality. After multiple-stage extraction from wheat flour single gluten subunits are fractionated and determined quantitatively by RP-HPLC. Additionally, *in situ* application of x-ray absorption spectroscopy with synchrotron radiation (XANES) in wheat and gluten samples is carried out for the first time to investigate the oxidation state of sulfur.

Between 1997 and 1999 140 samples, consisting of 21 different varieties altogether, are analysed. This broadens significantly an existing collective of varieties from the years of 1995 and 1996 and leads to very different wheat qualities.

Due to the relatively poor growing conditions the detected degrees from the flour, dough and baking tests (BAGKF) are low. In addition to the reduced crude protein content and the 'short' dough properties only few varieties can obtain good loaf volumes. However, concerning the most important parameters of the baking quality as well as the crucial gluten fractions the investigated varieties show a clear quality graduation corresponding to the federal variety list.

The correlation analysis shows a clear relationship between the low molecular weight (LMW) glutenins and the extensigraph energy and extensibility of doughs. This makes the sulfur rich LMW glutenins an essential parameter to be used as a description for the rheological dough quality. The importance of LMW glutenins is also emphasized because of the results from the non destructive XANES measurements corroborating the existence of SS-bonds in slightly oxidized low and high molecular weight glutenin subunits. On the other hand, there is no evidence for a relationship between glutenin subunits and the resistance of doughs.

Undisputed is the important influence of the crude protein content on the baking quality.

The ranking and differentiation of wheat varieties by means of two factor analysis of variance according to the gluten contents and results of baking quality allows to divide samples into recommendable or less recommendable varieties for organic farming. The first group with particularly high contents of glutenin subunits and a good dough and baking quality contains above all E varieties like Aron and Carolus as well as the A variety Ambras. Also Petrus and Tambor are partly favourable. Not recommendable are the A varieties Batis and Xanthos. It has to be taken into account that inter-individual differences in gluten protein contents as well as in baking parameters of organically grown wheat varieties can be negligible. On the other hand, locations and growing years may have a considerable effect.

Notwithstanding, it is possible to develop several rankings and priorities that can be used as guidelines for future strategies in organic farming.

Additionally, the development of linear regression equations gives a tendency for the prediction of loaf volume by means of the gluten protein fractions as well as the results of the flour, dough and baking tests.

---

## **Empfehlungen von Winterweizensorten im Organischen Landbau über die Kleberproteinfraktionen und deren Einfluß auf die Backqualität**

### **Zusammenfassung**

In dieser Arbeit wird die systematische Untersuchung der Kleberproteine von Winterweizen aus Organischem Landbau beschrieben. Ziel ist es, anhand der qualitätsbestimmenden Proteinfraktionen diejenigen Weizensorten zu ermitteln und für den Anbau zu empfehlen, die im Organischen Landbau eine gute Backqualität ermöglichen. Nach der mehrstufigen Extraktion aus dem Weizenmehl werden mittels RP-HPLC die einzelnen Kleberuntereinheiten fraktioniert und quantitativ bestimmt. Gleichzeitig wird erstmalig die *in situ* Anwendung der Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (XANES) in Weizen- und Kleberproben zur Untersuchung des Oxidationszustandes des Schwefels dargestellt.

In den Jahren 1997 bis 1999 werden 140 Proben, zusammengesetzt aus insgesamt 21 Sorten, untersucht. Damit wird ein bestehendes Probenkollektiv aus den Jahren 1995 und 1996 deutlich erweitert, so daß sehr verschiedene Weizenqualitäten vorliegen.

Bedingt durch die extensiven Anbaubedingungen fallen die ermittelten Ausprägungen der Mehl-, Teig- und Backprüfung (BAGKF) niedrig aus. Neben geringen Rohproteingehalten und kurzen Teigeigenschaften können nur wenige Sorten gute Volumenausbeuten erzielen. Dennoch wird sowohl bei den wichtigsten Parametern der Backqualität als auch bei den entscheidenden Kleberfraktionsdaten eine Abstufung entsprechend der Qualitätsgruppen für Weizen (Bundessortenliste) sichtbar.

Die Korrelationsanalyse belegt die deutliche Beziehung zwischen den niedermolekularen LMW-Glutinenen und der Extensogramm-Energie sowie der Dehnbarkeit der Teige. Die schwefelreiche LMW-Fraktion kann damit als ein wesentlicher Parameter zur Beschreibung der rheologischen Teigqualität genutzt werden. Unterstrichen wird der Stellenwert der LMW-Glutene ebenfalls durch die Ergebnisse der XANES-Messungen, die die Präsenz von SS-Bindungen in leicht aufoxidierten, nieder- und hochmolekularen Glutenin-Untereinheiten erstmals zerstörungsfrei bestätigen. Kein Zusammenhang scheint allerdings zwischen den Glutenin-Untereinheiten und dem Dehnwiderstand zu bestehen.

Unbestritten bleibt aber der große Einfluß des Rohproteingehaltes auf die Backqualität.

Die rangvarianzanalytische Reihung und Differenzierung der Sorten nach ihren Kleberproteingehalten bzw. nach ihrer Backqualität ermöglicht die Einteilung der Proben in empfehlenswerte und weniger empfehlenswerte Sorten für den Organischen Landbau. Zur ersten Gruppe mit besonders hohen Gluteninfraktionswerten sowie guter Teig- und Backqualität gehören v.a. die E-Sorten wie Aron und Carolus sowie die A-Sorte Ambras. Petrus und Tambor verhalten sich z.T. auch noch günstig. Nicht empfohlen werden die A-Sorten Batis und Xanthos. Zu beachten bleibt, daß die interindividuellen Unterschiede sowohl bei den Kleberproteinen als auch den Backparametern der Weizenproben aus Organischem Landbau gering erscheinen und die Einflüsse von Standorten und Erntejahren erheblich sein können. Ungeachtet dessen ist es gelungen, einige Reihungen und Prioritäten herauszuarbeiten, die als Hinweise für künftige Strategien im Organischen Landbau genutzt werden können.

Weiterhin ermöglicht die Entwicklung linearer Regressionsmodelle die tendenzielle Vorhersage des Backvolumens, sowohl anhand der Kleberproteinfraktionen als auch anhand der Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung.

---

Ich danke an dieser Stelle herzlich

Herrn Prof. Dr. H. Büning-Pfaue für die Überlassung des Themas, die fachlichen Anregungen und Diskussionen sowie die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der vorliegenden Arbeit,

Herrn Prof. Dr. R. E. Wolfram, Institut für Agrarpolitik, Marktforschung und Wirtschaftssoziologie, für die freundliche Übernahme des Korreferates,

Herrn Prof. Dr. U. Köpke, Institut für Organischen Landbau, als Sprecher der DFG-Forschergruppe, sowie allen Mitgliedern der Forschergruppe für die gute Organisation und Zusammenarbeit,

Herrn Prof. Dr. J.-M. Brümmer, Herrn G. Unbehend und allen beteiligten Mitarbeitern der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung Detmold für die Durchführung der Referenzuntersuchungen und die Unterstützung in Fragen der Verarbeitungsqualität,

Herrn Dr. R. Haverkamp, Mathematisches Seminar der Landwirtschaftlichen Fakultät, für die freundliche Assistenz in statistischen Fragen,

Herrn A. Prange und Frau Dr. I. Arzberger (AG Prof. Dr. J. Hormes) für die Durchführung und Auswertung der XANES-Messungen, die dieser Arbeit zur Verfügung gestellt wurden,

Frau B. Birzele (Abt. Landwirtschaftliche und Lebensmittel-Mikrobiologie), die mit ihrer Idee, Weizenkleber mit XANES zu untersuchen, „Urheberin“ der gelungenen Kooperation zwischen Mikrobiologie (B. Birzele, A. Prange), Lebensmittelchemie (S. Antes, P. Köhler, N. Kühlsen) und Physik (I. Arzberger, J. Hormes, A. Prange) wurde: allen sei herzlich für die gute Zusammenarbeit gedankt, ebenso den Proff. Dres. Büning-Pfaue, Krämer und Trüper (alle Universität Bonn) für ihre freundliche Unterstützung,

Herrn Dr. H. Wieser und Frau Dr. S. Antes, Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie Garching, als Ansprechpartner für Fragen zum Weizenkleber,

allen Mitarbeitern des Institutes, insbesondere Herrn Peter Müller und Herrn Jörg Harder, für die angenehme Arbeitsatmosphäre und Zusammenarbeit und den ‘support’ bei analytischen und anderen Problemen,

Herrn F.-M. Wirries für die gute Übergabe des Projektes,

Herrn Martin Diller und Herrn Stefan Kehraus für die gemeinsame „Doktorandenzeit“ mit konstruktiven Kommentaren und Diskussionen,

Frau Sanja Djordjevic für die hervorragende Unterstützung bei der Analytik des Klebers,

der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Förderung der Arbeiten im Rahmen der DFG-Forschergruppe „Optimierungsstrategien im Organischen Landbau“,

allen Freunden und meiner Familie, die mich bei dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben.

---

## Publikationen

Kühlsen, N., F.-M. Wirries, J. A. Eisele und H. Büning-Pfaue (1998): Kontrolle der Zusammenhänge zwischen chromatographischen Kleber- und Referenzdaten bei Weizen aus Organischem Landbau. Kongreßband, VDLUFA-Schriftenreihe, 267-270.

Kühlsen, N., F.-M. Wirries, R. Haverkamp und H. Büning-Pfaue (1999): Backqualität von Weizen aus Organischem Landbau; Untersuchungen für Maßgaben einer dafür optimalen Sorten- und Kulturwahl. Getreide Mehl und Brot, 53, 12-15.

Kühlsen, N. und H. Büning-Pfaue (2001): Empfehlungen einer qualitativen Rangfolge von Weizensorten für den Organischen Landbau. Lebensmittelchemie, 55, 12-13.

Prange, A., N. Kühlsen, B. Birzele, I. Arzberger, J. Hormes, S. Antes und P. Köhler (2001): Sulfur in wheat gluten: In situ analysis by X-ray absorption near edge structure (XANES) spectroscopy. Eur Food Res Technol, DOI 10.1007/s002170100304, online-Veröffentlichung: 5 April 2001.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Kennzeichen des Organischen Landbaus.....	1
1.2	Der Markt für ökologisch produzierten Backweizen.....	1
1.2.1	Bedeutung und Entwicklung des Marktes.....	1
1.2.2	Konsumentenverhalten und Nachfrage nach ökologischen Lebensmitteln.....	2
1.2.3	Versorgung und Außenhandel.....	3
1.2.4	Erzeugung, Absatz und Verarbeitung.....	4
1.2.5	Preisbildung.....	5
1.3	Besonderheiten der Weizen-Backqualität im Organischen Landbau.....	7
1.4	Charakterisierung des Weizenklebers und seiner Fraktionen.....	9
1.5	Übersicht bisheriger Ergebnisse analytischer Kleberfraktionsdaten mit Bezug auf die Weizen-Backqualität.....	13
1.6	Problemstellungen.....	14
1.7	Zielsetzungen.....	15
<b>2</b>	<b>Material und Methoden (Experimenteller Teil)</b> .....	<b>17</b>
2.1	Probenmaterial.....	17
2.1.1	Weizensorten der Erntekollektive 1997 bis 1999 im Vergleich zu 1995 und 1996.....	17
2.1.2	Beschreibung der Standorte Wiesengut, Velbert und Blankenheim.....	19
2.1.3	Kennzeichnung der Feldversuche.....	20
2.1.4	Reinigung, Probennahme und Vermahlung des Weizens zum Typenmehl 550.....	20
2.2	RP-HPLC-Analytik der Kleberfraktionen.....	20
2.2.1	Probenvorbereitung, Herstellung der Prüflösungen, Probenfraktionierung.....	20
2.2.2	Bedingungen der RP-HPLC für die Gliadine, Glutenine und HMW-Glutenin-Untereinheiten aus den Jahren 1997 bis 1999.....	22
2.2.3	Methodenabsicherung und Versuche zur Trennoptimierung der LMW-Gluteninfraktionen.....	23
2.3	Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (XANES) zur <i>in situ</i> Charakterisierung des Schwefels in Mehl, Kleber und Kleberfraktionen.....	26
2.3.1	Physikalische Grundlagen der Messungen.....	26
2.3.2	Probenaufbereitung und Ergebnisse zur Bestimmung des Oxidationszustandes des Schwefels in Mehl, Kleber und Gluteninfraktionen.....	28
2.4	Methoden der Qualitätsbeschreibung von Backweizen (Referenzdaten).....	31
2.4.1	Quantitative und qualitative Mehl- und Kleberuntersuchungen.....	31
2.4.2	Rheologische Teiguntersuchungen mittels Brabender Extensograph.....	31
2.4.3	Standard-Backversuch für Weizentypenmehl (RMT).....	32
2.5	Multivariate Auswertung der chromatographischen Kleberfraktions- und Referenzdaten.....	32
2.5.1	Korrelationsanalyse der Kleberfraktions- und Referenzdaten.....	32
2.5.2	Rangvarianzanalytische Differenzierung von Sorten zur Bildung einer Rangfolge mittels multipler Vergleiche einschließlich der Ermittlung von Standort- und Jahreseinflüssen.....	32
2.5.3	Modellentwicklungen zur Vorhersage der Backqualität mittels multipler linearer Regression.....	33

<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>35</b>
3.1	Charakterisierung der Referenzdaten aus der Mehl-, Teig- und Backprüfung nach Jahren, Standorten und Qualitätsgruppen.....	35
3.1.1	Kennzeichnung der Mehleigenschaften.....	35
3.1.2	Kennzeichnung des Backverhaltens.....	37
3.1.3	Kennzeichnung der rheologischen Teigeigenschaften.....	38
3.2	Charakterisierung der Kleberfraktionsergebnisse nach Jahren, Standorten und Qualitätsgruppen.....	40
3.2.1	Verteilung der Gliadin- und Gluteningehalte.....	40
3.2.2	Verteilung der HMW- und LMW-Gluteningehalte.....	41
3.2.3	Verteilung der Gehalte der HMW-Glutenin-Untereinheiten.....	42
3.2.4	Verteilung der Kleberfraktions-Mengenverhältnisse.....	45
3.3	Zusammenhänge zwischen Ergebnissen der chromatographischen Kleberfraktions- und Referenzdaten.....	48
3.3.1	Ergebnisse der korrelativen Beziehungen in den Jahren 1995 bis 1999.....	48
3.3.2	Ableitung quantitativer Mindestbedingungen und erweiterte Betrachtung der backentscheidenden Zusammenhänge.....	54
3.4	Ergebnisse zu Sorten-, Jahres- und Standorteinflüssen auf Kleberfraktionen sowie Auswirkungen auf quantitative Sortenreihungen und -differenzierungen.....	58
3.4.1	Übersicht der ausgewerteten Datensätze.....	58
3.4.2	Rangvarianzanalytische Reihung und Differenzierung der Faktorstufen..	59
3.5	Ableitung von Formeln zur Vorhersage der qualitätsentscheidenden Volumenausbeute im RMT-Standard-Backversuch unter Verwendung der Kleberfraktions- und Referenzdaten.....	65
3.5.1	Vorhersagen anhand der Kleberfraktionsdaten.....	65
3.5.2	Vorhersagen anhand der Referenzdaten.....	68
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>70</b>
4.1	Vergleich der Backqualität der Weizensorten aus Organischem Landbau mit bestehenden Qualitätserwartungen.....	70
4.2	Beurteilung der qualitativen Zusammenhänge zwischen einzelnen Kleberfraktionen und deren Verhältnisse mit Referenzdaten zur Backqualität.....	71
4.3	Möglichkeiten und Grenzen der Sortenreihung und -differenzierung anhand der chromatographisch ermittelten Gehalte der Kleberfraktionen.....	75
4.3.1	Bewertung von Sorten-, Jahres- und Standorteinflüssen.....	75
4.3.2	Kontrolle der ermittelten Differenzierungen mit den bestehenden Qualitätsgruppen für Weizen.....	76
4.4	Bewertung von Weizensorten anhand der Kleberfraktions- und Referenzdaten...	77
4.5	Bewertung der Eignung von Regressionsmodellen zur Vorhersage der Backfähigkeit.....	78
4.6	Abgeleitete Ansätze zur verbesserten Auswertung der chromatographischen Kleberfraktionsdaten und Beurteilung der Backqualität im Organischen Landbau	79
4.7	Bewertung der Backqualität entsprechend der erreichten Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen von Weizensorten im Zuge einer Optimierungsstrategie im Organischen Landbau.....	80
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>94</b>
I.	Aufarbeitungsschemen zur Gewinnung der Prüflösungen.....	94
II.	Chromatogramme der Gliadine, Glutenine und HMW-Untereinheiten.....	96
III.	Chromatographisch ermittelte Kleberfraktionsgehalte 1997-1999.....	100
IV.	Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung 1997-1999.....	109
V.	Übersicht der Korrelationskoeffizienten.....	112
VI.	Multiple Vergleiche mittels Wilcoxon-Wilcox-Test.....	115



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Schematische Darstellung der Klassifizierungen von Kleberproteinfraktionen im Weizen nach Molekulargewicht in Dalton (WIESER ET AL., 1991) und Schwefelgehalt (SHEWRY UND TATHAM, 1997).....	10
Abb. 2.1	Anteile der verschiedenen HMW-Untereinheitenmuster in den untersuchten Weizenproben der Ernten 1995 bis 1999.....	19
Abb. 2.2	Ausgangs-Chromatogramme der Sorten Batis, Carolus und Mikon nach Trennung auf einer RP <sub>8</sub> -Säule; gekennzeichnet sind die Bereiche der HMW- und LMW-Glutene.....	24
Abb. 2.3	Chromatogramme der Sorten Batis, Carolus und Mikon nach Trennung auf einer RP <sub>8</sub> -Säule und RP <sub>4</sub> -Säule.....	25
Abb. 2.4	Chromatogramme der Sorten Batis, Carolus und Mikon nach Trennung auf einer RP <sub>4</sub> -Säule.....	25
Abb. 2.5	Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus am Strahlrohr BN3.....	27
Abb. 2.6	XANES-Spektren an der S K-Kante von (a) Kleber (Sigma), (b) frisch extrahiertem Kleber, (c) Gliadin (Sigma), (d) Vital-Kleber, (e) Weizenmehl (Carolus, Type 550) und (f) Cystein.....	30
Abb. 2.7	XANES-Spektren an der S K-Kante von (a) LMW-Glutelin (reduziert), (b) Cystein, (c) LMW-Glutelin (aufoxidiert mit Sauerstoff) und (d) Cystin.....	30
Abb. 3.1	Verteilung der Rohproteingehalte (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	35
Abb. 3.2	Verteilung der Rohproteingehalte (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	35
Abb. 3.3	Verteilung der Sedimentationswerte (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	36
Abb. 3.4	Verteilung der Sedimentationswerte (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	36
Abb. 3.5	Verteilung der Feuchtklebergehalte (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	37
Abb. 3.6	Verteilung der Feuchtklebergehalte (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	37
Abb. 3.7	Verteilung der Volumenausbeuten (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	38
Abb. 3.8	Verteilung der Volumenausbeuten (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	38
Abb. 3.9	Verteilung der Dehnwiderstände (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	38
Abb. 3.10	Verteilung der Dehnwiderstände (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	38
Abb. 3.11	Verteilung der Dehnbarkeit (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	39
Abb. 3.12	Verteilung des Verhältnisses von Dehnwiderstand zu Dehnbarkeit (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	39
Abb. 3.13	Verteilung der Extensogramm-Energie (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	39
Abb. 3.14	Verteilung der Extensogramm-Energie (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	39
Abb. 3.15	Verteilung der Gliadine (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	40
Abb. 3.16	Verteilung der Glutene (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	40
Abb. 3.17	Verteilung der Gliadine und Glutene (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	41

Abb. 3.18	Verteilung der HMW-Glutene (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	41
Abb. 3.19	Verteilung der LMW-Glutene (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	41
Abb. 3.20	Verteilung der HMW- und LMW-Glutene (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	42
Abb. 3.21	Verteilung der x-HMW-Glutene (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	43
Abb. 3.22	Verteilung der y-HMW-Glutene (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	43
Abb. 3.23	Verteilung der x- und y-HMW-Glutene (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	43
Abb. 3.24	Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 5+10 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	44
Abb. 3.25	Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 2+12 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	44
Abb. 3.26	Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 7+9 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	44
Abb. 3.27	Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 6+8 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	44
Abb. 3.28	Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 5+10 und 2+12 (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	45
Abb. 3.29	Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 7+9 und 6+8 (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	45
Abb. 3.30	Verteilung der Gliadin/Glutelin-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	46
Abb. 3.31	Verteilung der Gliadin/Glutelin-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	46
Abb. 3.32	Verteilung der LMW/HMW-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	46
Abb. 3.33	Verteilung der LMW/HMW-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	46
Abb. 3.34	Verteilung der x/y-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL.....	47
Abb. 3.35	Verteilung der x/y-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C.....	47
Abb. 3.36	Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Hauptkleberfraktionen bzw. deren Mengenverhältnissen und wichtigen Parametern der Mehl-, Teig- und Backqualität, ermittelt sowohl getrennt für jedes Erntejahr als auch zusammenfassend über alle Jahre (1995-1999) .....	49
Abb. 3.37	Zusammenhang zwischen den LMW-Glutenen und der Extensogramm-Energie in den Jahren 1995 bis 1999; eingezeichnet ist eine Bezugslinie bei 80 cm <sup>2</sup> , ab der eine durchschnittliche Teigqualität erwartet wird.....	55
Abb. 3.38	Zusammenhang zwischen der Extensogramm-Energie und den LMW-Glutenen mit Angabe der Regressionsgeraden und des Bestimmtheitsmaßes (R-Qu.) für die Qualitätsklassen E, A und B der BSL.....	56
Abb. 3.39	Exemplarische Charakterisierung des Sorteneinflusses hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen der Extensogramm-Energie und den LMW-Glutenen mit Angabe der Regressionsgeraden und des Bestimmtheitsmaßes (R-Qu.) für die dargestellten Sorten.....	57
Abb. 3.40	Gegenüberstellung der gemessenen und der mittels Regressionsgleichung (Modell I: 1995-1999) vorhergesagten Volumenausbeute des RMT-Standard-Backversuchs; (korr. R <sup>2</sup> =0,659) .....	67

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1	Gegenüberstellung der Mindestanforderungen und Verkaufspreise von Weizensorten der Klasse I und II (RIPPIN, 1999).....	5
Tab. 1.2	Exemplarische Angabe der zu erwartenden Erlösveränderung in Abhängigkeit von der Volumenausbeute und den angenommenen Preisen bei Winterweizen des ökologischen Landbaus.....	6
Tab. 1.3	Übersicht der durchschnittlichen Qualitätsvorstellungen (Weißbrot, Brötchen und Mischbrot) für Weizenmehle (Type 550) aus extensivem Anbau (BRÜMMER, 1997) und Gegenüberstellung der mittleren Ausprägungsstufe im konventionellen Anbau (nach BSL).....	8
Tab. 1.4	Übersicht der Versuche zur Kennzeichnung der Beziehungen zwischen einzelnen Kleberproteinfraktionen (basierend auf RP-HPLC-Ergebnissen) und ausgewählten Qualitätsparametern.....	13
Tab. 2.1	Qualitative und quantitative Übersicht der untersuchten Weizensorten des gesamten Kollektivs der Erntejahre 1995 bis 1999 (alphabetisch geordnet).....	18
Tab. 2.2	Übersicht der Versuchsstandorte.....	19
Tab. 2.3	Verwendete Extraktionslösungen (nach WIRRIES 1998).....	21
Tab. 2.4	Übersicht der chromatographischen Bedingungen für die Trennung der Kleberfraktionen Gliadin, Glutenin und der HMW-Glutenin-Untereinheiten (nach WIRRIES 1998).....	22
Tab. 2.5	Übersicht der mittleren Variationskoeffizienten (%) für ausgewählte Kleberproteinfraktionen zur Beschreibung des analytischen Fehlers von Probenaufarbeitungen und RP-HPLC Trennungen.....	23
Tab. 3.1	Übersicht der Korrelationskoeffizienten über die Zusammenhänge zwischen Kleberfraktions- und Mehluntersuchung sowie Backprüfung der Proben von 1995 bis 1999 (Koeffizienten über 0,6 sind hervorgehoben).....	50
Tab. 3.2	Übersicht der Korrelationskoeffizienten über die Zusammenhänge zwischen Kleberfraktions- und rheologischen Teiguntersuchungen (Extensogramm) der Proben von 1995 bis 1999.....	52
Tab. 3.3	Übersicht der partiellen Korrelationskoeffizienten für die Fraktionen Gliadin, Glutenin, HMW- und LMW-Glutenin gegenüber EE, DW und DB unter Berücksichtigung des Mehlproteingehaltes der Proben von 1995 bis 1999.....	53
Tab. 3.4	Übersicht der Korrelationskoeffizienten zwischen den Fallzahlen und den Teigeigenschaften (Extensogramm) der Ernten 1995 bis 1999.....	54
Tab. 3.5	Übersicht der rangvarianzanalytisch ausgewerteten Faktorstufen (Sorten) mit den Wiederholungen über Standorte, Jahre, Düngung, Böden.....	58
Tab. 3.6	Übersicht der rangvarianzanalytisch ausgewerteten Faktorstufen (Standorte, Jahre, Böden) mit den Wiederholungen über Sorten, Standorte und Jahre.....	59
Tab. 3.7	Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für die Kleberfraktionen Gliadin, Glutenin, HMW, LMW und deren Verhältnisse der Datensätze 1 bis 9 mit Angabe der Freiheitsgrade (df), der errechneten Prüfgröße $\chi^2$ und dem Signifikanzniveau $\alpha$ .....	59
Tab. 3.8	Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für wichtige Parameter der Backqualität der Datensätze 1 bis 9.....	60
Tab. 3.9	Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für die Kleberfraktionen Gliadin, Glutenin, HMW und LMW der Datensätze 10 bis 13.....	61
Tab. 3.10	Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für wichtige Parameter der Backqualität der Datensätze 10 bis 13.....	62

---

Tab. 3.11	Veranschaulichung der in den Regressionsmodellen I bis VI berücksichtigten Kleberfraktionsvariablen zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL); als Gesamtmodell (1995-1999) und aus den einzelnen Jahren unter Angabe der statistischen Kenngrößen.....	65
Tab. 3.12	Gegenüberstellung der Regressionsmodelle zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL) mit den Variablen Glutenin, Gliadin/Glutenin und LMW/HMW; als Gesamtmodell (1995-1999) und aus den einzelnen Jahren unter Angabe der statistischen Kenngrößen und der Differenz zum Gesamtmodell.....	66
Tab. 3.13	Beschreibung der für jede Qualitätsgruppe getrennt errechneten Regressionsmodelle zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL) unter Angabe der statistischen Kenngrößen.....	67
Tab. 3.14	Veranschaulichung der in den Regressionsmodellen VII bis XII berücksichtigten Variablen aus der Mehl-, Teig- und Backprüfung zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL); als Gesamtmodell (1995-1999) und aus den einzelnen Jahren unter Angabe der statistischen Kenngrößen.....	68
Tab. 3.15	Beschreibung der für jede Qualitätsgruppe getrennt errechneten Regressionsmodelle zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL) über die Variablen der Mehl-, Teig- und Backprüfung unter Angabe der statistischen Kenngrößen.....	69
Tab. 4.1	Modellhafter Vergleich zur finanziellen Auswirkung einer Sortenwahl mit dem Ziel der Volumensteigerung und der damit verbundenen Erlösveränderung im ökologischen Landbau.....	80

---

**Abkürzungen**

$\alpha$	Irrtumswahrscheinlichkeit
$\chi^2$	Chi-Quadrat-Prüfgröße
AGÖL	Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau
ANOVA	Varianzanalyse
APS	Ausprägungsstufe
AU	Absorptionseinheiten
BAGKF	Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung
BE	Brabender Einheiten
BL	Blankenheim
BSA	Bundessortenamt
BSL	Bundessortenliste
CMA	Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft
DB	Dehnbarkeit
df	Freiheitsgrade
DTE	Dithioerythrit
DW	Dehnwiderstand
EE	Extensogramm-Energie
Eh	Einheiten
ELSA	Electron Stretcher Accelerator
FE	Flächeneinheiten
FK	Feuchtklebergehalt
g	Erdbeschleunigung (Zentrifuge)
HMW	hochmolekular (high molecular weight)
ICC	Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und -technologie
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
LF	landwirtschaftlich genutzte Fläche
LMW	niedermolekular (low molecular weight)
N	Stickstoff
r	Korrelationskoeffizient
R-Qu.	entspricht $R^2$
$R^2$	Bestimmtheitsmaß
RMT	Rapid Mix Test
RP	Rohproteingehalt
RP-HPLC	Umkehrphasen-Hochleistungsflüssigchromatographie (reversed phase)
s	Standardabweichung
S	Schwefel
SDS-PAGE	Natriumdodecylsulfat-Polyacrylamidgelelektrophorese
SE-HPLC	Größenausschluß-Hochleistungsflüssigchromatographie (size exclusion)
Sedi	Sedimentationswert / Quellvolumen
TFA	Trifluoressigsäure
VA	RMT-Volumenausbeute

## VIII

---

VC	Variationskoeffizient
VE	Velbert
WA	Wasseraufnahme
WG	Wiesengut
XANES	X-ray absorption near edge spectroscopy
ZMP	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft

# 1 Einleitung

## 1.1 Kennzeichen des Organischen Landbaus

Dem Begriff des *Organischen Landbaus* („*organic farming*“) synonym ist der des *ökologischen Landbaus* und des *biologischen Landbaus*. Zwischen den Wirtschaftsweisen gibt es graduelle Unterschiede, auf die hier nicht weiter eingegangen wird, da alle die Aspekte der natur- und umweltverträglichen Landbewirtschaftung berücksichtigen. Zum Organischen Landbau sei gesagt, daß damit „auf das Prinzip der zielgerichteten Organisation des landwirtschaftlichen, weitgehend in sich geschlossenen Betriebsorganismus hingewiesen“ wird. Dabei spielt weiterhin die ökologische Standortanpassung eine entscheidende Rolle (KÖPKE, 1996). Herausragendes Kennzeichen und damit auch Abgrenzungskriterium dieser spezifischen Wirtschaftsweisen gegenüber anderen Betrieben ist die Einhaltung der Verordnung hinsichtlich gemeinschaftlicher Rahmenrichtlinien für pflanzliche und tierische Erzeugnisse des ökologischen Landbaus (Verordnung [VO] EWG NR. 2092/91). Die EU-VO beinhaltet sowohl die Stufen der *Erzeugung* und *Kennzeichnung* als auch der *Kontrollen* und der *Einfuhrregelungen* für ökologisch produzierte Waren (STIFTUNG ÖKOLOGIE UND LANDBAU, 1994). Damit treffen die Regelungen auch auf Backwaren zu, die aus ökologischen Produkten hergestellt werden. Erlaubt sind bei Backwaren allerdings Rezepturbestandteile aus nicht ökologischer Erzeugung bis maximal 5 %. Im Vergleich zur genannten EU-VO richten sich die deutschen Anbauverbände, die in der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Landbau e.V. (AGÖL) zusammengeschlossen sind, nach gemeinsamen Rahmenrichtlinien als Mindeststandard (WENDT ET AL., 1999).

Der in dieser Arbeit untersuchte Winterweizen stammt von Flächen und Saatgut, die den Vorschriften der EU-VO bzw. den AGÖL-Richtlinien entsprechen. Die beteiligten Betriebe, allen voran das Wiesengut als das Versuchsgut des Instituts für Organischen Landbau der Universität Bonn, produzieren entsprechend den Richtlinien des Anbauverbandes NATURLAND (Mitglied der AGÖL) und gewährleisten damit die Voraussetzungen dieses Projektes. Um die Stickstoff-(N)-Versorgung des Weizen sicherzustellen, kann z.T. betriebseigener, organischer Dünger in Form von Jauche verwendet werden. Gleichzeitig werden stickstoffeffiziente Sorten berücksichtigt.

## 1.2 Der Markt für ökologisch produzierten Backweizen

### 1.2.1 Bedeutung und Entwicklung des Marktes

Systematische Daten über die Bedeutung des Marktes für kontrolliert ökologisch erzeugtes Getreide und im Speziellen für Winterweizen zur Brotherstellung in Deutschland sind leider noch kaum erhältlich. Nach Schätzungen (1997) liegt das Umsatzvolumen für alle ökologisch erzeugten Nahrungsmittel bei annähernd 4 Mrd. DM (GRAF, 2000). Die Getreideerzeugung hat daran allerdings nur einen sehr kleinen Anteil (WENDT ET AL., 1999). Nach einer aktuellen Studie von

HAMM und MICHELSEN (2000), beläuft sich der Anteil des Öko-Getreides am gesamten deutschen Lebensmittelmarkt auf 3,4 % (1997/1998). Im Vergleich zu anderen EU-Ländern ist das ein relativ hoher Anteil. Das durchschnittliche, jährliche Wachstum des deutschen Getreidemarktes belief sich zwischen 1993 und 1997 auf 10 %. Gründe für die (noch) geringen Marktanteile sowie die vergleichsweise geringen Wachstumsraten sind in den vorherrschenden Absatzwegen (Naturkostläden) zu suchen (Kapitel 1.2.4).

In der genannten Studie werden für Deutschland folgende Faktoren für die Marktentwicklung ermittelt: Bis 1997 haben die nationalen und regionalen Fördermaßnahmen keinen oder nur einen sehr geringen Einfluß auf die Entwicklung. Große Einflüsse erfährt der Markt durch die verschiedenen EG-Verordnungen (EG-VO 4115/88 Extensivierungsprogramm, 2078/92 Flächenprämien und 2092/91 Bezeichnungsschutzregelung). Zwischen den Jahren 1993 bis 1997 weist der deutsche Ökomarkt vergleichsweise geringe Wachstumsraten und sinkende Erzeugerpreise auf. Erst 1998 erholt sich die Situation wieder. Aber auch die Verbraucher haben die positive Entwicklung durch ihre hohe Wertschätzung der Lebensmittel des ökologischen Landbaus gefördert. Hinzu kommen Verarbeitungs- und Handelsunternehmen, die auch in Deutschland dazu beigetragen haben, daß sich die positive Tendenz fortsetzt. Einen negativen Einfluß hatten demgegenüber die Bauernverbände, die erst in jüngster Zeit die Marktchancen des Ökoanbaus anerkennen (HAMM UND MICHELSEN, 1999).

### **1.2.2 Konsumentenverhalten und Nachfrage nach ökologischen Lebensmitteln**

Allgemeine ökonomische Determinanten für die Nachfrage nach Lebensmitteln sind das Einkommen und die Preise. Hinzu kommen demographische Variablen wie die Bedarfsstruktur (Haushaltsgröße und -zusammensetzung, Präferenzen). Konventionelles Getreide gilt als inferiores Gut, dessen Verbrauch mit gestiegenem Einkommen über die Zeit gesunken ist (1950-1970). Im Zuge des gestiegenen Ernährungsbewußtseins in der jüngeren Vergangenheit ist der Verbrauch in der zeitlichen Entwicklung wieder etwas angestiegen (WÖHLKEN, 1991). So liegt beispielsweise der Nahrungsverbrauch von Getreide 1997/98 mit 75,2 kg pro Einwohner und Jahr um 5 kg über dem Verbrauch zu Beginn der neunziger Jahre. Der Weizenmehlverbrauch stieg ebenfalls an und liegt bei 57,8 kg pro Einwohner und Jahr (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1999). Auch der Konsum von Brot und Kleingebäck stieg und liegt 1999/2000 bei 84,4 kg pro Kopf und Jahr (BAUSCHKE, 2000).

Für Öko-Lebensmittel ist der Konsument bereit, höhere Preise zu akzeptieren. Bei einer Preissenkung ist demnach mit einer preiselastischen Reaktion zu rechnen, einerseits durch die Nachfrageausweitung der bestehenden Konsumenten und andererseits durch die Gewinnung neuer Verbraucher. Auf eine Preiserhöhung reagieren die Konsumenten preisunelastisch, da die Kunden die Qualität zu schätzen wissen und z.T. ihre Ernährungsgewohnheiten umgestellt haben (WIEGAND, 1989).



Die oben genannten ökonomischen Nachfragevariablen haben jedoch in der Vergangenheit an Einfluß verloren und auch demographische Einflußgrößen (z.B. Bevölkerungsentwicklung) haben keine größere Bedeutung auf dem ökologischen Lebensmittel-Teilmarkt (WIEGAND, 1989). Es besteht eine starke Verunsicherung der Verbraucher hinsichtlich der Lebensmittelqualität und auch der Umweltverträglichkeit der Erzeugung der Nahrungsmittel. Dieses leitet zu dem in den letzten Jahren deutlich veränderten Konsumentenverhalten über, das durch einen Wertewandel erklärt werden kann. Neben der genannten Ökologisierung (Erhaltung der Naturlandschaft), die die bisherige Kosten-Nutzen-Erwägung ablöst, kommt die Individualisierung aller Lebensbereiche durch die bewußte Verwirklichung eigener Vorlieben und Überzeugungen gerade zum Essen und Trinken hinzu. Aus diesem Grund geben 75 % der Befragten einer Studie Ernährungs- und Gesundheitsgründe als Kaufmotiv an. Als Kaufwiderstand werden allerdings noch häufig der hohe Preis, die (bisher) unklare Öko-Produktkennzeichnung und die nicht ausreichende und bequeme Verfügbarkeit der Öko-Produkte genannt. Neben Obst/Gemüse (v.a. Kartoffeln) und Eiern nehmen Brot und Brötchen einen hohen Stellenwert bei der Nachfrage nach Öko-Lebensmitteln ein (EVERS, 1996; HAMM UND MICHELSEN, 1999).

Folgende Verbrauchieranforderungen hinsichtlich der Ausweitung des Öko-Getreideabsatzes bzw. entsprechender Verarbeitungsprodukte werden angegeben: Die angebotenen Produkte sollten möglichst frisch und unverpackt sein und aus handwerklicher Herstellung kommen (Bäckereifachgeschäft mit Beratung). Gleichzeitig haben die Kriterien „Frische der Produkte“ und „Erreichbarkeit des Geschäftes“ wesentlichen Einfluß auf die Wahl des Einkaufsortes. Dementsprechend unterlegen ist, trotz geringerer Produktions- und Vermarktungskosten, der Absatzweg Lebensmitteleinzelhandel (LEH) (PIELKE, 1994). Zusätzliches Potential für eine Nachfragesteigerung wird auch über eine Produktdifferenzierung durch vermehrte Nutzung von Auszugsmehlen und die gestiegenen Verbraucherwünsche nach Convenience-Eigenschaften gesehen. Entgegen der von PIELKE (1994) genannten Einschränkung wird erwartet, daß der Absatz im LEH ausgebaut werden kann (WENDT ET AL., 1999). Hinzu kommt, daß sich seit kurzem die AGÖL und die CMA auf ein gemeinsam getragenes Warenzeichen (Öko-Prüfzeichen) geeinigt haben, um die Vermarktung aus Produzenten- und Konsumentensicht zu erleichtern (HAMM, 1999).

### **1.2.3 Versorgung und Außenhandel**

Auf dem Markt für Öko-Getreide herrscht in Deutschland ein großer Exportüberschuß, der über 20 % des Marktanteils beträgt. Unter anderem kann Deutschland v.a. in die Getreide-Importländer Skandinaviens und auch in die Niederlande, Luxemburg, Frankreich und Großbritannien exportieren (HAMM UND MICHELSEN, 2000). Von Vorteil ist hierbei die gute Transport- und Lagerfähigkeit des Getreides. Vor allem der Aufmischeffekt zur Sicherung der notwendigen Backqualität ist Auslöser der Exporte in die europäischen Nachbarländer. Nicht quantifizierbare Mengen sind damit in die Backwarenherstellung, aber auch in die Veredelungswirtschaft eingegangen. Eine herausragende

Position in Europa nehmen deutsche Spezialzubereitungen auf Getreidebasis ein. Importiert wird Öko-Getreide aus Nordamerika, Ungarn und Italien (hier nur Hartweizen) (WENDT ET AL., 1999).

#### 1.2.4 Erzeugung, Absatz und Verarbeitung

Im Januar 1998 wurden 7800 Öko-Betriebe gemeldet, von denen 6.793 zu den AGÖL-Betrieben gehören. Insgesamt werden 407.000 ha ökologisch bewirtschaftet. Das entspricht einem Anteil von 2,3 % der gesamten deutschen, landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) (RIPPIN, 1999). Nach neuesten Angaben des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten stieg die Fläche auf 452.279 ha, d.h. 2,6 % der gesamten LF (BMELF, 2000). Die AGÖL-Fläche (354.006 ha) beinhaltet ca. 50 % bzw. 175.450 ha Ackerland inkl. 89.824 ha Anbaufläche für Getreide, auf denen wiederum 21.240 ha (ca. 24 % der AGÖL-Getreidefläche) Öko-Winterweizen angebaut werden.

Der Anteil des Öko-Getreides an der Gesamtgetreideproduktion ist sehr gering (0,8 %). Öko-Winterweizen hat nur einen Anteil von 0,5 % an der Gesamtweizenproduktion. Mit einer Produktion von absolut 93.000 t liegt der Winterweizen deutlich vor den anderen Getreidearten im Ökoanbau (mit Ausnahme des in etwa gleichwertigen Roggens). Damit hat der Winterweizen einen Anteil von ca. 26 % an der Gesamtproduktion des Öko-Getreides (RIPPIN, 1999).

Absatzdaten liegen vor allem für die Gesamtheit des Öko-Getreides, jedoch kaum für die einzelnen Arten vor. Da allerdings, wie schon dargestellt, Winterweizen neben Roggen den größten Anteil der Getreideproduktion im ökologischen Anbau ausmacht, können relative Angaben über den Getreideabsatz unter Berücksichtigung dieser Bemerkung erfolgen, um Tendenzen für den Weizenabsatz aufzuzeigen.

Getreide findet weniger den direkten Weg zum Endverbraucher. Mit geschätzten 20 % geht einerseits das produzierte Öko-Getreide direkt aus der Produktion und mit weiteren 25 % aus den Erzeugergemeinschaften der größte Anteil an Mühlen bzw. die Verarbeitungsindustrie, die ihrerseits die Bäckereien, den konventionellen LEH, die Großverbraucher, den Naturkostgroßhandel und den Naturkost-Fach-LEH beliefern. Weiterhin werden geschätzte 10 % der Produktionsmenge direkt an Bäckereien und 3 % an Naturkost-Fach-LEH abgesetzt. Über diese Wege erreicht den Verbraucher das Getreide hauptsächlich als verarbeitetes Produkt. Nur geschätzte 4 % erreichen den Endverbraucher direkt aus der Produktion (WENDT ET AL., 1999). Durch das langsame, gleichmäßige Wachstums des Anbaus bestanden lange keine Absatzprobleme für Produkte aus ökologischer Produktion. Aus diesem Grund können auch 85 % des ökologisch angebauten Getreides als Öko-Produkt verkauft werden (HAMM UND MICHELSEN, 2000).

Die Verarbeitung des Öko-Getreides bzw. -Weizens erfolgt in Mühlen und Bäckereien. Beachtet werden muß allerdings auch der Teil, der z.B. für die Müsli-, Teigwaren- und Stärkeherstellung benötigt wird. WENDT ET AL. ermitteln in ihren Untersuchungen 72 Mühlen (v.a. im süddeutschen

Bereich), deren Verarbeitungsleistung meist unter 5.000 t liegt (WENDT ET AL., 2000). Diese kleinbetriebliche Struktur wird als eine Ursache für die hohen Verarbeitungskosten angesehen (LINDLOFF, 1998).

Neben den Vollkornmehlen und -schrotten werden zunehmend Auszugsmehle und Backmischungen hergestellt. Diese werden vor allem von den Öko-Bäckereien bezogen, von denen es in Deutschland ca. 670 Betriebe gibt. Während bisher Kleinbetriebe vorherrschten, zeigt sich in jüngerer Zeit eine stärkere Filialisierung, ähnlich dem konventionellen Bereich. Neben der Verringerung der Selbstvermahlung wird ein deutlicher Trend zur Verarbeitung von Mehlmischungen, von Mehlen mit geringerer Ausmahlung und von gefrosteten Teiglingen sichtbar.

Auf der Seite der Produktionsstufe, mit Landwirten als Produzenten und Bäcker als Verarbeiter, konnte gezeigt werden, daß eine Erhöhung des Absatzes von Öko-Getreide vor allem durch die kontinuierliche Belieferung der Verarbeitungsbetriebe mit großen, einheitlichen Partien erreicht werden kann. Weiterhin sollte eine garantierte Getreidequalität durch Vertragsanbau vorliegen (PIELKE, 1994), denn gerade bei wachsendem Angebot an ökologischem Getreide steigen auch die Qualitätsanforderungen der Abnehmer (PRUMMER, 1994). Dieses kann darüber hinaus dazu führen, daß den Landwirten Preisaufläge für diese Garantien gezahlt werden.

### 1.2.5 Preisbildung

Bei der Testbetriebsbuchführung (135 Betriebe, nicht hochgerechnet) des Wirtschaftsjahres 1998/99 wird ein mittlerer Weizenertrag von 36,5 dt/ha ermittelt, der ca. 40 % unter dem konventionellen Ertragsniveau liegt. Der gemittelte Weizenpreis liegt mit 54,28 DM/dt um ca. 150 % über dem mittleren Preis der konventionellen Erzeugung (BML, 2000). Es ist zu erkennen, daß der Absatz von Getreide bzw. von Weizen einen sehr großen Beitrag zum Betriebseinkommen von Öko-Betrieben liefert (HAMM, 1986). Die ZMP weist in ihren Marktberichterstattungen für Winterweizen aus Ökologischem Landbau beim Absatz an den Großhandel je nach Qualitäts-Mindestanforderungen zwei Preise aus (RIPPIN, 1999):

**Tabelle 1.1: Gegenüberstellung der Mindestanforderungen und Verkaufspreise von Weizensorten der Klasse I und II (RIPPIN, 1999)**

	Weizen I	Weizen II
Protein % i.Tr.	>11	10-11
Fallzahl sec	240-280	>220
Sedimentationswert Eh	>35	>25
Feuchtkleber %	>26	22-26
Verkaufspreis 1998 bei Absatz an den Großhandel, (Durchschnitt) lose und vorgereinigt DM/kg	0,58	0,53

(Basisfeuchte 15 %)

Für Öko-Weizen der Klasse I wird beim Absatz an den Großhandel gegenüber der Klasse II ca. 9 % mehr gezahlt (Tab. 1.1). In die Preiserhebung gehen allerdings nur indirekte Qualitätsparameter ein. Unbeachtet bleibt bei diesen Aufschlägen, daß ein höherer Klebergehalt nicht zwangsläufig zu

besseren Verarbeitungseigenschaften führt. Dieses gilt ebenfalls für den Proteingehalt. Damit werden E-Sorten zum Teil unterbewertet. Hinzu kommt die inverse Beziehung zwischen Ertrag und Qualität, die die E-Sorten weiterhin benachteiligt. Günstiger wäre deshalb ein Bewertungssystem, das auch Teigeigenschaften oder die Volumenausbeuten der Sorten berücksichtigt.

ZMP-Erhebungen weisen z.B. für B-Weizen mit mindestens 23 bis 24 % Feuchtkleber einen Preis zwischen 53 und 55 DM/dt aus. Für jedes Prozent mehr Kleber zahlen Verarbeiter ca. 1 DM/dt Aufschlag. Da im Ökobereich das Angebot an gutem Backweizen gering ist, wird für A-Weizen ein noch höherer Aufpreis gezahlt. E-Weizen mit hoher Aufmischqualität kostet wenigstens 60 bis 65 DM/dt. Weniger wird von den Herstellern von Müsliprodukten gezahlt, weil der Klebergehalt nur eine untergeordnete Rolle bei dieser Qualität spielt (43 bis 45 DM/dt). Die Preisdifferenz zwischen diesen verschiedenen Qualitäten beträgt damit im Ökoanbau 60 % und im konventionellen Anbau nur 20 % (LINDLOFF, 1998).

Ausgehend von dem genannten Preisaufschlag von 1 DM/dt für jedes Prozent Feuchtkleber wäre es vorteilhaft, dieses auf die Teigeigenschaften oder sogar auf die Volumenausbeute auszudehnen: Nach LINDLOFF (1998) beträgt die mittlere Preisdifferenz zwischen B- und E-Weizen 8,5 DM/dt. Die Differenz zwischen den Volumenausbeuten der beiden Qualitätsgruppen beträgt durchschnittlich 80 bis 100 mL (je nach Erntejahr). Daraus ergibt sich, daß für ca. 10 mL mehr Volumen ein Preisaufschlag von 1 DM/dt gezahlt wird. Dieser abgeleitete Wert scheint den besseren Sorten mit ihren Verarbeitungseigenschaften gerechter zu werden als die Bewertungsgrößen Rohprotein oder Feuchtkleber.

Exemplarisch werden diese Auswirkungen auf die Betriebserlöse, die mit einer optimierten Weizensortenwahl verbunden sein können, vorgestellt. Ausgehend von einem durchschnittlichen Haupterwerbsbetrieb des ökologischen Landbaus mit 59,46 ha LF (BML, 2000) und den Annahmen, daß 20 % (11,89 ha) dieser Fläche mit empfohlenen, qualitativ sehr guten Winterweizensorten bestellt werden und die Erträge der Sorten nicht zu unterschiedlich sind (im Mittel 38,0 dt/ha), ergeben sich Erlöse, die in der folgenden Tabelle als Differenzen zum durchschnittlichen Ausgangserlös von 24.398,28 DM bei einem Weizenpreis von ca. 54 DM/dt dargestellt werden:

**Tabelle 1.2: Exemplarische Angabe der zu erwartenden Erlösveränderung in Abhängigkeit von der Volumenausbeute und den angenommenen Preisen bei Winterweizen des ökologischen Landbaus**

Volumenausbeute mL/100 g Mehl im RMT	angenommener Preis DM/dt	Differenz zum Ausgangserlös %
600	51,-	-5,6
630	54,-	0
660	57,-	+5,6
690	60,-	+11,1
720	63,-	+16,7
750	66,-	+22,2

Es zeigt sich, daß eine Erhöhung der Volumenausbeute durch die Wahl besonders guter Sorten im ökologischen Anbau schrittweise zu einer möglichen Erlössteigerung führen kann (Tab. 1.2). Da aber bei extensiver Wirtschaftsweise seltener mit Volumenausbeuten über 700 mL zu rechnen ist, sind Erlössteigerungen, die deutlich über 10 % des Ausgangsniveaus liegen, nicht zu erwarten.

Wie schon erwähnt, scheint auf die Konsumenten in Deutschland immer noch der Preisaufschlag der Öko-Produkte gegenüber konventioneller Ware kaufhemmend zu wirken, v.a. bei Backwaren: Hier muß z.T. bis zu 100 % mehr gezahlt werden (FÖRSTER, 1995; HAMM UND MICHELSEN, 2000). Die Grenzen der Mehrzahlungsbereitschaft liegt bei verarbeiteten Produkten bei 20-30 % und bei unverarbeiteten Frischprodukten bei ca. 50 % (HAMM UND MICHELSEN, 1999). Die Vermarktung in Deutschland mit der Erfassung über viele kleine Erzeugergemeinschaften und hohe Verarbeitungskosten kleiner Betriebe lassen es allerdings nicht zu, die Endprodukte günstiger anzubieten, weshalb neben der Qualitätssteigerung des Rohstoffes Brotweizen die Vermarktung optimiert werden muß, um die Erlöse auf der Produktionsstufe zu erhöhen (HAMM UND MICHELSEN, 2000).

### **1.3 Besonderheiten der Weizen-Backqualität im Organischen Landbau**

Neben Auswirkungen auf den Ertrag wird auch die Backqualität von Weizen durch die ökologische Produktionsweise beeinflusst. In dieser Arbeit soll der Qualitätsbegriff im Sinne des Eignungs- und Gebrauchswertes (technisch-physikalische Qualität) und z.T. des Genußwertes (Sensorik) von Weizen verstanden werden, der mit der Mehl-, Teig- und Backprüfung untersucht wird. Nährwert, Gesundheitswert und ideelle Werte werden nicht berücksichtigt.

Extensiver Weizenanbau wirkt sich stark auf die Kornzusammensetzung und damit auch auf die Verarbeitungseigenschaften aus: Während die Vermahlungs- und Stärkeeigenschaften im Vergleich zu konventionellem Weizen gleich bleiben, sind Proteingehalt, -qualität und Teigausbeuten vermindert. Weiterhin verändern sich die Teigeigenschaften und es verringert sich auch die Volumenausbeute im Standard-Backversuch (Type 550) (SEIBEL, 1996). So reduzierten sich in Vergleichsversuchen zwischen 1980 und 1985 der Rohproteingehalt um 2,6 %, der Sedimentationswert um 14 Eh und die Volumenausbeute um 63 mL (BOLLING ET AL., 1986). 1998 werden in der jährlichen Beschreibung der deutschen Weizenernte erstmals „Sorten aus alternativem Anbau“ berücksichtigt und neben konventionellen Sorteneigenschaften genannt. Bei den ausgewerteten E-Weizen senkt sich durchschnittlich der Proteingehalt (absolut) um 2,5 %, der Sedimentationswert um 19 Eh und die Volumenausbeute um 74 mL gegenüber den mittleren Eigenschaften des konventionellen Weizens. Die durchschnittlichen Ausprägungen der A-Sorten senken sich beim Proteingehalt um 0,9 % und bei der Volumenausbeute um 21 mL, während der Sedimentationswert annähernd gleich bleibt. Bei der Teigelastizität wird auf die „etwas kurzen“ Teigeigenschaften der A-Sorten hingewiesen (LINDHAUER ET AL., 1998). 1999 weisen die E- und A-Sorten noch geringere Werte bei den Verarbeitungseigenschaften auf (z.B. Volumenausbeute =

630 mL, minus 86 mL gegenüber den E- und minus 37 mL gegenüber den A-Sorten). Es wird besonders auf die geringe Dehnbarkeit der Proben hingewiesen, die in Zusammenhang mit dem geringen Proteinniveau stehen soll (LINDHAUER UND MÜNZING, 1999).

Allgemein zeigen die rheologischen Veränderungen, die eher bei Extensogrammen als bei Farinogrammen sichtbar werden, daß mit sinkenden Proteingehalten neben verminderten Widerständen und Dehnbarkeiten vor allem die Extensogramm-Energie abnimmt und diese Veränderungen entsprechend zu geringeren Backvolumina führen (BRÜMMER UND SEIBEL, 1992).

Tabelle 1.3 nennt zusammenfassend die durchschnittlichen Qualitätsvorstellungen für die Verwendung von extensiv erzeugten Weizenmehlen (Type 550). Diese Daten dienen als Hilfestellung bei der Bewertung der hier aufgezeigten Versuche, da der alleinige Vergleich der Ergebnisse mit den konventionellen Sortenausprägungen der Bundessortenliste (BSL; BSA, 1997) ein verzerrtes Bild liefert und zu hohe Erwartungen bestehen könnten.

**Tabelle 1.3: Übersicht der durchschnittlichen Qualitätsvorstellungen (Weißbrot, Brötchen und Mischbrot) für Weizenmehle (Type 550) aus extensivem Anbau (BRÜMMER, 1997) und Gegenüberstellung der mittleren Ausprägungsstufe (nach BSL) im konventionellen Anbau**

Parameter	Æ Ausprägung im extensiven Anbau	mittlere Ausprägungsstufe der Qualitätsbezugsorte nach BSL (APS 5)
Proteingehalt % i.Tr.	11,0-12,0	13,0-13,3
Feuchtklebergehalt %	25-28	k.A.
Sedimentationswert Eh	25-28	33-39
Fallzahl sec	250-280	256-285
Extensogramm-Energie cm <sup>2</sup>	80-120	k.A.
Wasseraufnahme bei 500 Farinogrammeinheiten %	53,0-55,0	55,2-56,2
Backversuch RMT:		
Teigeigenschaften	normal	normal
Volumenausbeute ml/100 g Mehl	630-650	622-651

(k.A. = keine Angaben vorhanden)

Die durchschnittlichen Qualitätsvorstellungen für extensiv angebauten Weizen liegen für die meisten Parameter unter der mittleren Ausprägungsstufe (APS) der BSL (Tabelle 1.3). Nur für die Volumenausbeute wird ein fast gleiches Ergebnis angegeben (>622 mL). Die Volumenausbeute bedingt allerdings nicht mehr allein die Zuordnung einer Sorte zu einer Qualitätsgruppe, sondern es müssen auch andere qualitative Eigenschaften wie z.B. die Mehlausbeute berücksichtigt werden (BSA, 1997). Viele der unter ökologischen Bedingungen angebauten Sorten erreichen kaum das mittlere Niveau der APS und werden dementsprechend schlecht bewertet, denn bei vermindertem Proteingehalt sind noch weitere Ausprägungen verringert (s.o.) (BRÜMMER, 1997).

Zusammenfassend konnten die von der BAGKF begleiteten Versuche des ökologischen Weizenanbaus hinsichtlich des Backverhaltens zeigen, daß durch die Verminderung der

Stickstoffversorgung und der Senkung des Rohproteingehaltes sich die Qualitätskriterien veränderten. Die indirekten Qualitätsparameter verminderten sich je 1 Prozent Rohproteinverlust wie folgt (BRÜMMER, 1997):

- 2-4 % Feuchtkleber
- 3-8 Eh Sedimentationswerte
- 4-8 NIR Härte
- 20 cm<sup>2</sup> Extensogramm-Energie
- 0-3 % Wasseraufnahme
- sortenspezifische Veränderung der Teigeigenschaften
- 30-60 mL/100 g Mehl (Type 550) RMT-Volumenausbeute.

## 1.4 Charakterisierung des Weizenklebers und seiner Fraktionen

Weizenmehl besitzt eine komplexe Zusammensetzung, bestehend aus Stärke (70-80 %), Protein (8-18 %), Lipiden (~2 %), Pentosanen (~2 %), Enzymen, Enzyminhibitoren und anderen Minorbestandteilen (KHATKAR UND SCHOFIELD, 1997). Besonders bedeutsam sind die Proteine: Traditionell werden die Getreideproteine nach Osborne entsprechend ihrer charakteristischen Löslichkeit klassifiziert (HOSENEY, 1998). Die in Salzlösung löslichen Albumine und Globuline machen im Weizen (Randschichten des Kornes) einen Anteil von 9 bzw. 5 % aus. Wesentlicher sind die Fraktionen der vorwiegend monomer vorliegenden Gliadine (löslich in 70 %igem, wäßrigem Ethanol) und aggregierten Glutenine (nur teilweise unter Einsatz von Harnstoff und Natrium-dodecylsulfat (SDS) löslich) mit Anteilen von 40 bzw. 46 % des Gesamtproteins. Die beiden letzten Fraktionen sind die Hauptbestandteile des Klebers, der eine kohäsive, viskoelastische Lipoproteinmatrix darstellt (CHEFTEL ET AL., 1992). Neben den Proteinen (ca. 90 % der Trockenmasse) besteht Kleber aus Lipiden (8 %) sowie Kohlenhydraten (2 %, v.a. lösliche und unlösliche Pentosane) (BELITZ UND GROSCH, 1992).

Kleber (Gluten) wird aus Weizenmehlteigen nach Stärkeauswaschung und Kneten unter fließendem Wasser oder verdünnter Kochsalzlösung gewonnen. Während die biologische Aufgabe der Proteine in der Bereitstellung von Nährstoffen für den heranwachsenden Keimling liegt, so sind die viskoelastischen Eigenschaften, die sich der Mensch in Weizenteigen zunutze macht, eher zufällig und ohne biologische Bedeutung (SHEWRY, 1999). Innerhalb der Fraktionen der Gliadine und Glutenine können Untereinheiten über deren elektrophoretische Mobilität nach Molekulargewichten mittels SDS-PAGE (BIETZ UND WALL, 1972; BIETZ ET AL., 1973; WIESER ET AL., 1991) und über gelchromatographische Methoden mittels SE-HPLC (HUEBNER ET AL., 1990) und Aminosäuresequenzierung (WIESER ET AL., 1991) ermittelt werden. Als besonders geeignet hat sich die kombinierte Extraktion mit anschließender RP-HPLC-Analytik erwiesen. Die klare Trennung der Proteine erfolgt anhand der unterschiedlichen Hydrophobizität (WIESER ET AL., 1994). Innerhalb der Kleberproteine finden sich **hoch-, mittel- und niedermolekulare Gruppen**. Die  $\alpha$ - und  $\gamma$ -

Gliadintypen gehören zur niedermolekularen und die  $\omega$ -Gliadine zur mittelmolekularen Gruppe. Entsprechend ihrer Primärstruktur werden die Glutenine in die hochmolekularen (HMW-) und niedermolekularen (LMW-) Untereinheiten getrennt. Die niedermolekularen  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Gliadine haben zusammen mit den LMW-Gluteninen den größten Anteil an den gesamten Kleberproteinen.

Neben der heute noch verwendeten Gliadin-Glutenin-Einteilung nach Osborne aus dem Jahre 1907 setzt sich immer mehr die Einteilung nach der Anzahl der Cysteinreste innerhalb der Polypeptidketten der Fraktionen durch (SHEWRY ET AL., 1984; SHEWRY UND TATHAM, 1997). Die schwefelhaltigen Aminosäuren sind in der Lage, intramolekulare und intermolekulare (kovalente) Bindungen herzustellen. Die Abbildung 1.1 gibt einen Überblick der Fraktionen bzw. Untereinheiten des Klebers unter Angabe des Molekulargewichtes.

Kleberproteine / Gluten							
Gliadine			Glutenine				
v-Gliadin	a-Gliadin	g-Gliadin	LMW-Untereinheiten (UE) 30 - 50.000			HMW-Untereinheiten (UE) 90 - 124.000	
			B-LMW	C-LMW	D-LMW	x-HMW	y-HMW
54.000-79.000	32.000	38.000-44.000	40.000-50.000	30.000-40.000		104.000-124.000	90.000-102.000
S-arme Fraktion	S-reiche Fraktionen		S-reiche Fraktionen		S-arme Fraktion	HMW-Fraktion	
(intramolekulare S-S-Bindungen)			(intermolekulare S-S-Bindungen)				

Abbildung. 1.1: Schematische Darstellung der Klassifizierungen von Kleberproteinfraktionen im Weizen nach Molekulargewicht in Dalton (WIESER ET AL., 1991) und Schwefelgehalt (SHEWRY UND TATHAM, 1997)

Zu den **schwefelreichen** Fraktionen gehören die niedermolekularen  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Gliadine sowie die LMW-Glutenine (B- und C-Typ). Sowohl die beiden Gliadinfraktionen als auch die LMW-Glutenine besitzen acht Cysteinreste (SHEWRY UND TATHAM, 1997). Für die einzelnen Glutenin-Untereinheiten konnten vor allem von KÖHLER ET AL. (1991) Disulfidbindungen nachgewiesen werden: Sowohl HMW- als auch LMW-Untereinheiten können intra- und intermolekulare S-S-Brücken ausbilden. Zur entscheidenden intermolekularen Verknüpfung zwischen verschiedenen Polypeptidsträngen scheinen aber vor allem die Cysteinreste der mengenmäßig stark vertretenen LMW-Glutenine in der Lage zu sein. Es wird angenommen, daß die Cysteinreste in der Nähe des N-terminalen und C-terminalen Endes der Kette für die intermolekulare Formation verantwortlich sind (MASCI ET AL., 1998). **Schwefelarm** sind die  $\omega$ -Gliadine und die D-Untereinheiten der LMW-Glutenine. Die **HMW-Fraktionen** der Glutenine werden weiter unterteilt, wobei der sogenannte x-Typ (Untereinheiten 1-7) höhere Molekulargewichte gegenüber dem y-Typ (Untereinheit >7) aufweist (PAYNE ET AL., 1981). Beide HMW-Untereinheiten weisen Cysteinreste auf, jedoch sind nur die des x-Typs zur intermolekularen Verknüpfung in der Lage. Weiterhin sind in der Abbildung



1.1 diejenigen Fraktionen gekennzeichnet, die im Vergleich zu den Gluteninen nur intramolekulare S-S-Bindungen eingehen. Dabei handelt es sich ausschließlich um die Gliadinfraktionen.

Aus diesem Grunde treten die monomeren Gliadine vor allem durch nichtkovalente Bindungen in Wechselwirkungen miteinander und tragen damit zur **Viskosität** eines Teiges bei. Die **Teigelastizität** hingegen soll durch die inter- (und intra-) molekularen Disulfidbindungen der polymeren Glutenine erreicht werden (SHEWRY UND TATHAM, 1997). Daß diese Disulfidbindungen für die Teigeigenschaften und die Backqualität von Bedeutung sind, konnte praktisch durch reduzierende und oxidierende Teigzusätze (Glutathion, Cystein bzw. Kaliumbromat und -iodat) oder den Ausschluß von Sauerstoff demonstriert werden. Reduktionsmittel im Kleber führen zur Teigerweichung und Oxidationsmittel zur Teigverfestigung (FITCHETT UND FRAZIER, 1986; ANTES, 1998). Mit der Entwicklung neuer Methoden zur Charakterisierung der LMW-Glutenine gelingt es auch, die Besonderheiten dieser niedermolekularen und mengenmäßig bedeutsamsten Untereinheit hervorzuheben. Die gerichtete Bindung von <sup>35</sup>S-markiertem Glutathion an die Cysteinreste der LMW-Glutenine und der damit verbundene depolymerisierende und teigerweichende Effekt (Sulfhydryl / Disulfidaustausch) zeigt, daß vor allem die Cysteine der Untereinheit ausgewählt werden, die für eine intermolekulare Verknüpfung bereitstehen (HÜTTNER ET AL., 1997; GROSCHE UND WIESER, 1999). Weiterhin gelang es kürzlich, die freien Thiolgruppen gezielt mit dem Fluoreszenzfarbstoff DACM (Dimethylamino-4-methyl-2-oxo-3-chromenylmaleimide) zu markieren, um so deren Verteilung im Weizenmehl zu verfolgen. Auch hier zeigt sich erneut, daß die Bindung vor allem an die LMW-Fraktion der Glutenine erfolgt. Auch dieses spricht dafür, daß LMW-Untereinheiten an den Redoxreaktionen während der Teigerstellung beteiligt sein können (ANTES UND WIESER, 2000).

Diese molekularen Überlegungen bilden die Grundlage von **Klebermodellen** bzw. von Vorstellungen der Kleberproteinaggregation. WRIGLEY und BÉKÉS (1999) sehen die Kleberproteine im Teig als eine Serie von längeren (HMW) und kürzeren (LMW) Spiralen, die über Disulfidbindungen zusammenhängen. Diese Spiralstrukturen konnten in den repetitiven Aminosäuresequenzen der HMW-Glutenine beobachtet werden (SHEWRY ET AL., 1992). Die LMW-Glutenine zeigen eher zufällige Konformationen (MASCI ET AL. 1998). Derartige Feststellungen bilden die Grundlage für die elastischen Eigenschaften der Glutenine (SHEWRY ET AL., 1994). Bevorzugt wurden in der Vergangenheit allerdings Modelle linearer (Makro)Polymere (EWART, 1968, 1972, 1978, 1979). So soll über Disulfidbindungen und Kopf-Schwanz-Verknüpfungen der einzelnen Gluteninproteine eine Polymerkette gebildet werden, die letztendlich ein dreidimensionales Netzwerk ermöglichen. Verzweigungen werden auch durch nichtkovalente Wechselwirkungen (Wasserstoffbrückenbindungen) erreicht. Die niedermolekularen Gliadine sollen in den Modellen stets das Gleiten der Polypeptide erleichtern, entsprechend einem Kugellager (KHATKAR UND SCHOFIELD, 1997). In einer Zusammenfassung über die Elastizität von Kleber bezieht BELTON (1999) diese Eigenschaft allerdings allein auf die HMW-Untereinheiten, deren

elastisches Verhalten vornehmlich auf Wasserstoffbrückenbindungen zwischen ihren repetitiven Regionen beruhen sollen. Den S-S-Bindungen werden nur plastische Eigenschaften zugesprochen.

Primärer **Einflußfaktor** auf Struktur und Quantität der Kleberproteine im Weizenkorn ist die Genetik bzw. sind die unterschiedlichen Sorten. Auf die einzelnen Fraktionsmengen im Weizenkleber nehmen auch das Klima, die Pflanzenernährung sowie weitere Anbaumaßnahmen Einfluß. Während z.B. der Aussaattermin und auch die Düngung kontrolliert werden kann, sind Temperaturen und Niederschlag kaum zu steuern. Alle Faktoren müssen aber charakterisiert werden, um ihre Auswirkungen auf die Getreidequalität zu verstehen.

Als wichtigster Umweltfaktor ist der **Temperatureinfluß** während der Einlagerung ins Korn zu nennen. Temperaturen bis 30 °C während der Einlagerungsphase sollen zu kurzen Teigen und Temperaturen über 30 °C zu weichen Teigen führen. Ferner konnte der positive Effekt von Temperaturen zwischen 9 und 21 °C aufgezeigt werden: Dabei soll dieser Temperaturbereich in Beziehung mit dem steigenden Anteil des gesamten polymeren Proteins stehen, der dem Glutenin entspricht (LAFIANDRA ET AL., 1999).

Weiterhin deutlich sind die Ergebnisse des **Schwefeleinflusses**. Ein Schwefelmangel führt zu einer verstärkten Synthese von schwefelarmen Proteinfractionen und HMW-Gluteninen auf Kosten der schwefelreichen Proteingruppen (WRIGLEY ET AL., 1984). Das Verhältnis zwischen LMW und HMW sinkt bei einem verstärkten Vorkommen polymerer Proteine, so daß im Teig der Dehnwiderstand steigt, die Dehnbarkeit aber in Ermangelung von LMW-Glutenin und einiger Gliadine sinkt (ZHAO ET AL., 1999<sup>1</sup>; ZHAO ET AL., 1999<sup>2</sup>). Weiterhin konnte gezeigt werden, daß mit steigender Schwefelversorgung die Volumenausbeute als direkter Nachweis der Backqualität linear ansteigt (SCHNUG ET AL., 1993). Dieses wird mit entsprechend ansteigenden LMW- und abfallenden HMW-Gehalten begründet, wodurch der Dehnwiderstand der Teige sinkt und die Dehnbarkeit steigt. Aus diesen Versuchen wird abgeleitet, daß die Schwefelgehalte gegenüber den N-Gehalten im Korn noch deutlichere Korrelation aufweisen (ZHAO ET AL., 1999<sup>3</sup>).

Es bleibt allerdings unwahrscheinlich, daß diese Mangelauswirkungen für Öko-Weizen in Frage kommen, sofern dieser keine ausreichende N-Versorgung erhält. Nur bei ausreichendem N-Angebot wird auch Schwefel zum limitierenden Faktor der Backqualität (ZHAO ET AL., 1999<sup>2</sup>).

Die **N-Düngung** wirkt sich direkt auf den Proteingehalt aus und verbessert damit auch die Backqualität. Dabei sind die Erklärungsmöglichkeiten anhand von Kleberproteinen allerdings widersprüchlich. Während in den Düngungsversuchen von WIESER und SEILMEIER (1998) die Gliadinmenge stark ansteigt, ist der N-Effekt auf die Glutenine weniger deutlich. Dementsprechend steigt auch das Gliadin/Glutenin-Verhältnis. Ebenso steigen die Gehalte der  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Gliadine sowie der LMW-Glutenine stärker an als die der  $\omega$ -Gliadine und HMW-Glutenine. Das LMW/HMW-Verhältnis sinkt allerdings, da der relative Anstieg bei den HMW-Gluteninen höher ist.

Demgegenüber zeigen die Ergebnisse von PECHANÉK ET AL. (1997), daß das Gliadin/Glutenin-Verhältnis mit steigender Düngung keine klare Tendenz erkennen läßt, der Quotient LMW/HMW aber auch mit steigender Düngung sinkt.

## 1.5 Übersicht bisheriger Ergebnisse analytischer Kleberfraktionsdaten mit Bezug auf die Weizen-Backqualität

Zusammenhänge zwischen spezifischen Kleberproteinfraktionen und der Backqualität werden schon seit Jahrzehnten beobachtet. Die deutlichsten Beziehungen sollen zwischen den **HMW-Untereinheiten** und den teigrheologischen Parametern bestehen. Hierfür liegen die meisten Ergebnisse vor, allen voran von der Arbeitsgruppe um Wieser, die mit den entwickelten Mikrozugversuchen die hochmolekularen Glutenine als die entscheidende Komponente charakterisieren (Tabelle 1.4) (KIEFFER UND WIESER, 1996). Innerhalb der HMW-Untereinheiten dominiert die Bedeutung der **x-Typen** mit Koeffizienten über 0,8 (WIESER UND ZIMMERMANN, 2000). Ebenfalls scheint das Verhältnis der monomeren Gliadine zu den aggregierten Glutenin-Untereinheiten für den Dehnwiderstand bedeutsam, wobei die HMW-Glutenine einen deutlicheren Zusammenhang als die LMW-Untereinheiten zeigen. In den Versuchen von KIEFFER UND WIESER (1996) fällt allerdings auf, daß die Volumenausbeute (Mikro-RMT) weniger mit einzelnen Proteinfraktionen korreliert und die Gesamtmenge der Kleberproteine einen stärkeren Einfluß hat.

**Tabelle 1.4:** Übersicht der Versuche zur Kennzeichnung der Beziehungen (Korrelationskoeffizienten  $r$ ) zwischen einzelnen Kleberproteinfraktionen (basierend auf RP-HPLC-Ergebnissen) und ausgewählten Qualitätsparametern

Parameter	Prot	Glia	Glut	HMW	x-Typ	y-Typ	LMW	Glia/ Glut	LMW/ HMW
Referenz									
<b>Sedimentation</b>									
PECHANÉK ET AL., 1997		0,84	0,83	0,76	0,85	0,64	0,76	0,13	-0,41
WIESER, ZIMMERMANN, 2000				0,71	0,80	-0,19			
<b>Extenso-Energie</b>									
WIESER, ZIMMERMANN, 2000				0,82	0,87	-0,07			
<b>Dehnwiderstand</b>									
ANDREWS, SKERRITT, 1996	-0,40		0,25	0,18			0,26		
	-0,26		0,77	0,66			0,72		
KIEFFER, WIESER, 1996		<0,59	0,89	0,85			0,88	-0,80	
<b>Dehnbarkeit</b>									
ANDREWS, SKERRITT, 1996	0,33		0,55	0,29			0,61		
	0,31		0,72	0,55			0,73		
KIEFFER, WIESER, 1996		<0,59	<0,59	<0,59				0,74	
<b>Volumenausbeute</b>									
KIEFFER, WIESER, 1996		0,65	<0,59	<0,59			0,61		
PECHANÉK ET AL., 1997		0,56	0,38	0,48	0,97	0,84	0,24	0,31	-0,50
WIESER, ZIMMERMANN, 2000				0,80	0,82	0,05			

PECHANEK ET AL. (1997) konnten diese Beobachtung bestätigen und weiterhin die Bedeutung der **LMW-Glutene** für das Quellvolumen, d.h. die Qualität des Klebers hervorheben ( $r = 0,76$ ). ANDREWS UND SKERRITT (1996) weisen demgegenüber darauf hin, daß für zwei unterschiedliche Standorte die Zusammenhänge der Glutenin-Untereinheiten mit dem Widerstand nicht eindeutig ausfallen. Bestätigt wird aber erneut die im Vergleich zu den HMW-Untereinheiten deutliche Beziehung der LMW-Glutene zur Dehnbarkeit ( $r = 0,61$  bzw.  $0,73$ ).

Wenige Ergebnisse liegen hinsichtlich der Korrelationen zwischen Kleberfraktionen und der Extensogramm-Energie vor.

Innerhalb der Glutenin-Untereinheiten sollen Sorten mit der Untereinheitenkombination **5+10** positive Teigeigenschaften gegenüber Sorten mit dem Muster **2+12** besitzen. Obwohl diese Befunde von PAYNE ET AL. (1981) von vielen Autoren bestätigt werden konnten (u.a. CAMPBELL ET AL., 1987; MANLEY ET AL., 1992; GUPTA UND MACRITCHIE, 1994), gibt es Hinweise, die Zweifel an dieser qualitativen Unterscheidung aufkommen lassen (NG UND BUSHUK, 1988; SINGH ET AL., 1990; WEEGELS ET AL., 1996; KASARDA, 1999).

## 1.6 Problemstellungen

In Ermangelung systematischer Feldversuche des ökologischen Anbaus nutzen die Landwirte bei der Wahl von winterharten Brotweizensorten bisher die Angaben der BSL, die die Ergebnisse dreijähriger Wertprüfungen von Winterweizensorten aufführt. Allerdings liegen diesen qualitativen Ergebnissen Sortenversuche mit standardisierten, konventionellen Anbaubedingungen (synthetische Pflanzenschutzmittel und Dünger) zugrunde (BSA, 1997), die kaum mit den Anbaubedingungen des Organischen Landbaus vergleichbar sind. Vor allem die geringere N-Versorgung der extensiven Wirtschaftsweise spiegelt sich in den reduzierten Proteingehalten des Weizens wider. Auch die Verarbeitungseigenschaften werden davon beeinflusst. Erst seit Mitte der neunziger Jahre wird versucht, die Ergebnisse der über verschiedene Bundesländer verteilten Winterweizensortenversuche des organischen Anbaus zusammenzuführen und gemeinsam auszuwerten. Allerdings liegen nur aus wenigen Versuchen Backergebnisse mit Auszugsmehlen vor (LEISEN, 1999), die die sortentypischen Ausprägungen durch die bessere Gashaltung von Mehlen mit geringerem Ausmahlungsgrad deutlicher aufzeigen (SEIBEL, 1996).

In gleicher Weise stammen die meisten Daten der (korrelativen) Zusammenhänge zwischen Kleberproteinen und Verarbeitungseigenschaften der Teige von Versuchen an konventionell angebautem Getreide. Die Höhe der Proteingehalte sowie die Teig- und Backeigenschaften der Sorten entsprechen dort meist den erwarteten (typischen) Ausprägungen. Eindeutig positive Effekte auf die Viskoelastizität werden, wie schon erwähnt, vor allem für die hochmolekularen Glutene beschrieben (KHATKAR UND SCHOFIELD, 1997). Allerdings liegen für Weizensorten aus dem Organischen Landbau mit deutlich geringeren Proteingehalten derartige Daten kaum vor, vor allem

nicht für die systematische Gegenüberstellung der Kleberfraktionsgehalte und der gesamten Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung.

Anwendung finden schnelle Analysenmethoden in der Weizenzüchtung zur Qualitätsevaluierung neuer Sorten anhand von Kleberproteinen vor allem, wenn noch nicht genügend Probenmaterial zum Testen der Verarbeitungseigenschaften vorliegt (KILLERMANN ET AL., 1998). Damit auf dem wachsenden Markt für Öko-Weizen diese Methoden ebenfalls für entsprechende Züchtungen genutzt werden können, sind vorab erarbeitete Zusammenhänge notwendig, die es erlauben, (tendenzielle) Rückschlüsse von quantitativen Kleberfraktionsgehalten auf die möglichen Eigenschaften (v.a. hinsichtlich des Teiges und Backvolumens) zuzulassen.

Auch wenn hinsichtlich des molekularen Kleberaufbaus und der Wirkungsmechanismen zwischen den Fraktionen diverse Hypothesen vorliegen, besteht z.T. noch Uneinigkeit über die beteiligten Kräfte. Dieses liegt auch an dem Mangel an zerstörungsfreien, direkten Nachweismöglichkeiten der entscheidenden Bindungen. Deshalb bedarf es neuer, schneller Techniken, die einen besseren Einblick in das Zusammenwirken der einzelner Fraktionen bzw. in die Bindungskräfte liefern.

## 1.7 Zielsetzungen

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, mittels qualitätsbestimmender Kleberfraktionsdaten diejenigen Weizensorten aus einem umfangreichen Kollektiv zu identifizieren und für den Anbau zu empfehlen, die geeignete Voraussetzung im Organischen Landbau zum Erzielen einer guten Backqualität ermöglichen.

Auf der Basis von RP-HPLC-Ergebnissen soll zunächst versucht werden, die Trennung wichtiger, niedermolekularer Gluteninuntereinheiten zu optimieren, die bisher chromatographisch nicht näher erfaßt werden können. Gleichzeitig sollen die Gluteninuntereinheiten auf molekularer Ebene näher untersucht werden. Hierfür soll unter Anwendung der Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (XANES) der Oxidationszustand des Schwefels v.a. in der LMW-Gluteninfraktion charakterisiert werden, um weitere Kenntnisse über Wirkungsmechanismen im Kleber zu erlangen.

Durch das anschließende Zusammenführen der chromatographischen Kleberfraktionsdaten mit Ergebnissen der Mehl-, Teig- und Backprüfung wird kontrolliert, ob und inwieweit Beziehungen zwischen einzelnen Fraktionen, Summenparametern oder Mengenverhältnissen und der Backqualität von Auszugsmehlen (Type 550) auch für das hier vorgestellte, qualitativ heterogene Weizensortenkollektiv aus Organischem Landbau gelten.

Aus diesen Ergebnissen heraus sollen mit dem Einsatz der HPLC in der Kleberanalytik Mindestgehalte an Kleberfraktionen ermittelt werden, die noch hinreichende Backqualitäten im Sinne des Organischen Landbaus bieten.

Mittels der multivariaten Datenauswertung sollen die Einflüsse der verschiedenen Versuchsfaktoren auf die für die Backqualität entscheidenden Kleberproteinfraktionen charakterisiert werden. Absicht dieser Auswertung ist es, durch Einsatz multipler Vergleiche Qualitätsreihungen von sich unterscheidenden Sorten zu ermitteln. Gleichzeitig wird eine Reihung der Sorten anhand der Daten aus der Mehl-, Teig- und Backprüfung erarbeitet und mit den Sortenreihungen aus den Kleberfraktionen verglichen.

Zusätzlich sollen Regressionsmodelle bzw. Schätzformeln entwickelt und geprüft werden, die es erlauben, mit den wichtigsten Kleberdaten das Backvolumen als den wichtigsten Parameter zur Kontrolle der Backeigenschaft vorherzusagen. Dieses soll es ermöglichen, eine im Vergleich zur Mehl-, Teig- und Backprüfung schnelle und kostengünstige Qualitätsbestimmung durchzuführen. Die errechneten Formeln sollen allgemeingültig sein und dabei noch eine möglichst hohe Genauigkeit der Vorhersage zulassen.

Damit sollen Voraussetzungen geschaffen werden, über die chromatographische Qualitätsbestimmung Bewertungen und gezielte Empfehlungen für die besonders im Organischen Landbau geeigneten Sorten auszusprechen, die sich für die Produzenten auch monetär auswirken sollen.

## 2 Material und Methoden (Experimenteller Teil)

### 2.1 Probenmaterial

Die Feldversuche wurden als Blockanlagen mit vier Wiederholungen und mit einer Parzellengröße von 15 m<sup>2</sup> je Sorte angelegt (siehe Kapitel 2.1.3). Unter Annahme eines durchschnittlichen Ökoweizenertrages von ca. 40 dt/ha (AGÖL-Betriebe 1997/1998) (RIPPIN 1999) gelingt es mit diesem Versuchsaufbau nicht, die für die Mehl-, Teig- und Backprüfung notwendige Menge von 8 kg gereinigtem Weizen je Parzelle bereitzustellen. Daher wurden seit 1995 (WIRRIES 1998) die jeweiligen Wiederholungen zu einer sortenreinen Mischprobe vereinigt.

Durch die z.T. jährlich wechselnden Sorten liegen zusätzlich nur eingeschränkt ausreichende Wiederholungskollektive vor, die eine statistische Vergleichbarkeit nur bedingt ermöglichen (u.a. Problem der ungleichen Häufigkeitsverteilungen). Aus den genannten Gründen ist eine Auswertung im Sinne der Versuchsplanung („Anlage in Blöcken“) nicht möglich.

Dennoch werden unter Verzicht der Charakterisierung von Wechselwirkungen die Weizensorten rangvarianzanalytisch differenziert. Als Wiederholungen werden die jeweiligen Versuche verwendet, die gleiche Bedingungen für die Sorten bieten. Mit der gleichen Analyse werden zusätzlich die Jahres- und Standorteffekte gekennzeichnet. Für die Korrelationsanalyse werden demgegenüber alle untersuchten Proben genutzt, jedoch werden auch hier die genannten Effekte berücksichtigt.

#### 2.1.1 Weizensorten der Erntekollektive 1997 bis 1999 im Vergleich zu 1995 und 1996

In den Jahren 1995 bis 1999 werden insgesamt 163 Weizenproben aus dem organischen Anbau untersucht, die aus Feldversuchen von drei Standorten des Instituts für Organischen Landbau stammen. Darunter befinden sich 24 Sorten aus den Qualitätsgruppen E, A, B und C sowie vier Sortenmischungen. Die Sorten der Ernten 1995 und 1996 mit jeweils 22 bzw. 21 Proben wurden von WIRRIES (1998) untersucht. 1997 steigt die Anzahl der Weizenproben auf 59, 1998 auf 41 Proben und 1999 liegt die Anzahl bei 20 Proben pro Jahr. Die Tabelle 2.1 gibt einen detaillierten Überblick der Häufigkeit der verschiedenen Sorten bzw. Qualitäten.

Deutlich wird, daß im Gesamtkollektiv vor allem die Sorten Ambras, Astron, Batis und Pegassos überwiegen (jeweils ca. 8 - 10 % des Kollektivs). Diese A-Sorten werden in fast jedem Erntejahr und auf den meisten Standorten angebaut. Weiterhin sind die E-Weizen Carolus und Rektor mit ca. 6 % vertreten. Die anderen Sorten sind nur in einem oder zwei Jahren präsent bzw. nur in wenigen Versuchen enthalten. Die Sorten der Qualitätsgruppe B stammen fast ausschließlich aus den Jahren 1997 bis 1999.

Die Einteilung der Sorten nach Qualitätsgruppen weist auf die Dominanz der A-Sorten im Gesamtkollektiv hin: 58,9 % aller Proben (n = 96) entstammen der Gruppe der Qualitätsweizen. Die

zweitgrößte Gruppe ist die der Eliteweizen (E) mit 22,7 %, (n = 37) gefolgt von den Brotweizensorten (B) mit insgesamt 12,9 %. Die Gruppe der sonstigen Weizen (C) ist allein durch die Sorte Apollo vertreten (1,2 %). Hinzu kommen die Mischproben durch Kombination zweier Sorten gleicher bzw. verschiedener Qualität.

**Tabelle 2.1: Qualitative und quantitative Übersicht der untersuchten Weizensorten des gesamten Kollektivs der Erntejahre 1995 bis 1999 (alphabetisch geordnet)**

Sorte	Qualitätsgruppe	Loci der HMW-Untereinheiten			Anteil im Kollektiv		Erntejahr 19-				
		A	B	D	n	%	95	96	97	98	99
Ambras	A	1	7+9	5+10	18	11,0	x	x	x	x	x
Apollo	C		6+8	2+12	2	1,2			x	x	
Aristos	A	1	7+9	5+10	5	3,1				x	x
Aron	E		7+9	5+10	6	3,7			x		x
Astron	A	1	7+9	5+10	14	8,6	x	x	x	x	x
Batis	A	1	7+9	5+10	20	12,3	x	x	x	x	x
Borenos	E		7+9	2+12	1	0,6			x		
Bussard	E	1	7+9	5+10	5	3,1	x			x	x
Carolus	E	1	7	2+12	10	6,1			x	x	x
Glockner	E		7+9	5+10	1	0,6		x			
Greif	B		7	2+12	4	2,5	x		x		
Lavett	E	1	14+15	5+10	1	0,6					x
Mikon	B	1	7+9	5+10	4	2,5		x	x		
Moldau	A		6+8	5+10	1	0,6			x		
Pegassos	A	1	7+9	5+10	13	8,0	x	x	x		x
Petrus	A		7+9	2+12	4	2,5			x	x	x
Piko	B	1	6+8	2+12	7	4,3			x	x	
Rektor	E		7+9	5+10	9	5,5	x	x			
Tambor	A		7+9	5+10	8	4,9			x	x	x
Tarso	A		7+9	5+10	1	0,6		x			
Toronto	A		7+9	5+10	4	2,5		x	x		
Winni	B	1	7+9	5+10	5	3,1				x	x
Xanthos	A	1	6+8	5+10	9	5,5		x	x	x	x
Zentos	E		7+9	5+10	4	2,5	x	x			x
Pegassos-Lavett	A+E	1	7+9; 14+15	5+10	1	0,6					x
Piko-Toronto	B+A	1	6+8; 7+9	2+12; 5+10	2	1,2			x		
Toronto-Mikon	A+B	1	7+9	5+10	2	1,2			x		
Xanthos-Pegassos	A+A	1	6+8; 7+9	5+10	2	1,2			x		
Gesamt					163	100	22	21	59	41	20

Im Gegensatz zu den Jahren 1995 und 1996 werden 1997 bis 1999 Sorten aus allen Qualitätsgruppen untersucht. Dieses führt dazu, daß sich auch die genetische Vielfalt der möglichen Loci des HMW-Musters vergrößert. Die Abbildung 2.1 veranschaulicht nochmals die Veränderung der prozentualen Aufteilung der verschiedenen Muster in den Proben der untersuchten Erntejahre.

Während es sich in den Jahren 1995 und 1996 um Sorten mit den Mustern 1, 7+9, 5+10 und 7+9, 5+10 sowie 7, 2+12 und 1, 6+8, 5+10 handelt, kommen 1997 bis 1999 verstärkt andere HMW-Untereinheiten hinzu. Daraus resultiert, daß vor allem 1997 und 1998 30 bzw. 20 % der untersuchten Proben die Untereinheiten 2+12 aufweisen. Schwerpunkt der Untersuchungen bleiben



aber weiterhin Sorten mit dem Muster 1, 7+9, 5+10 und 7+9, 5+10. Ab 1997 kommt verstärkt das Muster 1, 7, 2+12 hinzu (Carolus). Erst durch die stärkere Integration von Sorten mit den Untereinheiten 2+12 in das Gesamtkollektiv wird der qualitative Vergleich mit Sorten des Musters 5+10 ermöglicht. Gleichzeitig wird auch das Spektrum von sich in der Backqualität unterscheidenden Sorten vergrößert.

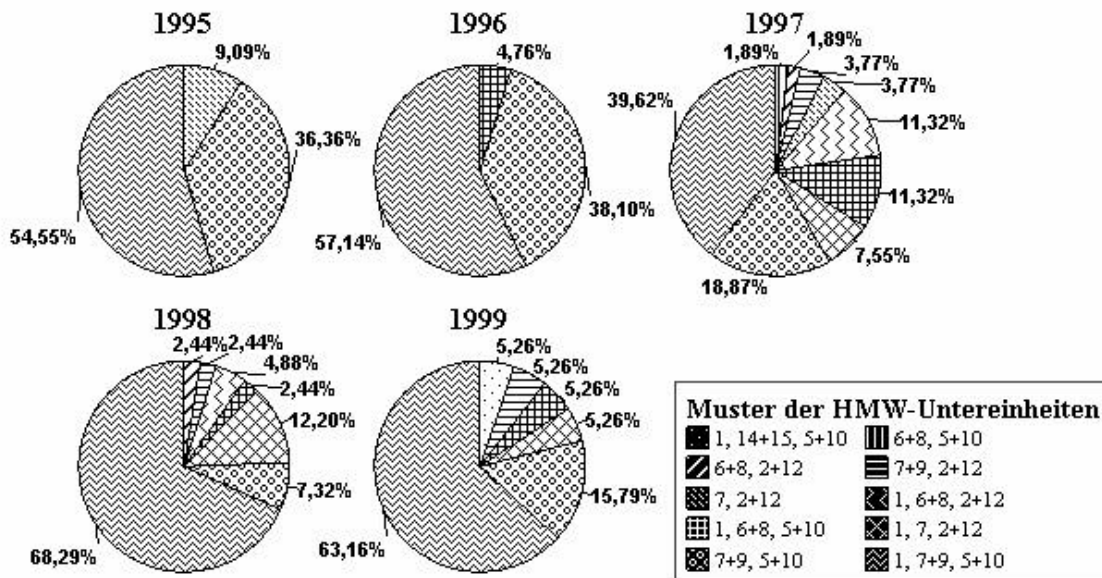


Abbildung 2.1: Anteile der verschiedenen HMW-Untereinheitenmuster in den untersuchten Weizenproben der Ernten 1995 bis 1999

### 2.1.2 Beschreibung der Standorte Wiesengut, Velbert und Blankenheim

Es handelt sich bei den drei Anbauflächen um sehr verschiedene Standorte (Tab. 2.2). Das Wiesengut, Versuchsgut für den Organischen Landbau der Universität Bonn, bietet gute Voraussetzungen hinsichtlich Niederschlag, Temperatur und Bodenart. Velbert (VE) und Blankenheim (BL) hingegen stellen durch ihre Höhe, Temperaturen und Niederschläge Extremstandorte dar.

Tabelle 2.2: Übersicht der Versuchsstandorte

Standort	m Höhe (über NN)	mm Niederschlag Jahres- durchschnitt	°C Temperatur Jahres- durchschnitt	Bodenart und Ackerzahl
Wiesengut (WG) Hennef	65	700-750	9,5	schluffiger Lehm, 60-65
Velbert (VE) Bergisches Land	240	1200	9,3	toniger Lehm, 50
Blankenheim (BL) Eifel	500	860	7,3	sandiger Lehm, 42

### 2.1.3 Kennzeichnung der Feldversuche

Die Versuche werden an den Standorten als ein- oder zweifaktorielle Blockanlagen vom Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn geplant und angelegt. Je Sorte werden vier Wiederholungen auf 15 m<sup>2</sup> ausgesät. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf den in allen Jahren durchgeführten *Sortenversuchen* (nur 1998 ohne und mit Jauche-Spätdüngung [45 kg N/ha]). Hinzu kommen einzelne Versuche mit *Sortenmischungen* (1997; ohne und mit Düngung [0 und 240 kg N/ha] zur Vorfrucht Kartoffel), sortenbedingten *Unkrautkonkurrenzen* (1997 und 1998 ohne und mit Düngung), sortenbedingten *Wickenkonkurrenzen* (1997 ohne und mit Jauche-Spätdüngung [0 und 80 kg N/ha]) und Prüfungen auf *Stickstoffeffizienzen* (auf flach-, mittel- und tiefgründigen Böden).

### 2.1.4 Reinigung, Probennahme und Vermahlung des Weizens zum Typenmehl 550

Nach der Ernte der einzelnen Parzellen werden die Proben in Baumwollsäcke gefüllt und in einer (Kisten-)Satz Trocknung auf eine Kornfeuchte unter 15 % getrocknet. Eine erste Reinigung erfolgt auf dem Versuchsgut mittels eines Laborreinigers Mini-Petkus (Fa. Röber, Minden) (Steigsichter + Siebwerk (2 mm) + Trieur). Anschließend erfolgt die Probennahme aus den vier sortenreinen Feldwiederholungen. 2 kg Weizen werden von jeder Wiederholung abgewogen und zu einer Probe vereinigt, so daß letztendlich eine Mischprobe mit insgesamt 8 kg resultiert.

Am Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGKF) in Detmold erfolgt eine zweite, umfangreichere Reinigung mittels Dockage-Tester (Fa. Carter, Ma., USA) nach Kornform und -größe und mittels Laborreiniger (s.o.). Damit wird gewährleistet, daß nur voll entwickelte Körner vermahlen werden. Die gereinigten Proben werden entsprechend ihrer Kornhärte und Ausgangsfeuchte (PerCon Inframatik 8620, Fa. Perten, Huddinge, Schweden) mit Wasser konditioniert und auf einem Bühler-Mahlautomaten MLU-202 vermahlen. Der Mineralstoffgehalt im Typenmehl 550 muß zwischen 0,53 und 0,57 % i.Tr. liegen. Erreicht das Gesamtmehl diesen Wert noch nicht, so ist es notwendig, das Mehl mittels Schleudermehl (aus der Grießkleie und Kleie) einzustellen. Abschließend liegt ein Mehl der Type 550 vor. Davon verbleibt der größte Teil in der BAGKF zur Mehl-, Teig- und Backprüfung. 1 kg Mehl wird für die Kleberanalytik sowie Protein- und Trockenmassebestimmung am Institut für Lebensmittelwissenschaften und Lebensmittelchemie (Bonn) abgefüllt.

## 2.2 RP-HPLC-Analytik der Kleberfraktionen

### 2.2.1 Probenvorbereitung, Herstellung der Prüflösungen, Probenfraktionierung

Die hier angewendeten Methoden zur Bestimmung der Kleberfraktionen entsprechen denen von SEILMEIER ET AL (1991) und WIESER ET AL (1994) entwickelten Extraktionen nach

Löslichkeit der Proteine mit anschließender RP-HPLC auf einer C<sub>8</sub>-Phase. Die Methoden wurden von WIRRIES (1998) übernommen, hier etabliert und für die Untersuchungen der anschließenden Ernten weitergeführt.

Das Typenmehl 550 wird im ersten Schritt der Vorbereitung durch Suspendieren in Petrolether entfettet. Gleichzeitig wird der Stickstoffgehalt bzw. Rohproteingehalt ( $N \times 5,7$ ) mittels Kjeldahl-Methode und der Trockenmassegehalt bei 130°C im Trockenschrank bestimmt. Alle weiteren Schritte werden mit entfettetem Mehl durchgeführt.

Im folgenden wird die Probenvorbereitung in verkürzter Form skizziert. Die detaillierte Arbeitsvorschrift zur Aufarbeitung der Proben und Herstellung der Prüflösungen stehen bei WIRRIES (1998).

Die Herstellung der Prüflösungen erfolgt über eine dreistufige Extraktion. Tabelle 2.3 nennt die drei verwendeten Lösungsmittel. Ausgehend von 200 mg entfettetem Mehl werden die dreifach mit Extraktionslösung I extrahierten Albumine und Globuline in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet und verworfen (2,0 mL, 2,0 mL, 1 mL je 15 min rühren und 15 min zentrifugieren, 2800 × g). Die Gliadine werden nach dreimaliger Extraktion mit wäßrigem (60 %) Ethanol (Extraktionslösung II) (2,0 mL, 2,0 mL, 1 mL je 15 min rühren und 15 min zentrifugieren, 2800 × g) als Überstand in einen 5 mL Meßkolben überführt, aufgefüllt („Prüflösung“), anschließend membranfiltriert und injiziert.

Die Glutenine werden dreimal mit der Extraktionslösung III versetzt (2,5 mL, 1,5 mL, 1 mL) und unter Stickstoffatmosphäre und jeweils bei 60 °C für 60 min gerührt. Nach 25-minütigem Zentrifugieren (2800 × g) werden alle Überstände in einen 5 mL Meßkolben überführt („Prüflösung“), membranfiltriert und injiziert. Das Schema der Aufarbeitung wird in der ersten Abbildung des Anhangs I skizziert.

**Tabelle 2.3:      Verwendete Extraktionslösungen (nach WIRRIES 1998)**

Extraktionslösung	Extrakt	Zusammensetzung
I	Albumine und Globuline	0,4 mol/L Natriumchlorid 0,069 mol/L Kaliumdihydrogenphosphat 0,115 mol/L Dinatriumhydrogenphosphat-dihydrat auf pH 7,6 einstellen
II	Gliadin	60 % (v/v) Ethanol
III	Glutenin	2 mol/L Harnstoff 50 % (v/v) 1-Propanol 0,5 % (w/v) DTE mit Tris-HCl auffüllen

Tris-HCl: 0,01 mol/L Tris-(hydroxymethyl)-aminomethan, pH 7,5 mit Salzsäure einstellen

Die zweite Abbildung des Anhangs I veranschaulicht schematisch die Aufarbeitung der HMW-Untereinheiten. Gegenüber den Bedingungen der Gliadin- und Gluteninextraktion werden hier 500 mg entfettetes Mehl eingewogen und Albumine, Globuline und Gliadine durch dreimalige Extraktion mittels wäßrigem Ethanol gemeinsam entfernt (3,0 mL, 3,0 mL, 3,0 mL je 15 min rühren und 15 min zentrifugieren, 2800 × g). Anschließend werden die Glutenine zweimal aus dem Sediment mit

Extraktionslösung III extrahiert (2,0 mL, 2,0 mL), zentrifugiert (25 min, 2800 × g), in ein Gefäß pipettiert, aber nicht mehr aufgefüllt. Auch diese „Prüflösung“ wird membranfiltriert und dann injiziert.

### 2.2.2 Bedingungen der RP-HPLC für die Gliadine, Glutenine und HMW-Glutenin-Untereinheiten aus den Jahren 1997 bis 1999

Die angewendeten chromatographischen Bedingungen zur Bestimmung der Gliadine, Glutenine und HMW-Glutenin-Untereinheiten sind in Tabelle 2.4 aufgeführt. Im Unterschied zu den erstgenannten Fraktionen werden bei den HMW-Untereinheiten deutlich komplexer zusammengesetzte Eluenten und längere Laufzeiten benötigt.

**Tabelle 2.4: Übersicht der chromatographischen Bedingungen für die Trennung der Kleberfraktionen Gliadin, Glutenin und der HMW-Glutenin-Untereinheiten (nach WIRRIES 1998)**

	Gliadine und Glutenine			HMW-Glutenin-Untereinheiten		
Säule	Nucleosil RP <sub>8</sub> 300-5 250 × 4,6 mm			Nucleosil RP <sub>8</sub> 300-5 250 × 4,6 mm		
Eluent A	99,9 % (v/v) Wasser bidest			6,0 mol/L Harnstoff		
	0,1 % (v/v) TFA			1,0 % (v/v) TFA		
Eluent B				0,02 % (v/v) DTE		
				20 % (v/v) Acetonitril		
	99,9 % (v/v) Acetonitril			5,5 mol/L Harnstoff		
	0,1 % (v/v) TFA			1,0 % (v/v) TFA		
Gradient, linear, 1 mL/min	0 min	22 %	Eluent B	0 min	27,5 %	Eluent B
	55 min	56 %	Eluent B	52 min	32,5 %	Eluent B
	60 min	80 %	Eluent B	57 min	37,0 %	Eluent B
				62min	40 %	Eluent B
				70min	40 %	Eluent B
				83min	100 %	Eluent B
Injektionsvolumen	80 µL Prüflösung (Gliadin)			200 µL Prüflösung		
	150 µL Prüflösung (Glutenin)					
Temperatur	50 °C			50 °C		
UV-Detektion	210 nm			223 nm		

Die Auswertung der integrierten „area“-Werte aus den Chromatogrammen erfolgt über die Formel

$$\text{Gehalt [FE/ mg Mehl]} = \frac{\text{Fläche} \times \text{Prüflösungsvolumen} \times (100 - \text{Fettgehalt})}{\text{Einwaage} \times \text{Injektionsvolumen} \times (100 - \text{Wassergehalt})}$$

Damit werden die Gehalte an Gliadinen und Gluteninen als Flächeneinheiten (FE) pro mg Mehl berechnet. Diese Werte stellen die Grundlage der weiteren Datenanalyse dar. Die Ergebnisse werden in 10<sup>7</sup> Einheiten angegeben. In der weiteren Auswertung wird eine zweckmäßigere Darstellung angestrebt und deshalb auf die Angabe der Potenzierung verzichtet.

Die integrierten „area“-Werte der einzelnen HMW-Untereinheiten werden als relativer Anteil an der Gesamtfläche der HMW-Glutene bestimmt.

### 2.2.3 Methodenabsicherung und Versuche zur Trennoptimierung der LMW-Gluteninfraktionen

Die im Vergleich zu WIRRIES (1998) neu ins Untersuchungskollektiv aufgenommenen Sorten (1997-1999) werden in Tabelle 2.1 vorgestellt. Im Anhang dieser Arbeit befinden sich die entsprechenden Chromatogramme der Sorten, die vor allem aufgrund ihrer HMW-Glutenin-Untereinheiten auffallen (HMW 2+12) (Anhang II).

Zur Bestimmung des Zufallsfehlers des verwendeten Analysenverfahrens und damit zur Absicherung der HPLC-Methode werden in Tabelle 2.5 die errechneten Variationskoeffizienten dargestellt. Hierfür wurde der Variationskoeffizient der Mehrfachbestimmung einer jeden Probe ermittelt und über die resultierenden Ergebnisse anschließend gemittelt. Diese Werte beinhalten den Fehler, der sowohl aus der Herstellung der Prüflösung (Extraktion) als auch aus der RP-HPLC resultiert.

**Tabelle 2.5: Übersicht der mittleren Variationskoeffizienten (%) für ausgewählte Kleberproteinfraktionen zur Beschreibung des analytischen Fehlers von Probenaufarbeitungen und RP-HPLC-Trennungen**

Gliadine gesamt	Glutenine gesamt	HMW gesamt	LMW gesamt	HMW 10	HMW 7
3,05	4,98	4,89	4,74	4,53	5,03

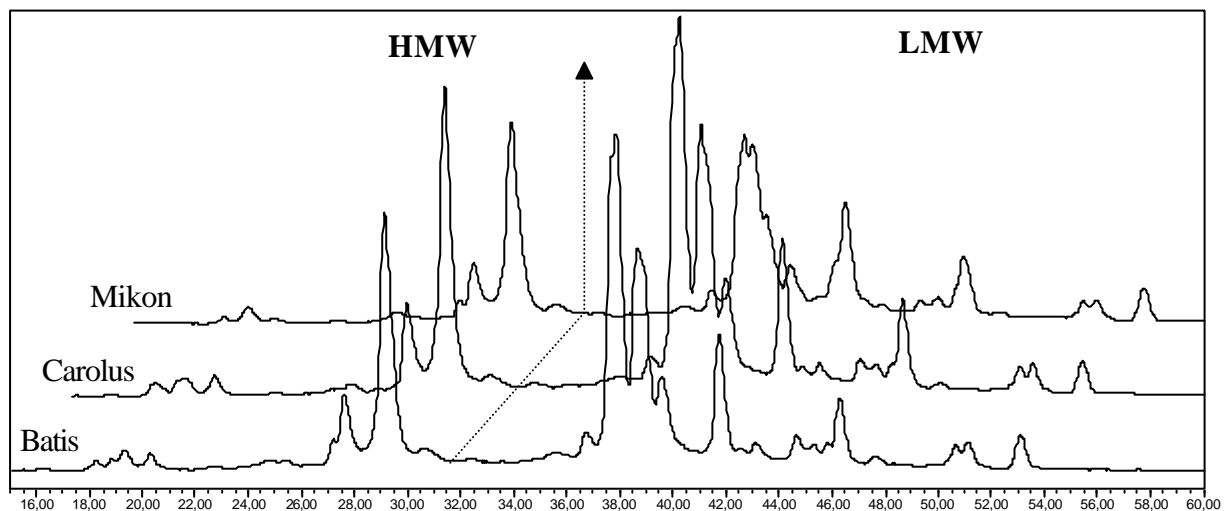
Die von WIRRIES (1998) ermittelte ‘Repeatability‘ der Methode wird hiermit ergänzt und auf die Gesamtheit der Proben aus den Jahren 1997 bis 1999 ausgedehnt. Festgestellt wird, daß die Variationskoeffizienten der verschiedenen Fraktionen im Mittel zwischen 3 bis 5 % liegen. Verglichen mit PECHANEK ET AL (1997), die bei Verwendung der gleichen Methode ihren tolerierten Fehler der Doppelbestimmung mit 5 % angeben, ermöglicht der Zufallsfehler dieser Arbeit eine hinreichende Voraussetzung für die Sicherheit des Verfahrens.

Aufgrund der aus der Literatur bekannten viskoelastischen Bedeutung der Glutenine werden die Untereinheiten dieser Fraktion weiter charakterisiert. Während die Auftrennung der Untereinheiten der HMW-Glutenine wie beschrieben gelingt, soll geprüft werden, ob die LMW-Glutenine, die unter den genannten Bedingungen bisher in ihrer Summe bestimmt werden, durch veränderte Trennvoraussetzungen qualitativ besser zu charakterisieren sind. Als Hypothese, die in den sich anschließenden Ergebnissen (Korrelationsanalyse) weiter ausgeführt wird, wird postuliert, daß die Unterschiede der Teige auf einem qualitativen und nicht nur auf einem deutlich festgestellten, quantitativen Effekt der LMW-Glutenine basieren.

Hierfür wird die bestehende Methode der Glutenintrennung so verändert, daß die HMW-Glutenine wie bisher über die Nucleosil RP<sub>8</sub> 300-5 Säule getrennt und anschließend der Fluß auf eine andere

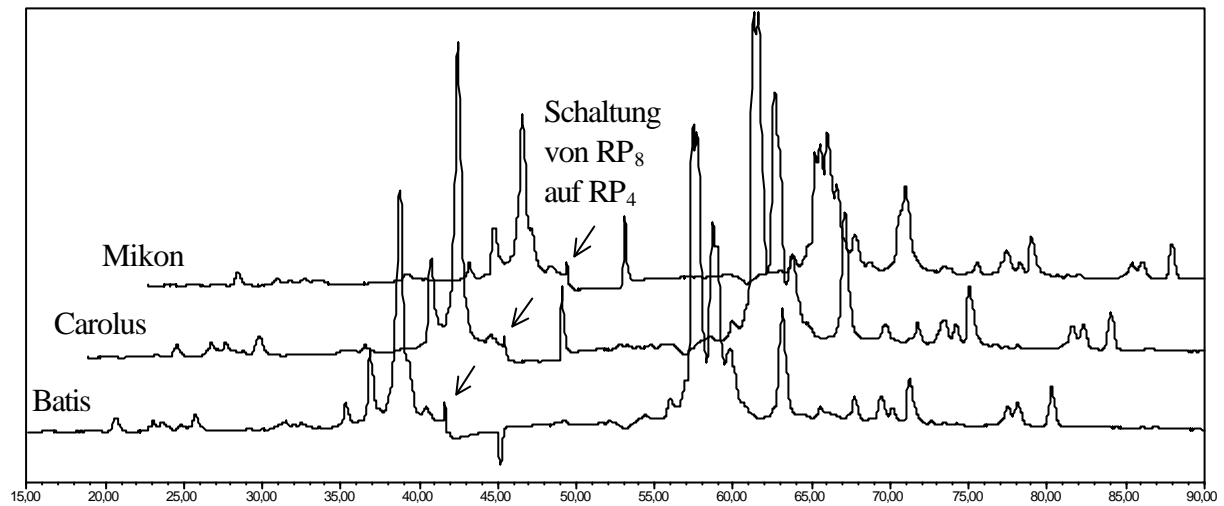
Phase geleitet wird. Ausgewählt wird eine Nucleosil RP<sub>4</sub> 300-5 Säule, deren Alkylketten eine bessere Porengängigkeit für die Proteine erlauben und damit die Trennung der niedermolekularen Glutenine verbessern können. Zum Vergleich werden auch die Trennungen mit der RP<sub>8</sub>- und der RP<sub>4</sub>-Phase aufgezeigt.

Für diese Untersuchung werden drei Sorten ausgewählt, die sich hinsichtlich ihres rheologischen Verhaltens (Extensogramm-Energie) deutlich voneinander unterscheiden (Batis: 93 cm<sup>2</sup>, Carolus: 142 cm<sup>2</sup> und Mikon: 48 cm<sup>2</sup>). Schon bei der Serienuntersuchung ist auffällig, daß trotz der rheologischen Unterschiede die Glutenin-Chromatogramme der Sorten Carolus und Batis sehr ähnlich sind. Apparativ wird die Schaltung über ein VALCO-Ventil erreicht. Der Fluß aus der ersten Säule wird nach Detektion der HMW-Glutenine durch das Ventil geführt und auf die zweite Säule geschaltet. Auf diese Weise werden allein die LMW-Glutenine auf die RP<sub>4</sub>-Phase geführt und separat getrennt.



**Abbildung 2.2:** Ausgangs-Chromatogramme der Sorten Batis, Carolus und Mikon nach Trennung auf einer RP<sub>8</sub>-Säule; gekennzeichnet sind die Bereiche der HMW- und LMW-Glutenine

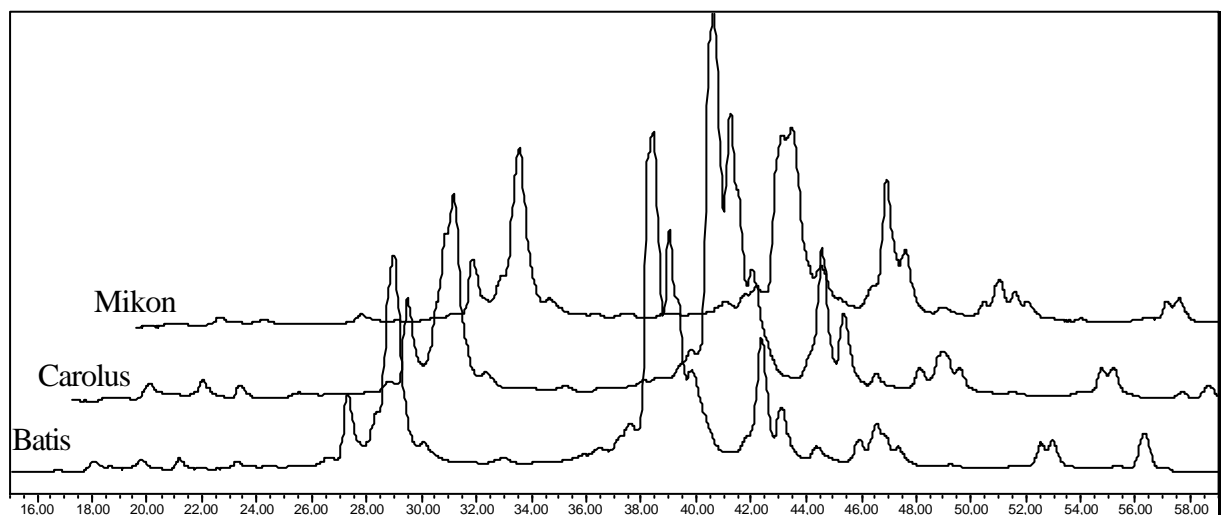
Ausgangspunkt der Optimierung bilden die über die RP<sub>8</sub>-Säule erhaltenen Glutenin-Chromatogramme (Abb. 2.2). Batis und Carolus fallen, wie schon erwähnt, durch ihre annähernd identischen Peak-Muster im Bereich der LMW-Glutenine auf. Mikon kann im Bereich der ersten LMW-Peaks nicht so deutlich getrennt werden. Zudem sind die Peaks wesentlich kleiner.



**Abbildung 2.3:** Chromatogramme der Sorten Batis, Carolus und Mikon nach Trennung auf einer RP<sub>8</sub>-Säule und RP<sub>4</sub>-Säule

Abbildung 2.3 zeigt die Trennung der Glutenin-Prüflösung mit der Säulenschaltung nach ca. 42 min (siehe Pfeile). Im Vergleich zu den Chromatogrammen der alleinigen RP<sub>8</sub>-Trennung ist kein wesentlicher Unterschied zu erkennen. Deutlich wird nur, daß sich durch die C<sub>4</sub>-Säule die Auflösung der Peaks geringfügig verbessert (z.B. Carolus: bei 58 min). Dafür steigt allerdings auch die Retentionszeit stark an. Ein entscheidender qualitativer Unterschied zwischen den drei Sorten ist nicht erkennbar. Erneut ist nur der quantitative Unterschied sichtbar.

Daraus ist zu folgern, daß mit der hier geprüften Erweiterung der RP-HPLC-Bedingungen keine qualitative Differenzierung der Sorten anhand der LMW-Glutene möglich erscheint. Vor allem der Bereich zwischen 55 und 60 min deutet aber an, daß hier noch weitere Peaks zu vermuten sind.



**Abbildung 2.4:** Chromatogramme der Sorten Batis, Carolus und Mikon nach Trennung auf einer RP<sub>4</sub>-Säule

Die Prüflösungen der drei Proben wurden weiterhin ohne Säulenschaltung auf einer entsprechenden RP<sub>4</sub>- und RP<sub>18</sub>-Phase getrennt. Während die resultierenden Chromatogramme der zuletzt genannten Säule (ohne Abbildung) nur eine sehr deutliche Verschlechterung der Auftrennungen erbrachte

(Peak-Verbreiterung), gelang die Trennung auf der RP<sub>4</sub>-Säule mit dem gleichem Erfolg hinsichtlich der Trennung wie bei der RP<sub>8</sub>-Säule (Abbildung 2.4).

## **2.3 Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (XANES) zur *in situ* Charakterisierung des Schwefels in Mehl, Kleber und Kleberfraktionen**

In einer Kooperation zwischen dem Physikalischen Institut und dem Institut für Lebensmittelchemie der Universität Bonn sowie der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) in Garching wurde Kleber spektroskopisch mittels Synchrotronstrahlung untersucht. Die Messungen wurden von A. Prange (Institut für Mikrobiologie & Biotechnologie) und Dr. I. Arzberger (Physikalisches Institut) in der AG von Prof. Dr. J. Hormes (Physikalisches Institut, alle Universität Bonn) durchgeführt und dieser Arbeit zur Verfügung gestellt.

In diesem methodischen Abschnitt wird erweiternd auf die molekularen Grundlagen in den schwefelhaltigen Kleberfraktionen eingegangen, vor allem in Hinblick auf die erwarteten, positiven Eigenschaften der Glutenin-Untereinheiten für die Qualität der Endprodukte (siehe Einleitung). Ergebnisse dieser Untersuchungen bezüglich des Oxidationszustandes bzw. der möglichen Bindungsformen des Schwefels im Kleber ermöglichen Rückschlüsse und Erklärungsansätze hinsichtlich der Funktionen der Fraktionen im Kleber.

### **2.3.1 Physikalische Grundlagen der Messungen**

Die Röntgenabsorptionsspektroskopie (X-Ray Absorption Spectroscopy) mit Synchrotronstrahlung eignet sich aufgrund ihres großen Spektralbereiches mit einer Photoenergie von  $10^2$  bis  $10^7$  eV und der hohen Intensität besonders gut zur Strukturanalyse. Synchrotronstrahlung entsteht, wenn ein geladenes (relativistisches) Teilchen senkrecht zu seiner Bewegungsrichtung beschleunigt wird (EBERHARDT, 1992). In Teilchenbeschleunigern werden hierfür Magnetfelder verwendet. In der Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung wird die Energieabhängigkeit der Photoabsorption in der Nähe von Röntgenabsorptionskanten (in diesen Fall der Schwefel K-Kante) eines Atoms gemessen. Bei diesen für jedes Element charakteristischen Energien können Photonen die gebundenen Elektronen (bei der K-Kante: 1s Elektronen) aus den Atomen der absorbierenden Atomart herausschlagen (LENGELER, 1987). Dabei wird die atomare Absorption von Festkörpereffekten überlagert, die zu einer Feinstruktur in den Kanten und oberhalb der Kanten führen (HORMES, 1992).

Unterschieden wird der Energiebereich einer Röntgenabsorptionskante in die Bereiche des kantenfernen EXAFS (Extended X-Ray Absorption Fine Structure)-Bereichs (ca. 50-1000 eV oberhalb der Kante) und des kantennahen XANES (X-Ray Absorption Near Edge Structure)-



Bereichs (bis zu 50 eV oberhalb der Kante) (BEHRENS, 1992<sup>1</sup> und 1992<sup>2</sup>). Der zuletzt genannte Energiebereich liefert Hinweise über die geometrische Anordnung der Nachbaratome und die elektronische Struktur des absorbierenden Atoms (ARGARWAL, 1979; BIANCONI, 1988). Darüber hinaus können Aussagen zur Wertigkeit gemacht werden, da sich die Kante in einem Spektrum als Funktion der Wertigkeit des angeregten Atoms zu höheren Energien verschiebt (LENGELER, 1990). Im Vergleich zu anderen Techniken hat die Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung folgende Vorteile: Die Umgebung jeder Atomart kann separat untersucht werden; die Methode ist zerstörungsfrei; auf Vakuum kann aufgrund des hohen Durchdringungsvermögens der Röntgenstrahlung verzichtet werden; Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase können untersucht werden (STÖHR, 1991; HORMES, 1992). Daher ist sie insbesondere zur *in situ* Untersuchung von biologischen Systemen geeignet (GEORGE, 1993; ROMPEL ET AL., 1998).

Aus den XANES-Spektren können unter Verwendung des ‘fingerprint’-Verfahrens Aussagen über eine Probe abgeleitet werden, die keine theoretischen Berechnungen verlangen. Hierfür werden Spektren bekannter Proben mit dem aufgenommenen Spektrum der zu analysierenden Probe verglichen, so daß aus der Lage der Absorptionskante z.B. Informationen über die effektive Ladung und die Oxidationszahl des absorbierenden Elementes abgeleitet werden können (LENGELER, 1990).

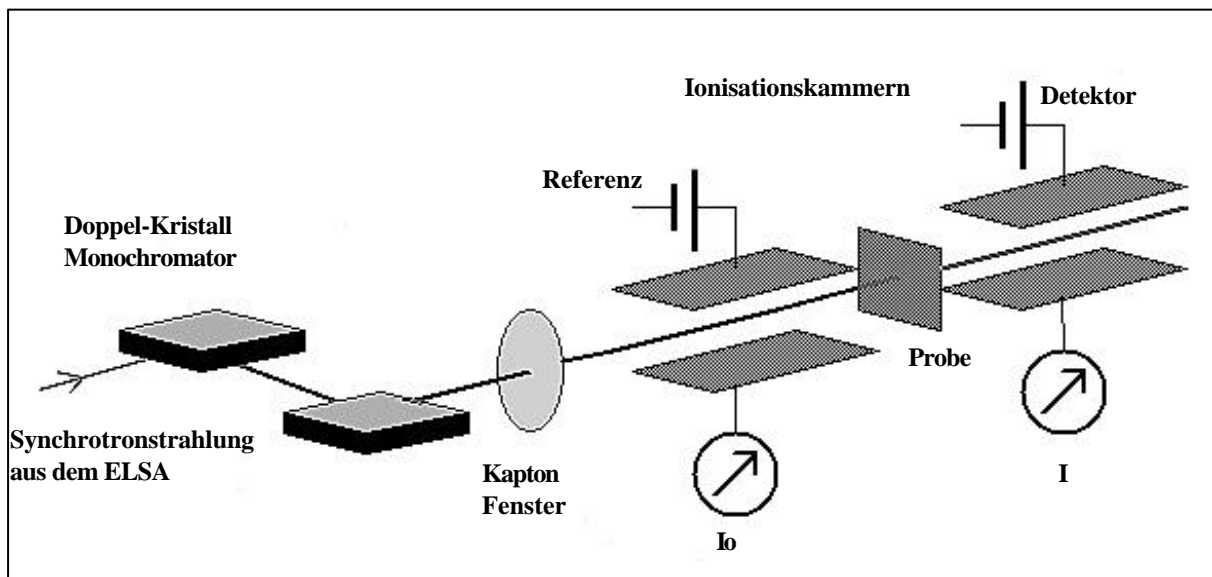


Abbildung 2.5: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus am Strahlrohr BN3 (Quelle: Physikalisches Institut der Universität Bonn)

Die XANES-Spektren werden am Strahlrohr BN 3 mit Synchrotronstrahlung des Elektronen-Stretcher-Accelerators (ELSA, Physikalisches Institut Bonn) aufgenommen (ALTHOFF ET AL., 1990). Abbildung 2.5 zeigt schematisch den Versuchsaufbau am Strahlrohr. Die Speicherenergie beträgt für die Messungen an der S K-Kante 2,3 GeV, die Stromstärke liegt im Bereich zwischen 20 und 100 mA. Zur Anwendung kommt ein Doppel-Kristall-Monochromator des Lemonnier-Typs (LEMONNIER ET AL., 1978), ausgestattet mit InSb(111)-Kristallen. Die monochromatische Flußrate

beträgt  $10^9$  Photonen pro Sekunde und Energieintervall (50 mA). Die Spektren werden in Transmission und mittels Ionisationskammern (60 mbar), die vor und hinter der Probe liegend die Strahlungsintensität messen, aufgenommen. Die Kalibrierung der Spektren erfolgt über die erste maximale Absorption ("white line") des S K-Kanten Spektrums von Zinksulfat bei 2481,4 eV. Dieser Wert kann mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,1$  eV bestimmt und reproduziert werden. Die Spektren werden in Schritten von 0,6 eV in der "pre-edge"-Region zwischen 2450 und 2460 eV, in Schritten von 0,09 eV im Bereich zwischen 2460 und 2490 eV und 0,2 eV zwischen 2490 und 2510 eV entsprechend den spektralen Eigenschaften und mit einer Integrationszeit von 1 sec pro Punkt aufgenommen. Die experimentellen Grundlagen sind den Arbeiten von CHAUVISTRÉ ET AL (1992 UND 1997), WINTER ET AL (1995) und PRANGE ET AL (1999) entnommen.

Von den aufgenommenen Rohspektren wird zu deren Korrektur ein in der "pre-edge"-Region aufgenommener linearer Hintergrund abgezogen, damit die Spektren um die Absorptionen höherer Schalen und des darum liegenden Materials korrigiert werden. Anschließend werden die Spektren bei einer Energie von 2510 eV normiert, bei der die Variation des Absorptionsquerschnitts sehr gering ist.

### **2.3.2 Probenaufbereitung und Ergebnisse zur Bestimmung des Oxidationszustandes des Schwefels in Mehl, Kleber und Gluteninfraktionen**

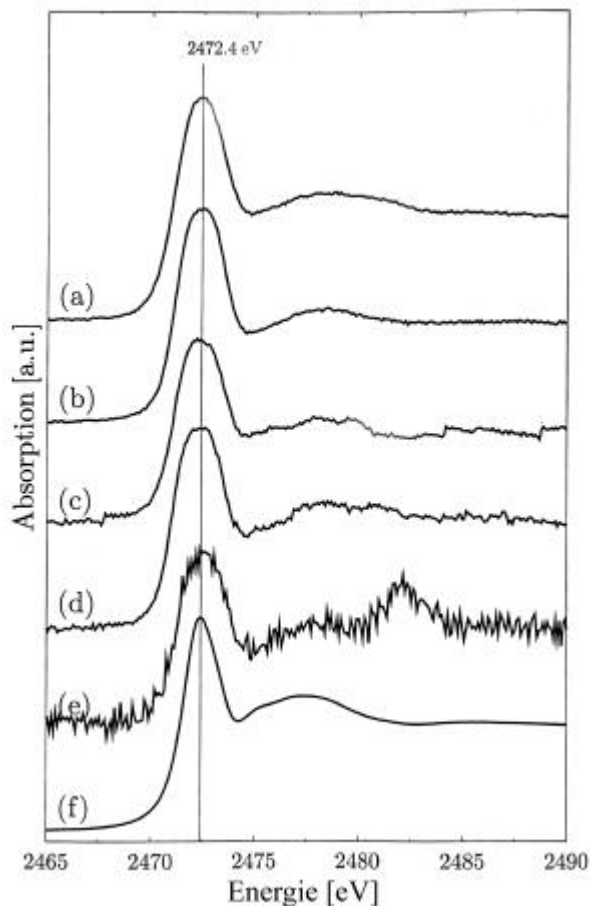
Das untersuchte Probenkollektiv für die XANES-Messungen besteht aus Weizenmehl (Sorte Carolus, Type 550), kommerziellem (SIGMA, Deisenhofen), frisch ausgewaschenem (2 % NaCl) und gefriergetrocknetem Kleber (Sorte Carolus) sowie kommerziellem Gliadin (SIGMA, Deisenhofen). Weiterhin gehören die nach ANTES (1998) an der DFA in Garching isolierten Gluteninfraktionen HMW und LMW der Sorte Rektor zu den untersuchten Proben. Die Untereinheiten werden in reduzierter und in oxidiert Form gemessen. Die Oxidation erfolgt mit Sauerstoff (eingeleitet über 24 Stunden) nach dem Auflösen in 0,1% Tris/HCl-Puffer (pH 8,0). Anschließend werden auch diese Proben gefriergetrocknet. Als Referenzsubstanzen für diese "fingerprint"-Methode werden Cystein und Cystin verwendet. Beide Substanzen haben p.a. Qualität und konnten ebenfalls von SIGMA (Deisenhofen) bezogen werden.

Die Grundlage der Schwefel-Untersuchungen bilden die XANES-Spektren der Referenzsubstanzen mit dem charakteristischen Signal der "white line" für C-S Bindungen (Cystein) bei der Energie von 2472,4 eV. Für die C-S und S-S Bindungen (Cystin) liegen die Energien bei 2473,2 eV bzw. 2471,7 eV. Ausgehend von diesen Signalen zeigt das Spektrum des Mehls nur ein schwaches und stark verrauschtes Spektrum aufgrund des geringen Schwefelgehaltes. Alle in Abbildung 2.6 dargestellten Spektren (Kleber, Gliadin, Mehl, Cystein) zeigen das Energiemaximum der "white line" bei 2472,4 eV, entsprechend der C-S Bindungen (siehe Cystein). Das Signal für die C-S Bindungen in den Spektren stammt hauptsächlich aus den schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin

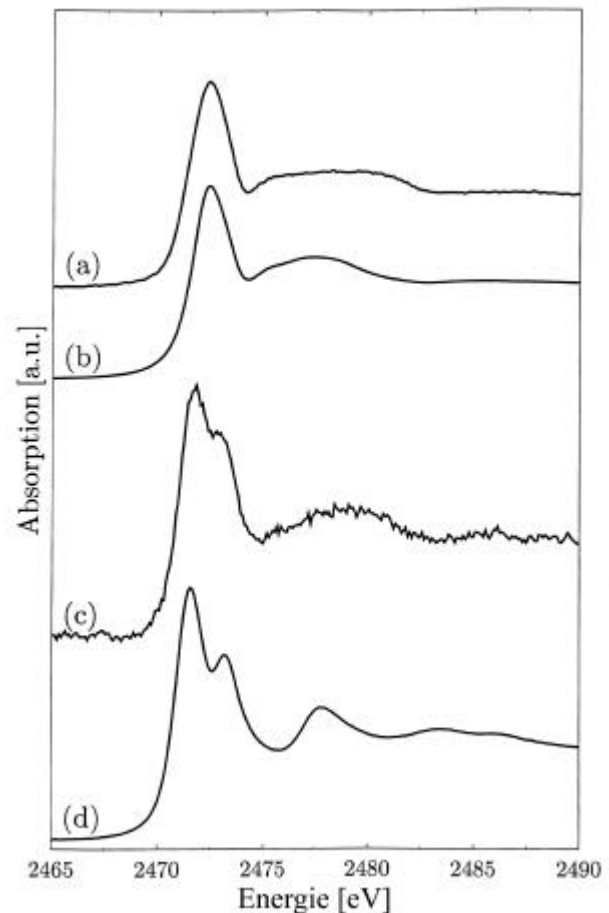
(SCHONSCHEK, 1997). Keine direkten Hinweise ergeben sich auf das Vorhandensein von S-S Bindungen, die bei der Energie von 2471,7 eV zu erwarten wären. Allerdings kann aufgrund der breiten "white line" der Mehl-, Kleber- und Gliadinspektren nicht vollständig ausgeschlossen werden, daß ein Signal für eine kleine Menge an S-S Bindungen an der Seite zur niedrigeren Energie vom C-S Signal überlagert wird.

Das Spektrum der als wichtig erachteten isolierten Gluteninuntereinheit LMW ist in Abbildung 2.7 dargestellt. Das Ergebnis wird dort direkt mit dem Spektrum des Cysteins verglichen. Es zeigt das Maximum der Absorption bei 2472,4 eV, entsprechend den Spektren in der Abbildung 2.6 (C-S Bindungen). Leider nicht sichtbar wird bei der in der reduzierten Form vorliegenden Untereinheit das Signal für die S-H Bindungen, da der S  $1s \rightarrow \sigma^*$  (S-H) Übergang die gleiche Energieposition wie der S  $1s \rightarrow \sigma^*$  (C-S) Übergang aufweist. Im allgemeinen zeigen Proben mit S-H Bindungen eine Struktur bei 2475,5 eV, die als S-H Rydberg Übergang zu deuten ist (HORMES ET AL., 1986; PRANGE ET AL., 1999). Im Bereich von 2475,5 eV kann diese Struktur im Spektrum des LMW-Glutenins und des Cysteins nachvollzogen werden, so daß anzunehmen ist, daß auch S-H Bindungen in dieser Fraktion vorliegen.

Anschließend werden die isolierten und aufoxidierten Glutenin-Untereinheiten gemessen, um zu klären, ob in diesem Zustand Disulfidbindungen vorliegen, die im Kleber von wesentlicher, funktioneller Bedeutung sind. Die mit Sauerstoff behandelten LMW-Proben weisen, entsprechend der Referenz Cystin, Spektren auf, die die typische "white line" Struktur des gesplitteten C-S-S-C Peaks zeigen: Bei der Energie von 2471,7 eV wird der S  $1s \rightarrow \sigma^*$  (S-S) Übergang und bei 2473,2 eV der S  $1s \rightarrow \sigma^*$  (C-S) Übergang aufgenommen. Während die Position des S  $1s \rightarrow \sigma^*$  (S-S) Übergangs kaum durch strukturelle Unterschiede in höheren Koordinationsschalen beeinflusst wird, gibt es einen deutlichen Einfluß dieser höheren Schalen auf die Position des S  $1s \rightarrow \sigma^*$  (C-S) Übergangs (CHAUVISTRÉ ET AL., 1997). Der registrierte Energiepositionsunterschied zwischen den Peaks der C-S Struktur in Abbildung 2.7 kann mit der Wahl des Cystins als Vergleichssubstanz begründet werden, die zwar dem reoxidierten LMW ähnlich ist, aber leider nicht die „perfekte“ Referenz darstellt.



**Abbildung 2.6:** XANES-Spektren an der S K-Kante von (a) Kleber (Sigma), (b) frisch extrahiertem Kleber, (c) Gliadin (Sigma), (d) Vital-Kleber, (e) Weizenmehl (Carolus, Type 550) und (f) Cystein (A. Prange, J. Hormes unveröffentlicht)



**Abbildung 2.7:** XANES-Spektren an der S K-Kante von (a) LMW-Glutenin (reduziert), (b) Cystein, (c) LMW-Glutenin (aufoxidiert mit Sauerstoff) und (d) Cystin (A. Prange, J. Hormes unveröffentlicht)

Auf die Darstellung der Spektren der entsprechenden HMW-Untereinheiten wird verzichtet, da sie die gleichen Merkmale der LMW-Spektren aufweisen. Allerdings sind die HMW-Spektren aufgrund des geringeren Schwefelgehaltes deutlich schwächer und verrauschter.

Anhand der Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung im Nahkantenbereich (XANES; unter Anwendung des "fingerprint" Verfahrens) gelingt die Bestätigung der Präsenz von S-S Bindungen in (leicht) oxidierten LMW- und HMW-Untereinheiten. Die zerstörungsfreie *in situ* Messung bekräftigt damit nochmals die Bedeutung der Oxidation von Schwefelgruppen gerade bei den backwirksamen Gluteninuntereinheiten, allen voran der LMW-Fractionen. Bisher unveröffentlichte Ergebnisse zeigen darüber hinaus auch höhere Oxidationsstufen des Schwefels nach „harter“ Oxidation (Bromat bzw. Lagerung unter Luftsauerstoff), die nicht mit den bisher gängigen Annahmen über den Oxidationszustand des Schwefels in aufoxidiertem Kleber übereinstimmen (PRANGE, KÜHLSSEN, BIRZELE, ARZBERGER, HORMES, ANTES, KÖHLER, 2001).

## 2.4 Methoden der Qualitätsbeschreibung von Backweizen (Referenzdaten)

Die Untersuchung der Backqualität erfolgt zum größten Teil an der BAGKF/Detmold. Hinzu kommen eigene Untersuchungen (Rohprotein- und Rohfettgehalt, Trockenmasse, siehe 2.2.1), die im Hinblick auf die Aufarbeitung der Mehle zur Gliadin- und Glutenin-Extraktion notwendig sind.

### 2.4.1 Quantitative und qualitative Mehl- und Kleberuntersuchungen

Die Rohproteinbestimmung erfolgt nach ICC-Standard Nr. 105. Sie wird nach der Vermahlung am Typenmehl 550 durchgeführt ( $N \times \text{Faktor } 5,7$ ). Für den Feuchtklebergehalt als quantitativer und den Sedimentationswert bzw. den mit der Feuchtkleberbestimmung verbundenen Glutenindex als qualitative Parameter des Klebers werden spezielle Mehle hergestellt. Der Feuchtkleber wird, nach Herstellung eines Vollkornschrotes über eine Falling Number Laboratoriumsmühle (0,8 mm Sieb) entsprechend der ICC-Standard Methode Nr. 155 aus dem Mehl mittels einer Kochsalzlösung ausgewaschen und für die Glutenindexbestimmung mittels Zentrifugalkraft durch ein definiertes Sieb gepreßt.

Das Versuchsmehl des Sedimentationstests wird auf einer MIAG-Grobschrotmühle hergestellt (ICC-Standard Methode Nr. 118) und anschließend in einer Milchsäurelösung suspendiert (ICC-Standard Methode Nr. 116). Nach einer definierten Zeit wird das Quellvolumen der sedimentierten Kleberpartikel bestimmt.

Bei der Fallzahl als Indikator für die Auswuchsschädigung ( $\alpha$ -Amylaseaktivität) wird mittels Rührviskosimeter die Verkleisterungsfähigkeit einer Mehl-Wasser-Suspension bzw. der Stärke geprüft (ICC-Standard Methode Nr. 107) (alle ICC-Standards entsprechend AGF, 1994).

### 2.4.2 Rheologische Teiguntersuchungen mittels Brabender-Extensograph

Mittels des Extensographen werden die rheologischen Teigeigenschaften über die standardisierte Dehnung bestimmt und als Extensogramm abgebildet (ICC-Standard Methode Nr. 114). Dieser Zugversuch stellt eine uniaxiale Dehnung von definierten Weizenmehlteigen dar. Als Ergebnis werden einerseits der Dehnwiderstand (DW), der Dehnwiderstand im Maximum ( $DW_{\max}$ ) und andererseits die Dehnbarkeit (DB) aus dem Kurvenzug sichtbar. Aus diesen Parametern wird anschließend das Verhältnis  $DW/DB$  errechnet. Die integrierte Fläche unter der Kurve liefert die „Extensogramm-Energie“. Die Messungen erfolgen in drei Zeitabständen (Teigruhezeit 45, 90 und 135 min), wobei meist aufgrund der zeitabhängigen Reaktion der Ascorbinsäure im Teig die Extensogramme nach 135 min ausgewertet werden (WEIPERT, 1996).

### **2.4.3 Standard-Backversuch für Weizentypenmehl (RMT)**

Zur Weizenbeurteilung wird der Rapid-Mix-Test als Standard-Backversuch für Weizentypenmehl Type 550 / RMT-Brötchen (AGF 1994) durchgeführt. Nach Feststellung der Wasseraufnahme über einen Farinographen wird der Teig standardisiert hergestellt und gebacken. Als wichtige Parameter sind die Beurteilung der Teigbeschaffenheit (Teigoberfläche, Teigelastizität), die Beurteilung von Ausbund, Krumenelastizität und Geschmack und vor allem die Volumenausbeute zu nennen.

## **2.5 Multivariate Auswertung der chromatographischen Kleberfraktions- und Referenzdaten**

Die statistische Datenanalyse erfolgt mit der Software SPSS 9.0.

### **2.5.1 Korrelationsanalyse der Kleberfraktions- und Referenzdaten**

Zur Charakterisierung funktionaler Zusammenhänge zwischen einzelnen Kleberfraktionen und den Referenzdaten zur Backqualität, werden Korrelationen nach Pearson ( $r$ ) berechnet. Zum Teil werden die Variablen von anderen Variablen beeinflusst (z.B. Rohproteingehalt). Dieser Einfluß einer dritten Größe wird mittels partieller Korrelation berücksichtigt ( $r_{x,y/u}$ ), die den Zusammenhang zweier Variablen  $x$  und  $y$  unter Konstanthaltung einer dritten  $u$  errechnet.

Gleichzeitig wird anhand eines  $t$ -Wertes geprüft, ob überhaupt ein signifikanter (linearer) Zusammenhang zwischen den betrachteten Variablen besteht. Für alle weiteren Berechnungen wird dieses mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 5 % angenommen (SACHS, 1999).

### **2.5.2 Rangvarianzanalytische Differenzierung von Sorten zur Bildung einer Rangfolge mittels multipler Vergleiche einschließlich der Ermittlung von Standort- und Jahreseinflüssen**

Die Ergebnisse der Sorten stellen, bedingt durch den Versuchsaufbau (siehe Kapitel „Probenmaterial“), verbundene Stichproben dar. Es werden je Auswertung mehrere Sorten miteinander verglichen; eine Normalverteilung der Daten wird nicht vorausgesetzt. Zur Reihung und Differenzierung der genannten Sorten entsprechend ihrer Merkmalsausprägungen (Kleberproteine, Backqualität) wird der nicht-parametrische Friedman-Test mit einem sich anschließenden Wilcoxon-Wilcox-Test durchgeführt. Der erstgenannte Test führt eine einfaktorielle Rangvarianzanalyse (Rang-ANOVA) durch und prüft damit, ob innerhalb der Sorten (Faktorstufen) ein signifikanter Unterschied besteht. Die verschiedenen Versuche des Organischen Landbaus (1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL) sind die Wiederholungen (Blöcke), in denen den Sorten Rangzahlen ( $r_{ij}$ ) entsprechend ihrer Meßwerte zugeordnet werden. Anschließend werden die

Rangzahlen der Sorten summiert (Rangsummen  $R_i$ ), die Sorten entsprechend dieser Summen in eine Rangfolge gebracht und auf mindestens einen signifikanten Unterschied (Alternativhypothese  $H_1$ ) hin geprüft. Die Prüfgröße  $C_{Versuch}^2$  wird für  $k \geq 3$  Sorten bei nicht verbundenen Meßwerten über folgende Formel berechnet:

$$C_{Versuch}^2 = \left( \frac{12}{n \times k \times (k + 1)} \times \sum_{i=1}^k R_i^2 \right) - 3 \times n \times (k + 1)$$

$n$  Wiederholungen (Versuche)  
 $k$  Faktorstufen (Sorten)  
 $R_i$  Rangsummen der Sorten

Die errechnete Prüfgröße wird mit dem Tabellenwert  $C_{Tabelle}^2$  der „Schwellenwerte für Friedman“ unter Berücksichtigung der Anzahl für  $k$  und  $n$  und dem Signifikanzniveau von 0,05 verglichen. Ist die Prüfgröße  $C_{Versuch}^2$  signifikant größer als  $C_{Tabelle}^2$ , so sind mindestens zwei Sorten voneinander zu unterscheiden.

Der Wilcoxon-Wilcox-Test überprüft anschließend in multiplen Vergleichen, welche der Sorten sich unterscheiden. Hierfür werden die absoluten Differenzen der nach Größe sortierten Rangsummen  $R_i$  berechnet. Die Beträge der Differenzen werden mit dem Tabellenwert der „Schranken für Wilcoxon-Wilcox“ ( $WD_{Tabelle}(k, n, \alpha)$ ) verglichen. Ein Unterschied zwischen zwei Sorten besteht, wenn die errechnete Differenz größer ist als der Tabellenwert  $WD$ .

Jahres- und Standorteffekte werden auf die gleiche Weise berechnet: Hierfür werden die für die Sortendifferenzierung verwendeten Datenmatrizen transponiert und die *verschiedenen Jahre eines Standortes* bzw. die *verschiedenen Standorte eines Jahres* mittels Rangvarianzanalyse betrachtet.

Aus diesem Grunde handelt es sich bei dieser Art der ANOVA um einen quasi-mehrfaktoriellen Test (KÖHLER ET AL., 1984), bei dem die Wirkungen der Faktoren (Sorten, Jahre, Standorte) getrennt berechnet werden.

### 2.5.3 Modellentwicklung zur Vorhersage der Backqualität mittels multipler linearer Regression

Zur Vorhersage des für die Qualität wesentlichen Parameters „Volumenausbeute“ werden Regressionsmodelle erstellt. Hierfür werden die Einflüsse der Kleberfraktionen auf die genannte Zielvariable über multiple lineare Regressionen bestimmt. Ausgehend von den gemessenen Daten werden mit dieser Vorgehensweise diejenigen Regressionskoeffizienten für den Regressanden geschätzt und in einer Gleichung zusammengefaßt, die die Zielgröße am besten vorhersagen. Diese Gleichungen ermöglichen letztendlich Berechnungen des theoretischen Backvolumens. Zum Vergleich

werden in gleicher Weise Schätzformeln entwickelt, die über die Daten der Mehl- und Teigprüfungen die Volumenausbeute vorhersagen.

Um nur die wesentlichen Einflußgrößen in den Modellen zu berücksichtigen, kommt die Methode "backward" zur Variablenreduktion zum Einsatz, bei der zu Beginn alle Variablen in die Gleichung aufgenommen und anschließend sequentiell ausgeschlossen werden. Die Variable mit der kleinsten Teilkorrelation zur Volumenausbeute wird als erste für den Ausschluß in Betracht gezogen. Wenn sie die Ausschlußkriterien (berechnete Prüfgröße < kritische Tabellengröße der t-Verteilung) erfüllt, wird sie entfernt. Nach dem Ausschluß der ersten Variablen wird die nächste Variable mit der kleinsten Teilkorrelation in Betracht gezogen. Die Prozedur wird beendet, wenn keine Variablen mehr zur Verfügung stehen, die die Ausschlußkriterien erfüllen. Die verbliebenen Koeffizienten gehen in die Vorhersagegleichung ein (HENRION UND HENRION, 1995).

Neben der Formel eines jeden Modells werden als statistische Kenngrößen das korrigierte Bestimmtheitsmaß (korr.  $R^2$ , entspricht dem Erklärungsanteil der Streuung (in Prozent) an der Gesamtstreuung) als Maß für die Güte der Anpassung der Regressionsgeraden, der Standard-Schätzfehler des Mittelwertes ( $s_{y,x}$ ) als Maß für den Fehler bei der Vorhersage der Zielgröße und der Variationskoeffizient (VC in % des Mittelwertes) angegeben.



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Charakterisierung der Referenzdaten aus der Mehl-, Teig- und Backprüfung nach Jahren, Standorten und Qualitätsgruppen

Der folgende Abschnitt beschreibt die Verteilung der Referenzdaten zur Weizenqualität über die Jahre auf den untersuchten Standorten. Gleichzeitig werden die Verteilungen der Ergebnisse über die enthaltenen Qualitätsgruppen E, A, B und auch C (letztgenannte mit eingeschränkter Aussagekraft, siehe 2.1.1) aufgezeigt. Die Verteilung wird anhand von Boxplots auf der Grundlage des Medians, der Quartile und Extremwerte dargestellt. Die Box stellt den Interquartilbereich mit 50 % der Werte dar. Die von der Box ausgehenden Linien führen jeweils bis zum höchsten und niedrigsten Wert, ohne Ausreißer zu berücksichtigen.

##### 3.1.1 Kennzeichnung der Mehleigenschaften

Die Verteilung der Rohproteingehalte ist in den Erntejahren 1995 und 1996 ähnlich und liegt auch 1998 im Bereich von 9,1 bis 13,8 % (durchschnittlich 11,0 %). Allerdings ist die Verteilung auf den einzelnen Standorten im Jahr 1998 deutlich enger, vergleichbar mit den Daten der Ernte 1997. Die Rohproteingehalte aus 1997 fallen vor allem durch die geringsten Werte aller Versuchsjahre auf (7,4-10,3 %, im Mittel 8,7 %). 1999 liegen die Gehalte zwischen denen der Jahre 1997 und 1998. Im Vergleich der Standorte fällt vor allem das Wiesengut auf, da hier bis auf 1995 die höchsten Rohproteingehalte gemessen werden und auch die Spannweiten stets die größten sind (Abb. 3.1). Astron wird als ein Extremwert mit 13,8 % gekennzeichnet.

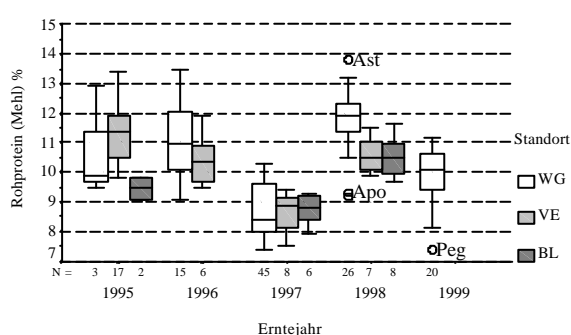


Abbildung 3.1: Verteilung der Rohproteingehalte (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

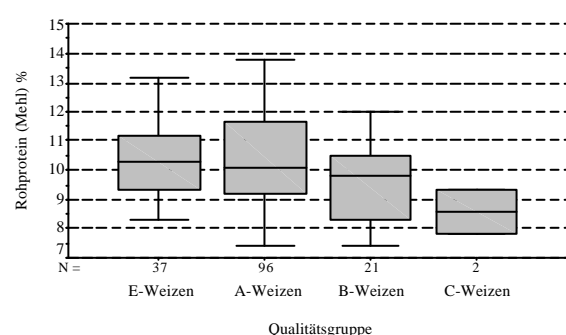


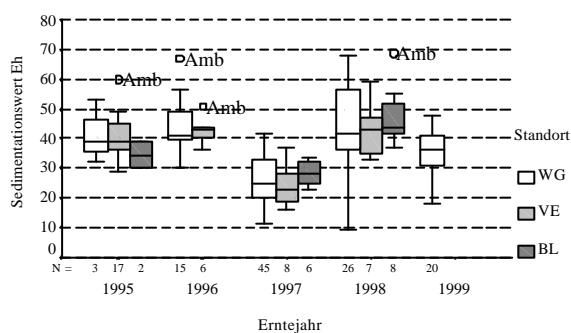
Abbildung 3.2: Verteilung der Rohproteingehalte (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Erfolgt die Auswertung der Weizensorten über die angebauten Qualitätsgruppen, so wird deutlich, daß einige A-Weizensorten im Vergleich zu E-Sorten die höchsten Proteingehalte aufweisen und sowohl B- als auch C-Weizensorten deutlich von den erst genannten Gruppen abfallen. Die Spannweite der Rohproteingehalte innerhalb der A-Weizen ist größer (6,4 %) als bei den anderen

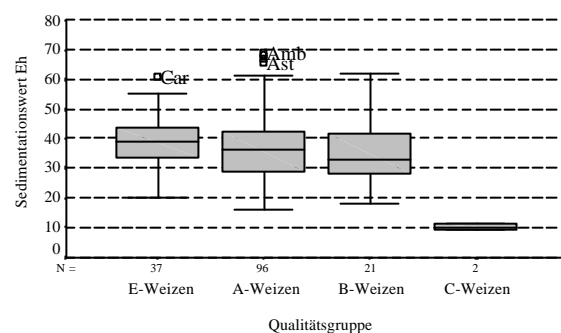
Gruppen (4,9 % und 4,6 % für E- bzw. B-Sorten). Der Median der E-Sorten liegt nur geringfügig (0,2 %) über dem der A-Sorten (Abb. 3.2). Hervorzuheben sind die relativ proteinreichen Sorten Ambras, Aron, Astron, Carolus, Petrus und Tambor.

Hinsichtlich der Aufteilung der Ergebnisse nach Jahren und Standorten fallen die z.T. sehr asymmetrischen Verteilungen auf (auch bei anderen Parametern). In den meisten Fällen liegt dieses an der kleinen Stichprobenanzahl. Gleichmäßiger sind die Verteilungen innerhalb der Qualitätsgruppen.

Ähnlich dem Rohprotein zeigen sich Jahreseinflüsse auf die Sedimentationswerte (Abb. 3.3). Auffällig sind die sehr unterschiedlichen Spannweiten der einzelnen Jahre. Vor allem die Werte des Jahres 1998 weisen eine große Differenz zwischen dem kleinsten und größten nicht-extremen Wert auf, vor allem auf dem Wiesengut. Das Jahr 1997 fällt demgegenüber erneut mit sehr niedrigen Sedimentationswerten auf (im Mittel 26 Eh). Besonders die Sorte Ambras wird unabhängig von den Standorten in der Verteilungsdarstellung der Boxplots als sehr hoher Wert (Extremwert) dargestellt.



**Abbildung 3.3:** Verteilung der Sedimentationswerte (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

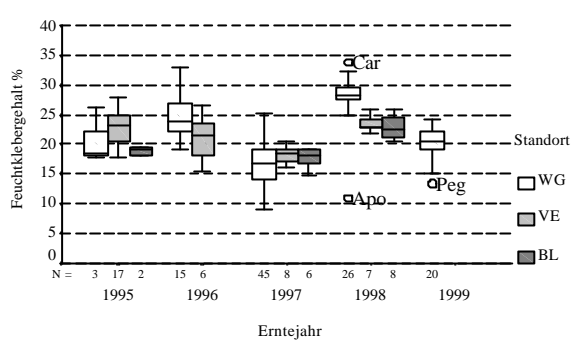


**Abbildung 3.4:** Verteilung der Sedimentationswerte (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

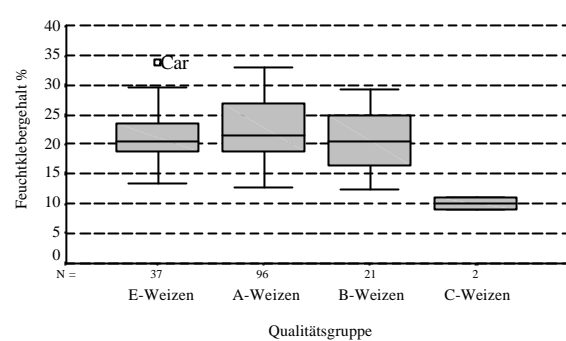
Abbildung 3.4 zeigt die qualitativen Unterschiede zwischen E-, A-, B- und C-Weizensorten. Die E-Weizensorten besitzen den durchschnittlich höchsten Median (bei relativ enger Verteilung), gefolgt von A- und B-Qualitäten, die sich kaum voneinander unterscheiden. Eliteweizensorten weisen allerdings nicht gleichzeitig die höchsten Einzelwerte auf, die bei den A-Sorten zu finden sind. Deutlich reduzierte Quellvolumina weisen die beiden C-Weizenproben auf.

Für die Feuchtklebergehalte der vier untersuchten Jahre zeigen sich die gleichen Effekte wie beim Rohproteingehalt und Sedimentationswert (Abb. 3.5). Allerdings ist der Klebergehalt in allen Jahren sehr gering, nur wenige Sorten liefern einen Gehalt über 30 % und 1997 werden kaum 20 % erreicht. Das Wiesengut weist erneut häufig die im Vergleich zu den anderen Standorten höchsten, 1997 aber auch die niedrigsten Werte auf. 1998 setzen sich die Werte dieses Standortes sehr deutlich von denen Velberts und Blankenheims ab. Abbildung 3.6 zeigt die Parallelen zum

Rohproteingehalt, da die Boxplots einem ähnlichen Muster folgen (siehe Abbildung 3.2): Der Median der E-Sorten liegt überdies ca. 1 % unter dem Median der A-Gruppe.



**Abbildung 3.5:** Verteilung der Feuchtklebergehalte (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL



**Abbildung 3.6:** Verteilung der Feuchtklebergehalte (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Der parallel ermittelte Glutenindex fällt in den Jahren 1995, 1997 und 1999 durch seine allgemein hohen Werte auf. Annähernd 70 % der Sorten aus diesen Jahren weisen einen Index von 100 auf. Dieses deutet auf kurze Teigeigenschaften hin. 1996 und 1998 streuen die Sorten deutlich mehr. Im Jahr 1998 werden auf dem Standort Wiesengut auch Tendenzen zu niedrigen Werten (Index bis zu 30) festgestellt (nicht dargestellt).

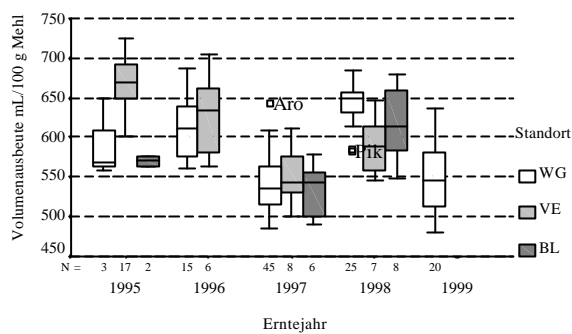
Die Fallzahlen sind in den Jahren 1995, 1996 und 1999 sehr hoch (300-400 sec). Demgegenüber liegen 1997 einige (v.a. Wiesengut) und 1998 die meisten Sorten (v.a. Wiesengut und Blankenheim) im Auswuchsbereich (<210 sec als Interventionsgrenze der Bundesanstalt für landwirtschaftliche Marktordnung/BALM; nicht dargestellt).

### 3.1.2 Kennzeichnung des Backverhaltens

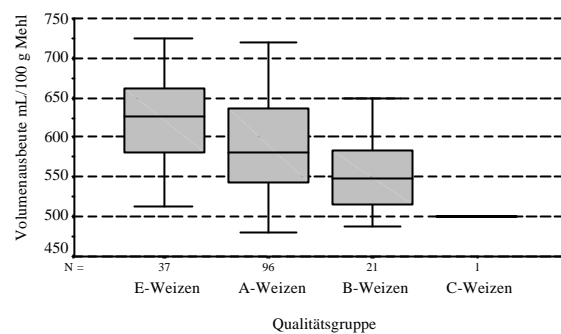
Die Verteilungen der Volumenausbeuten über die einzelnen Jahre verhalten sich entsprechend den Proteingehalten. Bei sehr geringen Proteingehalten des Jahres 1997 werden auch die geringsten Volumina ermittelt (durchschnittlich 542 mL), allerdings können 1998 trotz des höchsten Proteinniveaus aller vier Jahre von durchschnittlich 11,3 % nicht die höchsten Volumenausbeuten festgestellt werden. Dieses gelang nur 1995, vor allem in Velbert (667 mL; Abb. 3.7).

Demgegenüber zeigen die Mediane und Mittelwerte der vier Qualitätsgruppen erwartungsgemäß und deutlich die aufsteigenden Volumenausbeuten von den C- über B- und A- bis zu den E-Weizen (Abb. 3.8). Damit wird erkennbar, daß die Sorten hinsichtlich der Volumenausbeute sehr deutlich ihrem genetischen Potential (Züchtungsziel auf Backqualität) folgen. Hohe Volumina werden für die E-Sorten Aron, Carolus, Bussard und die A-Sorten Ambras, Astron, Petrus, Tambor ermittelt.

Die C-Sorte Apollo konnte 1998 aufgrund der sehr schlechten Verarbeitungseigenschaften nicht verbacken werden, so daß diese Probe in den zuletzt genannten Darstellungen nicht berücksichtigt wird.



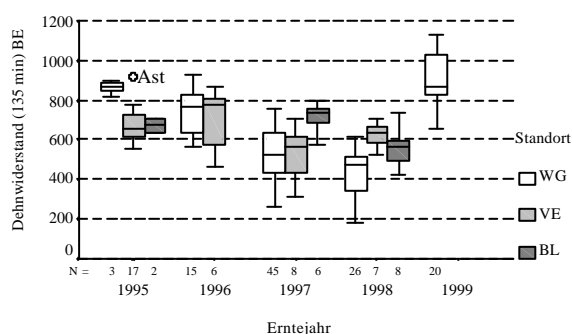
**Abbildung 3.7:** Verteilung der Volumenausbeuten (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL



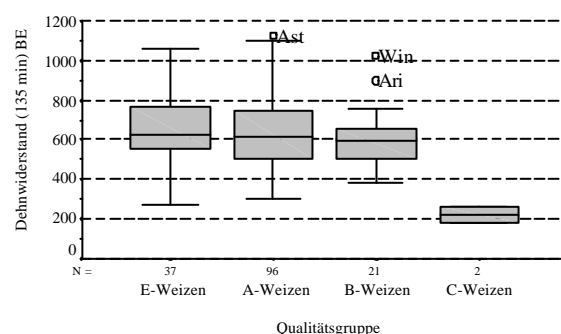
**Abbildung 3.8:** Verteilung der Volumenausbeuten (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

### 3.1.3 Kennzeichnung der rheologischen Teigeigenschaften

Die Dehnwiderstände und Dehnbarkeiten der untersuchten Teige spiegeln die beim Glutenindex angesprochenen Teigeigenschaften wider: Nicht selten werden hohe Widerstandswerte von 600 bis über 900 BE erreicht (Abb. 3.9). In den Jahren 1995, 1996 und 1999 sind die Widerstände besonders hoch, vor allem bei Sorten des Wiesengutes (>1000 BE). Die Sorten der Jahre 1997 und 1998 weisen hingegen geringere Werte von durchschnittlich 500 BE auf. Die Qualitätsgruppen E und A unterscheiden sich hinsichtlich des Widerstandes nicht sehr. Durchschnittlich weisen Elitesorten nur einen geringfügig höheren Wert auf. B-Sorten fallen stärker ab. Die beiden C-Weizenproben haben die geringsten Widerstände zu verzeichnen (Abb. 3.10). Mit Blick auf die Sorten fällt v.a. Astron mit stets hohen Widerständen auf.



**Abbildung 3.9:** Verteilung der Dehnwiderstände (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL



**Abbildung 3.10:** Verteilung der Dehnwiderstände (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Den hohen Dehnwiderständen stehen geringe Dehnbarkeiten der Teige gegenüber (Abb. 3.11). Auffällig ist, daß im Vergleich zu den Widerständen die Verteilungen der Werte in den Jahren 1995, 1996, 1997 und 1999 relativ gleich sind (90-130 mm) und Weizen des Jahres 1998 deutlich höhere

Dehnbarkeiten aufweist, allen voran die Sorten des Wiesengutes (150 mm im Durchschnitt). Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse der Sorte Carolus, die sehr hohe Werte aufweist (bis 248 mm). Das Jahr 1997 fällt aufgrund der geringen Streuung zwischen den Proben der drei Standorte auf. Die Verteilung der Dehnbarkeit über die vier Qualitätsgruppen zeigt starke Parallelen entsprechend den Verteilungen der Widerstände (nicht dargestellt).

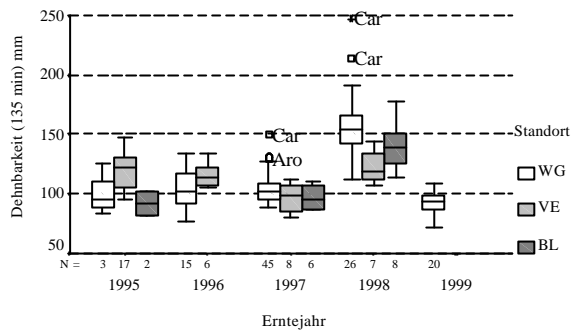


Abbildung 3.11: Verteilung der Dehnbarkeit (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

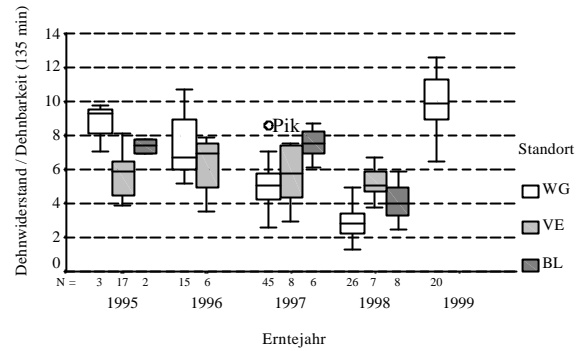


Abbildung 3.12: Verteilung des Verhältnisses von Dehnwiderstand zu Dehnbarkeit (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

Auf der Grundlage der beiden zuletzt genannten Extensogramm-Parameter läßt sich das Verhältnis zwischen Dehnwiderstand und Dehnbarkeit errechnen, das durch die insgesamt hohen Werte auffällt und damit die kurzen Teigeigenschaften unterstreicht (Abb. 3.12). Im Jahr 1998 werden die geringsten (im Mittel 3,5) und im Jahr 1999 die höchsten (im Mittel 9,9) Verhältniszahlen ermittelt. Die Verteilung innerhalb der Gruppen entspricht erneut der der Dehnwiderstände (nicht dargestellt).

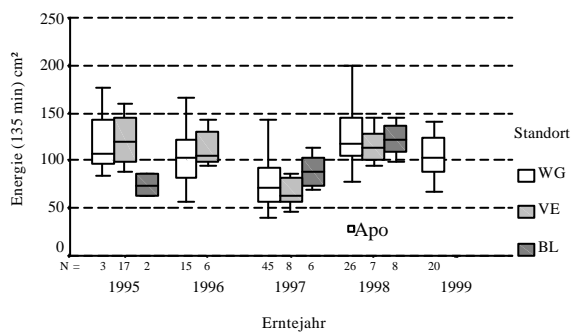


Abbildung 3.13: Verteilung der Extensogramm-Energie (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

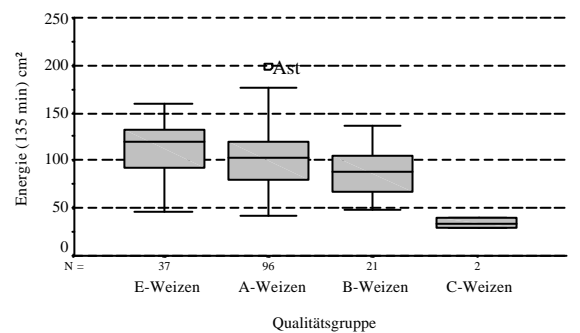


Abbildung 3.14: Verteilung der Extensogramm-Energie (als Boxplots) der vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Der Jahreseinfluß wird auch in dem Extensogramm-Parameter Energie deutlich (Abb. 3.13). Erneut ist es das Jahr 1997, das in dieser Variable signifikant abfällt (im Mittel 76 cm<sup>2</sup>). 1998 steigen die Werte hingegen wieder an und liegen im Bereich der ersten beiden Jahre (ca. 100-140 cm<sup>2</sup>). Die breiteste Verteilung findet sich bei den Sorten des Wiesengutes, vor allem 1997 und 1998. Zu erwähnen ist die Sorte Apollo, da dieser C-Weizen hinsichtlich seiner Extensogramm-Energie am

deutlichsten abfällt. Im Vergleich zu den anderen Parametern der Dehnungskurve werden bei der Energie die qualitativen Sortenunterschiede wie auch beim Sedimentationswert und der Volumenausbeute deutlich. Anhand der Flächeninhalte läßt sich damit die qualitative Reihenfolge von den E- über die A- und B-Sorten zu der sehr stark abfallenden C-Gruppe aufstellen (Abb. 3.14). Nur wenige Sorten erreichen Energien über 150 cm<sup>2</sup>. Sorten mit relativ hohen Werten (>120 cm<sup>2</sup>) sind Astron und vor allem Aron, Bussard, Carolus und Ambras.

### 3.2 Charakterisierung der Kleberfraktionsergebnisse nach Jahren, Standorten und Qualitätsgruppen

Die Darstellung der Kleberproteine erfolgt ebenfalls über die Beschreibung der Verteilung der einzelnen Fraktionen in jedem Jahr und auf jedem Standort. Anschließend werden die Häufigkeitsverteilungen der Kleberdaten nach Weizenqualitätsgruppen aufgeführt (E bis C).

#### 3.2.1 Verteilung der Gliadine und Glutenine

Die Abbildung 3.15 signalisiert die starken Jahreseinflüsse auf die Gliadinegehalte. Die Werte liegen zwischen 3,3 und 9,2 Einheiten. Die Gliadin-Ergebnisse liegen in den Jahren 1995 und 1996 auf hohem Niveau (im Mittel 6,7 bzw. 6,8 Einheiten) und werden in den darauf folgenden Ernten nicht mehr erreicht. Den geringsten Gliadinegehalt mit durchschnittlich 4,9 Einheiten weist das Jahr 1997 auf. Im Vergleich zu den beiden ersten Jahren sind die Gliadinverteilungen eng. Bis auf das Jahr 1995 erreicht das WG stets die vergleichsweise höchsten Werte.

Noch eindeutiger wird der Standorteffekt bei den Gluteninen sichtbar, deren Werte im Mittel zwischen 2,5 und 4,0 liegen: Deutlich setzt sich das WG in allen Jahren mit hohen Werten von den anderen Standorten ab. Gleichzeitig finden sich auf dem WG auch die breitesten Verteilungen. In Abbildung 3.16 fällt besonders das Jahr 1998 mit hohen, aber auch niedrigen Werten auf. Die Gehalte des Jahres 1999 nehmen, wie auch schon bei den Gliadinen, eine mittlere Position ein. Die geringsten Gehalte werden erneut im Jahr 1997 gemessen.

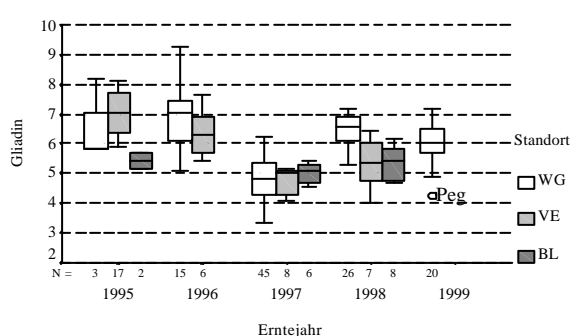


Abbildung 3.15: Verteilung der Gliadine (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

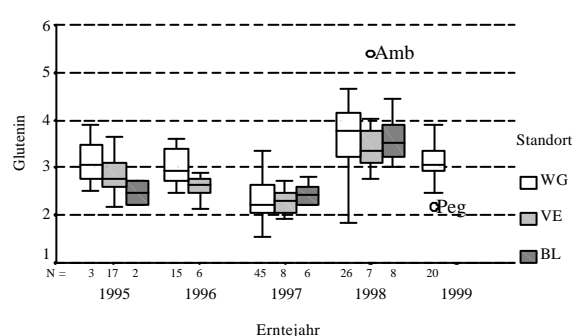
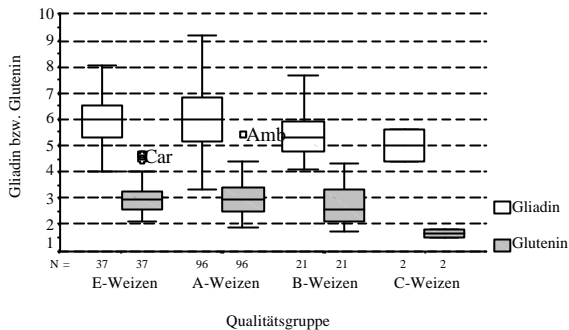


Abbildung 3.16: Verteilung der Glutenine (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

Sorten mit hohen Gliadin- und Glutengehalten sind Ambras, Astron, Carolus (nicht 1999), Tambor und Toronto (1995 und 1996). Hohe Glutenin- bei unauffälligen Gliadinegehalten hat vor allem die Sorte Bussard. Mit sehr geringen Gluteninbefunden bei normalen Gliadinwerten fällt Apollo auf.



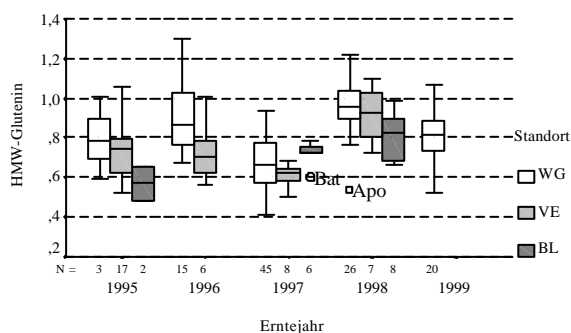
**Abbildung 3.17: Verteilung der Gliadine und Glutenine (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C**

zu den Gluteninen. Auffallend ist auch, daß die Werte der Sorten in der A-Gruppe im Vergleich zu denen der anderen Qualitätsgruppen deutlich stärker streuen (Abb. 3.17).

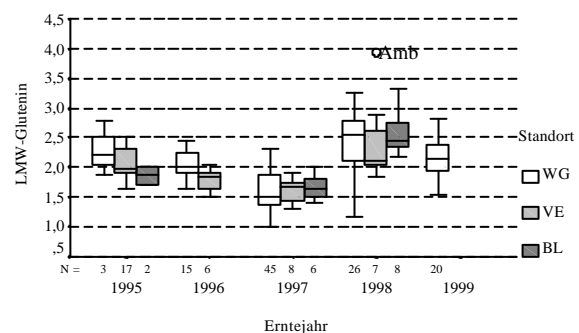
Die Verteilungen der Gliadine und Glutenine verhalten sich in den vier Qualitätsgruppen tendenziell sehr ähnlich: Zwischen den Medianen der Elite- und Qualitätsweizen kann kaum ein wesentlicher Unterschied gemessen werden und die B- und C-Sorten fallen sowohl bei den Gliadinen als auch den Gluteninen deutlich ab. Bei den Gliadinen ist der Unterschied zwischen B- und C-Qualitäten aber weniger groß im Vergleich

### 3.2.2 Verteilung der HMW- und LMW-Gluteningehalte

Bei der Fraktion der HMW-Glutene fallen die quantitativen Unterschiede (Streuungen) zwischen den Jahren geringer aus als bei den Gliadinen und der Summe der Glutenine. Die Mittelwerte der einzelnen Jahre liegen zwischen 0,67 Einheiten im Jahr 1997 und 0,92 Einheiten im Jahr 1998. Die höchsten Werte werden im Jahr 1996 auf dem WG gemessen. Mit Blick auf die Standorte wird eine deutliche Stufenbildung der Verteilung sichtbar: Die Sorten des WG weisen die höchsten und die des Standortes BL die niedrigsten Gehalte auf (bis auf BL 1997). Die Verteilung in den untersuchten Jahren ist relativ symmetrisch, nur das Jahr 1997 weicht mit einer sehr engen Verteilung ab, vor allem in VE und BL (Abb. 3.18).



**Abbildung 3.18: Verteilung der HMW-Glutenein (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL**

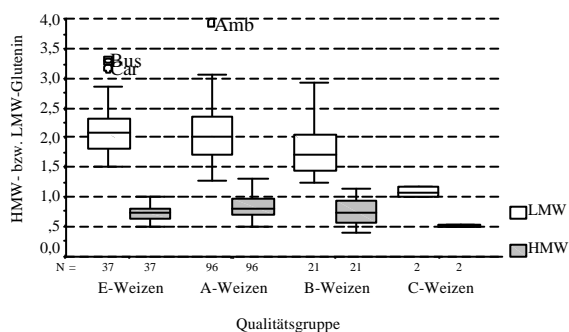


**Abbildung 3.19: Verteilung der LMW-Glutenein (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL**

Im Gegensatz zu den HMW-Untereinheiten werden die Jahresunterschiede bei den LMW-Gluteninen wieder deutlicher sichtbar und zeigen Parallelen zu den Glutenin-Gesamtdaten (Abb. 3.19). Die Sorten im Jahr 1997 besitzen die geringsten und die Sorten im Jahr 1998 die höchsten Gehalte (durchschnittlich 1,61 bzw. 2,47 Einheiten). Die Daten des Jahres 1998 fallen gleichzeitig durch die breiteste Verteilung vor allem auf dem WG auf. In VE ist besonders Ambras als Extremwert zu nennen. Das WG weist, wie schon bei den HMW-Gluteninen, die vergleichsweise höchsten LMW-Gehalte auf.

Erneut haben v.a. die Sorten Ambras, Astron und Tambor hohe HMW-Gehalte. Hohe LMW-Werte werden auch für die Sorten Ambras und Astron, aber auch für Aron, Bussard und Carolus (nicht 1999) ermittelt. Die C-Sorte Apollo fällt abermals mit sehr geringen Werten auf.

Die Verteilungen nach Qualitätsgruppen (Abb. 3.20) zeigen für die HMW-Untereinheiten, wie gering die Unterschiede zwischen den drei Gruppen bzw. deren Verteilungen sind. Das größte 50 %-Quartil (inkl. Mittelwert) weisen die A-Weizen und nicht die E-Weizen auf. Auch die Gehalte der B-Sorten, die zwar eine breitere Verteilung aufweisen, befinden sich im Mittel bei 0,7 bis 0,8 Einheiten und unterscheiden sich nicht stark von denen der höheren Qualitätsgruppen. Demgegenüber fallen die Gehalte der C-Qualitäten deutlich ab.



**Abbildung 3.20: Verteilung der HMW- und LMW-Glutenine (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C**

Die Verteilung der Gehalte an LMW-Glutenin ist, auch bedingt durch den größeren Mengenanteil, deutlich breiter als die der oben genannten HMW-Untereinheiten. Es werden Extremwerte bei den E- (Bussard, Carolus) und A-Sorten (Ambras) in Abbildung 3.20 gekennzeichnet. Die Reihenfolge nach mittleren LMW-Gehalten läßt die E- mit durchschnittlich 2,14 Einheiten knapp vor den A-Sorten (2,06) stehen und B- und vor allem C-Sorten deutlich abfallen (1,84 bzw.

1,09).

### 3.2.3 Verteilung der Gehalte der HMW-Glutenin-Untereinheiten

Hier soll der Blick vor allem auf die Allele und Summenparameter und weniger auf einzelne Untereinheiten gerichtet werden.

Die Verteilungen der x- und y-HMW-Untereinheiten über die Jahre folgen wie erwartet denen der Gesamt-HMW-Glutenine. Bei den x-HMWs (Abb. 3.21) weisen die Sorten des Jahres 1997 die



geringsten und die des Jahres 1998 die höchsten Gehalte auf (durchschnittlich 0,48 bzw. 0,63 Einheiten). Das WG fällt darüber hinaus mit breiten Streuungen in allen Jahren auf (Spannweite 0,4 Einheiten). Gleichzeitig werden auch auf diesem Standort wieder die vergleichsweise höchsten x- sowie die höchsten y-HMW-Untereinheiten registriert. Die Gehalte an y-Untereinheiten sind um den Faktor 2 bis 3 geringer (Abb. 3.21). Tendenziell verhalten sich diese Gehalte die Untereinheiten ähnlich denen der x-Fraktion, jedoch sind die Verteilungen wesentlich enger und Jahresunterschiede nicht so deutlich zu erkennen.

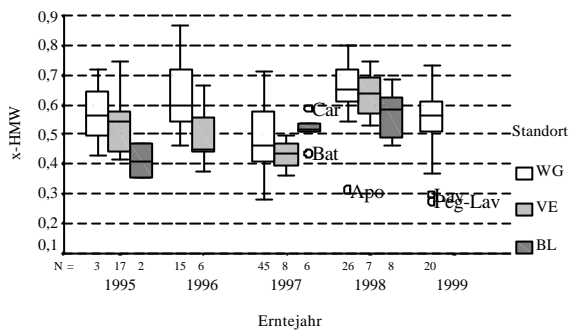


Abbildung 3.21: Verteilung der x-HMW-Gluteneinheiten (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

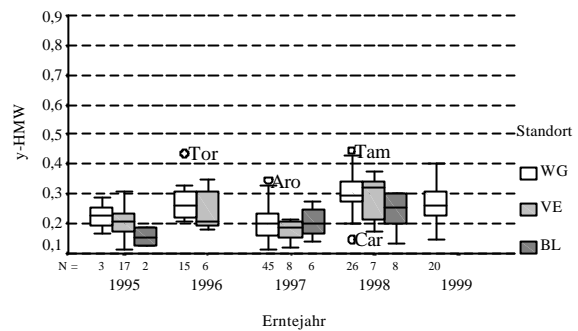


Abbildung 3.22: Verteilung der y-HMW-Gluteneinheiten (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

Sowohl bei den x- als auch bei den y-HMW-Untereinheiten weisen die A-Sorten im Mittel und im Maximum höhere Gehalte als die E-Sorten auf. Die Gehalte von E- und B-Sorten liegen dagegen fast auf gleichem Niveau. Deutlich fallen allerdings die Gehalte der C-Sorten ab, wenngleich dieses auch nur für die y-HMW-Untereinheiten zutrifft. Auch hier sind Parallelen zu den HMW-Glutenen erkennbar (Abb. 3.23).

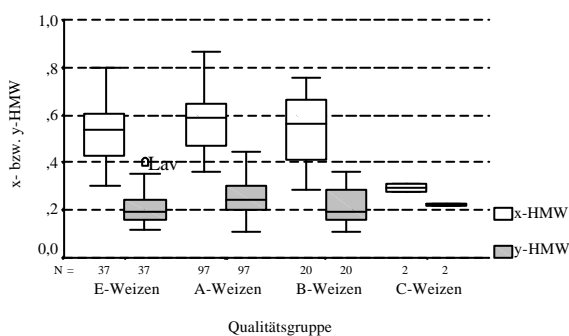


Abbildung 3.23: Verteilung der x- und y-HMW-Gluteneinheiten (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

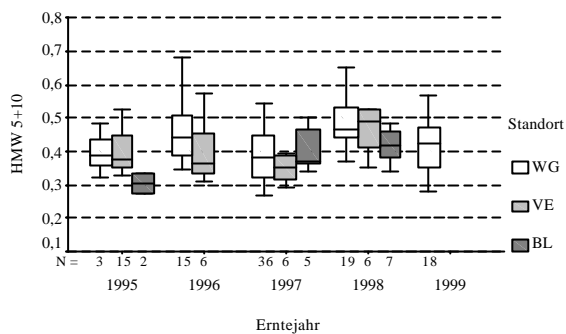
Aufgrund von Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen werden vor allen Dingen die HMW-Untereinheiten 5+10 und 2+12 betrachtet. Die Kombination von HMW 5+10 soll für gute, die Kombination von HMW 2+12 für schlechte Teigeigenschaften stehen.

Beim Allel 5+10 fallen die Jahresunterschiede, wie sie zuvor für andere Fraktionen festgestellt wurden, weniger auf.

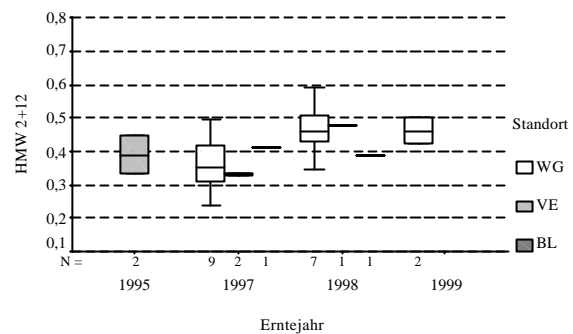
Dennoch wird erneut gezeigt, daß die

Sorten 1997 die geringsten und 1996 zusammen mit 1998 die höchsten Gehalte aufweisen (Abb. 3.24). Auf dem WG sind die Verteilungen erneut am breitesten und die Werte am höchsten.

Bedingt durch die relativ geringe Anzahl an Sorten mit dem Allel 2+12 sind Aussagen hinsichtlich der Verteilung über die Jahre nur eingeschränkt möglich. Vor allem 1997 und 1998 wurden derartige Sorten angebaut und diese zeigen hinsichtlich der Verteilung ein dem Allel 5+10 ähnliches Verhalten. Im Mittel liegen die relativ gleichmäßig verteilten Daten bei 0,36 bzw. 0,46 Einheiten (Abb. 3.25).



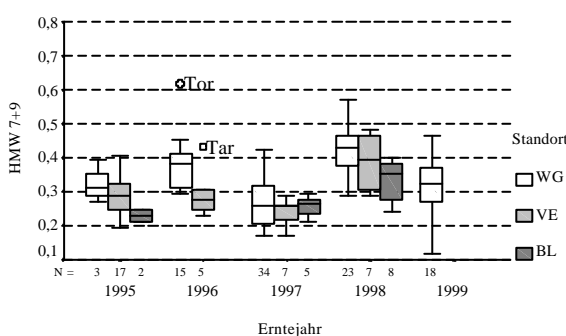
**Abbildung 3.24: Verteilung der HMW-Glutenin-Untereinheiten 5+10 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL**



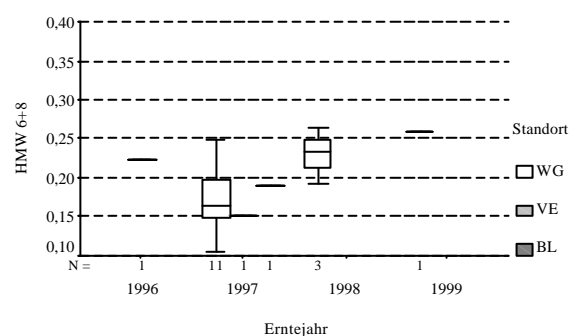
**Abbildung 3.25: Verteilung der HMW-Glutenin-Untereinheiten 2+12 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL**

Die Gehalte des Allels 7+9, die in vielen Winterweizensorten mit dem Allel 5+10 assoziiert sind, liegen unter denen der Kombination 5+10 (0,26 bis 0,40). Allerdings wird im Gegensatz zum Allel 5+10 der Jahreseinfluß hier wieder deutlich sichtbar (Abb. 3.26): Vor allem im Jahr 1998 werden sehr hohe Werte ermittelt. Entsprechend der anderen HMW-Untereinheiten zeigt erneut der Standort WG sowohl die höchsten Gehalte als auch die breitesten Verteilungen auf. Danach folgen die Standorte VE und BL.

Aussagen zum Allel 6+8 sind noch weniger als bei 2+12 möglich. Für diese Kombination wurden noch weniger Sorten untersucht. Auffallend sind allein die sehr geringen HMW-Gehalte (Abb. 3.27).



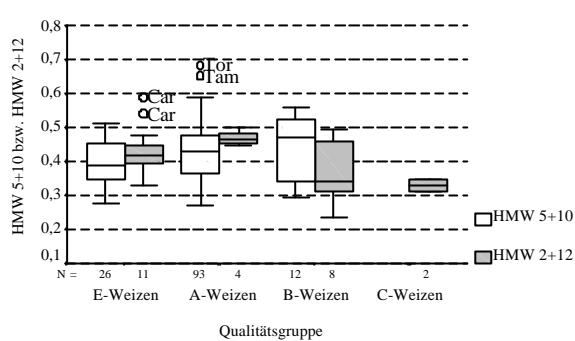
**Abbildung 3.26: Verteilung der HMW-Glutenin-Untereinheiten 7+9 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL**



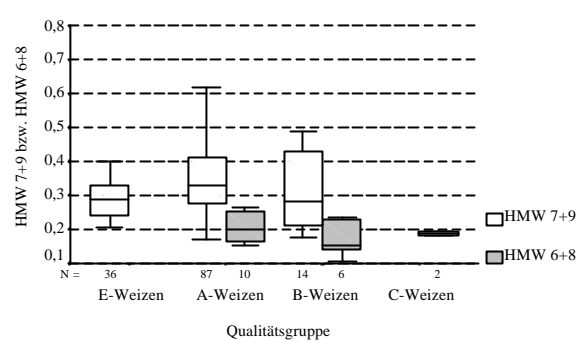
**Abbildung 3.27: Verteilung der HMW-Glutenin-Untereinheiten 6+8 (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL**

Hinsichtlich der Verteilung der als positiv angesehenen HMW-Kombination 5+10 weisen A-Weizen etwas höhere Werte (größter Median mit 0,43) als die E-Weizen auf. Der Abstand zu den A-Weizen ist allerdings relativ gering. Die Gehalte der B-Qualitäten liegen noch höher, sind aber schief

verteilt (Median 0,47). Auffällig sind die breiten Verteilungen (Abb. 3.28). C-Weizen mit dem Allel 5+10 liegen nicht vor.



**Abbildung 3.28:** Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 5+10 und 2+12 (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C



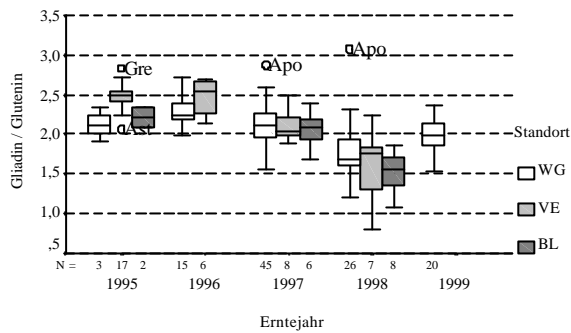
**Abbildung 3.29:** Verteilung der HMW-Glutelin-Untereinheiten 7+9 und 6+8 (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Deutlicher unterscheiden sich die Qualitätsgruppen beim Allel 2+12: Bei sehr enger Verteilung weisen A-Sorten die höchsten Gehalte (im Mittel 0,47) vor den E-Sorten auf (im Mittel 0,43). Die B-Sorten sind wiederum schief verteilt, der Median liegt bei 0,34 Einheiten. Die E-Sorte Carolus wird in der Abbildung 3.28 als Extremwert angegeben. Gleiches gilt für die A-Sorten Toronto und Tambor.

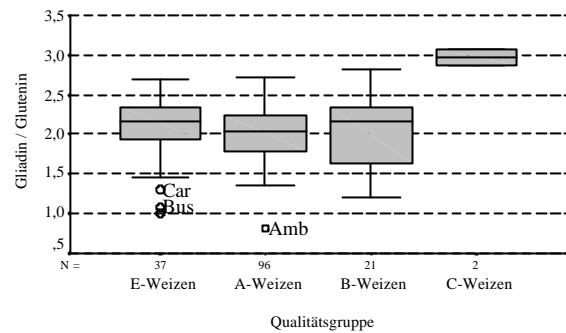
Die höchsten Gehalte für das Allel 7+9 werden bei den A-Sorten sichtbar, gefolgt von den E- und B-Sorten. Gleichzeitig befindet sich in der Gruppe der Qualitätsweizen die größte Streuung um den Mittelwert von 0,34 Einheiten. Auch bei den B-Weizen ist die Streuung auffällig groß. Die Sorten mit dem Allel 6+8 weisen demgegenüber eine deutlich engere Verteilung der Ergebnisse auf (Abb. 3.29). Interessant ist, daß keine der untersuchten Sorten zur E-Qualitätsgruppe gehört.

### 3.2.4 Verteilung der Kleberfraktions-Mengenverhältnisse

Die Verteilungen der Gliadin/Glutelin-Verhältnisse ist in allen Jahren relativ eng (Abb. 3.30). 1995 und 1996 liegen die Boxplots auf gleicher Höhe (Median 2,4); demgegenüber liegt der Median des Jahres 1997 leicht (2,1), der Median des Jahres 1998 sehr deutlich unter denen der beiden Vorjahre (1,7). Die Ursachen sind 1997 in dem geringen Gliadinegehalt zu finden. Im Gegensatz dazu sind die Gluteningehalte der Ernte 1998 sehr hoch, wodurch sich der Quotient deutlich senkt. 1997 und 1998 wird die Sorte Apollo jeweils als Extremwert bzw. Ausreißer gekennzeichnet, bedingt durch das sehr hohe Gliadin/Glutelin-Verhältnis. Gleiches gilt für die Sorte Greif 1995.

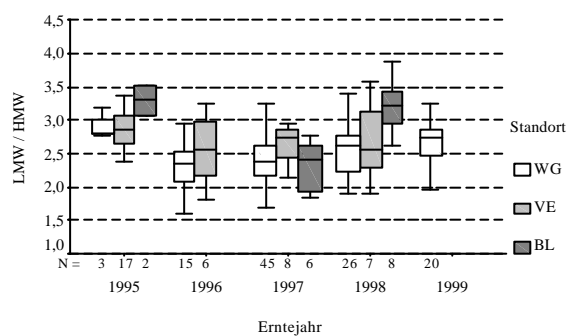


**Abbildung 3.30:** Verteilung der Gliadin/Glutenin-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

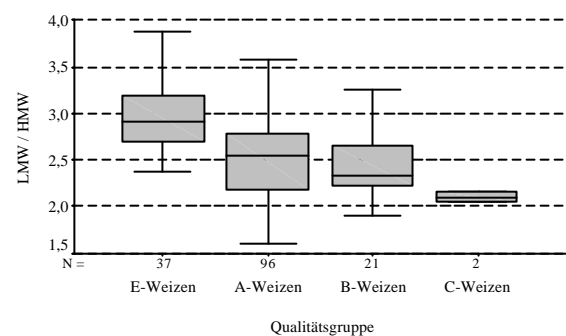


**Abbildung 3.31:** Verteilung der Gliadin/Glutenin-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Zwischen den Qualitätsgruppen sind die Unterschiede der Verteilungen nur gering (im Mittel zwischen 2,0 und 2,1 Einheiten). Allein die Proben der C-Weizen liegen deutlich über den anderen Qualitäten (3,0). Grund dafür ist der extrem geringe Gluteningehalt dieser Proben. Extremwerte mit sehr geringen Mengenverhältnissen stellen die in Abbildung 3.31 gekennzeichneten E-Sorten Carolus und Bussard dar. Ambras weist als A-Sorte einen sehr geringen Wert auf.



**Abbildung 3.32:** Verteilung der LMW/HMW-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL



**Abbildung 3.33:** Verteilung der LMW/HMW-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Eine ähnliche Verteilung hinsichtlich des LMW/HMW-Glutenin-Verhältnisses weisen die Jahre 1996, 1997 und z.T. 1998 auf (Abb. 3.32). In diesen Jahren ist der Quotient gering, vor allem auf dem WG. Hohe Werte zeigen sich hingegen im Jahr 1995, besonders in VE (auch 1998). Die Erklärung findet sich vor allem in vergleichsweise niedrigen HMW-Gehalten bei gleichzeitig moderaten LMW-Gehalten (Abbildungen 3.18 und 3.19). Zwischen den Qualitätsgruppen entsteht eine deutliche Abstufung von hohen Verhältniswerten bei E-Sorten über mittlere Werte bei A- und B-Sorten zu geringen Werten bei den C-Sorten (Abb. 3.33).

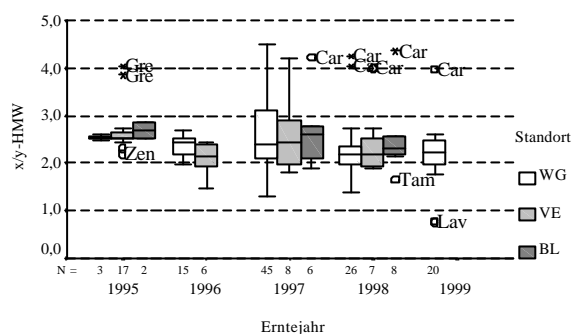


Abbildung 3.34: Verteilung der x/y-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den Jahren 1995 bis 1999 auf den Standorten WG, VE und BL

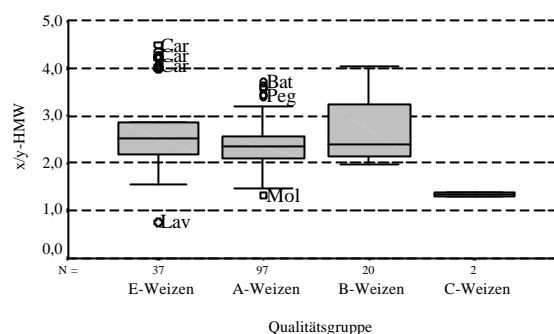


Abbildung 3.35: Verteilung der x/y-Mengenverhältnisse (als Boxplots) in den vier Qualitätsgruppen E, A, B und C

Beim x-/y-HMW-Verhältnis sind die Verteilungen in den Jahren 1995, 1996 und 1999 relativ eng. Im Jahr 1998 wird sie etwas und 1997 deutlich breiter. Demnach befinden sich fast alle Verhältniswerte in einem engen Band zwischen 2,0 und 3,0 (Abb. 3.34). Weitere herausragende Unterschiede hinsichtlich der Jahres- und Standorteinflüsse sind nicht zu erkennen. Erklärbar ist dieses damit, daß x- und y-HMW-Untereinheiten sich über die Jahre und Standorte fast gleich verhalten. Sehr auffällig ist demgegenüber die Vielzahl von Extremwerten. Während 1995 Greif und Zentos auffallen, ist 1997 bis 1999 die Sorte Carolus mit sehr hohen Verhältniswerten zu nennen. Erklärt wird diese Beobachtung der extremen Werte durch das abweichende HMW-Untereinheitenmuster der Sorten (Carolus: 1, 7, 2, 12). Im Genom B dieser Sorte fehlt eine HMW-Untereinheit. Diese Auffälligkeit wird auch in Abbildung 3.35 der Qualitätsgruppen sichtbar. Bei diesen Verteilungen fallen die Streuungen der A- und v.a. der B-Sorten auf. Weiterhin wird sichtbar, daß E-Weizen den höchsten und C-Weizen den mit Abstand geringsten Wert aufweisen.

Zusammenfassend wird anhand der Verteilungsübersicht festgestellt, daß fast alle Kleberproteinfraktionen Jahreseinflüssen unterliegen. Besonders 1997 und 1998 sind Erntejahre mit besonderen Ergebnissen. Dieser Einfluß wird in der sich anschließenden Varianzanalyse mit multiplen Vergleichen zur Sortenreihung und -differenzierung eingehender betrachtet. Gleiches gilt für die Einflüsse der Standorte. Hier ist vor allem das WG zu nennen, auf dem die Sorten meist hohe Fraktionsgehalte aufweisen.

Darüber hinaus ist eine intensivere Auseinandersetzung mit den vorhandenen Qualitätsgruppen notwendig. Zu erwarten war eine hinreichend erkennbare Stufung der Klebergehalte nach Qualitätsgruppen von E- über A- und B- zu den abfallenden C-Sorten. Stattdessen zeigen sich bei einigen Fraktionen hohe Gehalte vor allem bei A-Weizensorten. Allein die LMW-Gluteline verhalten sich entsprechend der klassischen Qualitätsgruppen.

Als Einzelsorte bemerkenswert ist Carolus: Bedingt durch das HMW-Untereinheitenmuster 2+12 fällt es häufig deutlich aus den entsprechenden Verteilungen heraus.

### 3.3 Zusammenhänge zwischen Ergebnissen der chromatographischen Kleberfraktions- und Referenzdaten

#### 3.3.1 Ergebnisse der korrelativen Beziehungen in den Jahren 1995 bis 1999

Im folgenden sollen die individuellen Beziehungen der untersuchten Kleberfraktionen zu den Ergebnissen der Mehl-, Teig- und Backprüfung anhand von Korrelationskoeffizienten dargestellt werden. Weiterhin wird jeder Koeffizient auf seine Signifikanz geprüft. Ausgewertet wurden die Zusammenhänge einerseits für jedes Jahr getrennt und andererseits zusammenfassend über alle Jahre (1995 bis 1999), um exemplarisch zu prüfen, ob sich die Korrelationen der einzelnen Jahre ähnlich verhalten oder nicht.

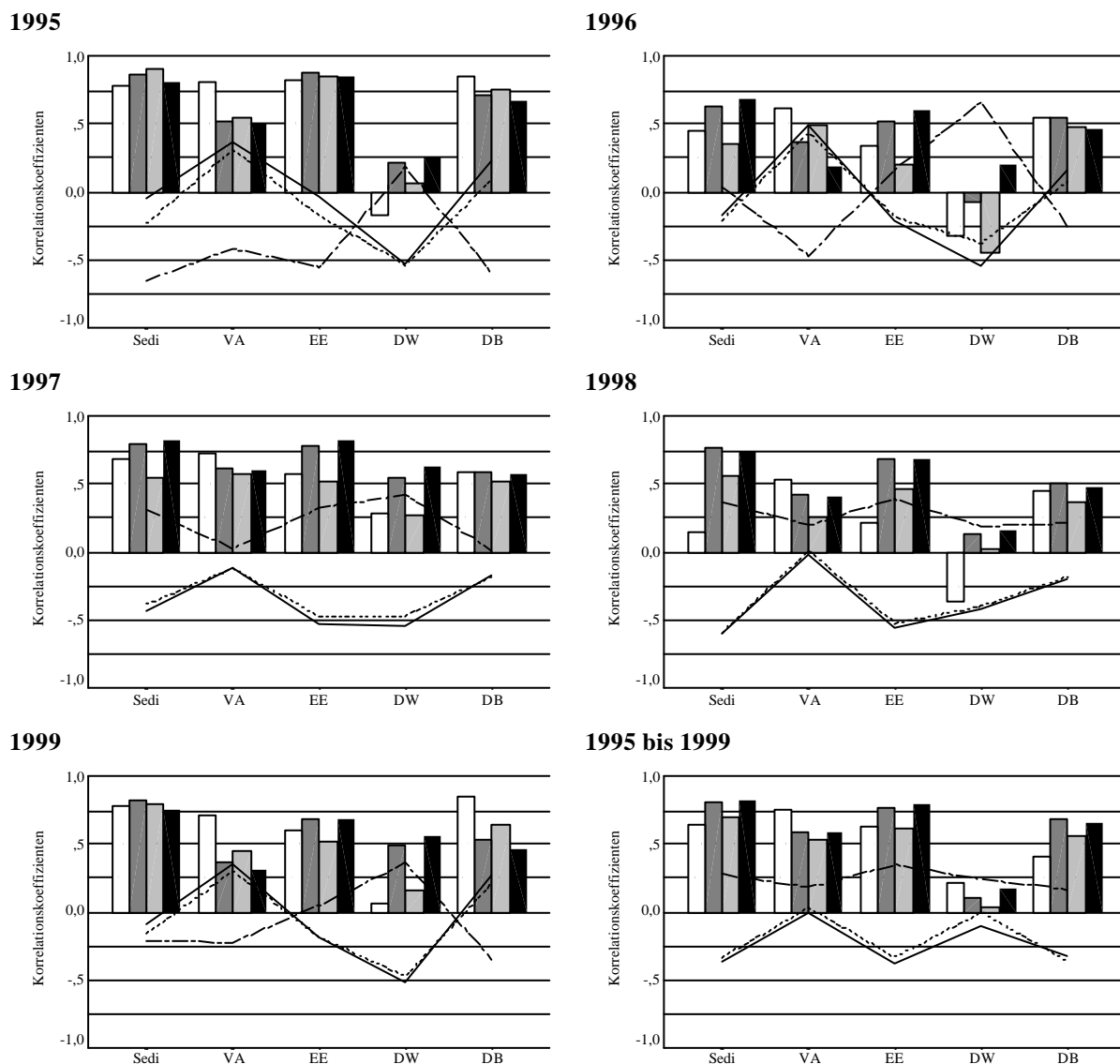
Anhand der in Abbildung 3.36 dargestellten Korrelationskoeffizienten wird gezeigt, daß sich die Zusammenhänge zwischen entscheidenden Fraktionen und den Backeigenschaften (unter Berücksichtigung von Ausnahmen) in den untersuchten Erntejahren im allgemeinen ähnlich verhalten, so daß die gesamte Auswertung der Ergebnisse über alle Jahre gemeinsam erfolgen kann.

Die Abbildung 3.36 erlaubt den Vergleich der nach Jahren getrennt dargestellten Korrelationskoeffizienten für die Hauptkleberfraktionen (Gliadin, Glutenin, HMW und LMW) bzw. der Kleberverhältnisse und eine Auswahl von wichtigen Parametern der Mehl-, Teig- und Backqualität. Die gesamten Daten stehen in den Korrelationsmatrizen der Jahre 1995 bis 1999 des Anhangs (Anhang V). Generell hoch korrelieren die Einzelfraktionen aller Jahre mit den **Sedimentationswerten** der Mehle. Die stärkste Beziehung zum Quellvolumen des Klebers zeigen stets die Glutenine, allen voran die LMW-Fraktion ( $r = 0,69-0,83$ ). Diese Beziehung zum Sedimentationswert als indirekter Parameter der Teigbeschaffenheit (Gashaltvermögen und Gärtoleranz) deutet damit auf die qualitative Relevanz der niedermolekularen Glutenine. Hinsichtlich der Gliadine fällt nur im Jahr 1998 der Koeffizient deutlich ab. Der Grund ist in den außergewöhnlich hohen Sedimentationswerten bei normalen Gliadinegehalten dieses Jahres zu vermuten (siehe Kapitel 3.1 und 3.2). Auch 1996 sind die (gesamten) Zusammenhänge geringfügig schwächer als in den restlichen Jahren.

Die Verbindungen zwischen der Gluteninfraktion bzw. der LMW-Untereinheit und den Teigeigenschaften sind wesentlich stärker ausgeprägt als bei den Gliadinen (ausgenommen der deutlichen Beziehung zur Dehnbarkeit). Dieses ist vor allem bei der **Extensogramm-Energie** zu erkennen ( $r = 0,60-0,86$ ). Bis auf das Jahr 1995, in dem alle Hauptfraktionen hoch korrelieren, fallen die Gliadine und die HMW-Untereinheiten klar zurück. Schwach und z.T. negativ sind die Korrelationen der Kleberproteine und des Dehnwiderstandes ausgeprägt (Ausnahme Glutenin, LMW 1997 und 1999). Die **Dehnbarkeit** zeigt demgegenüber, wie auch schon bei der

Extensogramm-Energie dargestellt, hohe Koeffizienten und damit eine deutlichere Beziehung der Kleberproteine zum Dehnungsverhalten der Teige.

Geringer sind demgegenüber die Zusammenhänge zwischen den Kleberproteinen und der **Volumenausbeute**. Hier dominiert in jedem Jahr die Gliadinfraktion ( $r = 0,53-0,81$ ) erkennbar vor den Gluteninen ( $r = 0,37-0,62$ ). Die Korrelationskoeffizienten der Mengenverhältnisse, dargestellt als Linien in Abbildung 3.36, sind deutlich unterschiedlich zwischen den Jahren, bedingt durch die relativen Unterschiede zwischen den Ausgangsfraktionen. Hier wirken sich kleine Unterschiede in den Einzelfraktionen deutlich auf die Quotienten aus. Verallgemeinert wird aber festgestellt, daß die absoluten Korrelationskoeffizienten kaum über den Wert von 0,6 steigen.



**Abbildung 3.36:** Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Hauptkleberfraktionen bzw. deren Mengenverhältnissen und wichtigen Parametern der Mehl-, Teig- und Backqualität, ermittelt sowohl getrennt für jedes Erntejahr als auch zusammenfassend über alle Jahre (1995-1999)

□ Gliadin    ■ Glutenin    ■ HMW    ■ LMW    ..... Gliadin/Glutin    - - - - LMW/HMW    — Gliadin/LMW  
 Sedi=Sedimentationswert;    VA=Volumenausbeute;    EE=Extensogramm-Energie;    DW=Dehnwiderstand;  
 DB=Dehnbarkeit

Aufgrund der hinreichenden Übereinstimmung der Beziehungen der jährlich dargestellten Koeffizienten zeigt die letzte Teilabbildung die genannten Zusammenhänge zusammenfassend für den gesamten Datensatz von 1995 bis 1999. Ausgehend von diesen exemplarischen Auswertungen sollen im folgenden alle Variablen detailliert auf ihre individuellen Zusammenhänge und Signifikanzen geprüft werden.

**Tabelle 3.1: Übersicht der Korrelationskoeffizienten über die Zusammenhänge zwischen Kleberfraktions- und Mehlintersuchung sowie Backprüfung der Proben von 1995 bis 1999 (Koeffizienten über 0,6 sind hervorgehoben)**

	RP	Sedi	FK	WA	VA
Sedi	<b>0,834 **</b>				
FK	<b>0,922 **</b>	<b>0,757 **</b>			
WA	<b>0,643 **</b>	0,582 **	<b>0,648 **</b>		
VA	<b>0,849 **</b>	<b>0,708 **</b>	<b>0,773 **</b>	<b>0,685 **</b>	
EE	<b>0,787 **</b>	<b>0,886 **</b>	<b>0,684 **</b>	0,389 **	<b>0,675 **</b>
DW	0,048 ns	0,253 **	-0,054 ns	-0,137 ns	-0,119 ns
DWmax	0,311 **	0,527 **	0,187 *	0,053 ns	0,144 ns
DB	<b>0,695 **</b>	<b>0,623 **</b>	<b>0,711 **</b>	0,431 **	<b>0,685 **</b>
DW/DB	-0,262 **	-0,082 ns	-0,317 **	-0,333 **	-0,404 **
Gliadin	<b>0,857 **</b>	<b>0,653 **</b>	<b>0,750 **</b>	0,574 **	<b>0,755 **</b>
Glutenin	<b>0,795 **</b>	<b>0,818 **</b>	<b>0,799 **</b>	0,431 **	0,591 **
HMW	<b>0,788 **</b>	<b>0,699 **</b>	<b>0,803 **</b>	0,519 **	0,535 **
LMW	<b>0,763 **</b>	<b>0,822 **</b>	<b>0,743 **</b>	0,396 **	0,597 **
HMW 10	<b>0,629 **</b>	0,546 **	<b>0,616 **</b>	0,401 **	0,448 **
HMW 12	<b>0,812 **</b>	<b>0,690 **</b>	<b>0,800 **</b>	0,518 **	<b>0,751 **</b>
HMW 1	0,466 **	0,475 **	0,425 **	0,357 **	0,354 **
HMW 7ab	<b>0,742 **</b>	<b>0,600 **</b>	<b>0,771 **</b>	0,508 **	0,544 **
HMW 6	<b>0,699 **</b>	<b>0,605 **</b>	<b>0,622 **</b>	<b>0,665 **</b>	0,590 *
HMW 8	<b>0,820 **</b>	0,487 *	<b>0,653 **</b>	<b>0,653 **</b>	<b>0,714 **</b>
HMW 9	<b>0,729 **</b>	<b>0,608 **</b>	<b>0,795 **</b>	0,408 **	0,458 **
HMW 5	<b>0,624 **</b>	0,436 **	<b>0,653 **</b>	0,459 **	0,439 **
HMW 2	<b>0,680 **</b>	0,595 **	<b>0,682 **</b>	0,597 **	0,586 **
x-HMW	<b>0,774 **</b>	<b>0,715 **</b>	<b>0,804 **</b>	0,579 **	0,544 **
y-HMW	<b>0,605 **</b>	0,487 **	0,590 **	0,284 **	0,382 **
HMW 5+10	<b>0,667 **</b>	0,518 **	<b>0,678 **</b>	0,461 **	0,472 **
HMW 2+12	<b>0,806 **</b>	<b>0,695 **</b>	<b>0,802 **</b>	<b>0,605 **</b>	<b>0,723 **</b>
HMW 6+8	<b>0,878 **</b>	<b>0,607 **</b>	<b>0,729 **</b>	<b>0,748 **</b>	<b>0,756 **</b>
HMW 7+9	<b>0,761 **</b>	<b>0,615 **</b>	<b>0,776 **</b>	0,470 **	0,519 **
Gliadin/Glutenin	-0,131 ns	-0,335 **	-0,251 **	0,038 ns	0,034 ns
LMW/HMW	0,095 ns	0,280 **	0,046 ns	-0,058 ns	0,183 *
Gliadin/LMW	-0,112 ns	-0,359 **	-0,196 *	0,063 ns	0,001 ns
Gliadin/HMW	-0,072 ns	-0,162 *	-0,214 **	-0,031 ns	0,143 ns
x-/y-HMW	-0,107 ns	-0,008 ns	-0,046 ns	0,118 ns	-0,030 ns

\*\* signifikant auf dem Niveau von  $\alpha < 0,01$  (2-seitig)

\* signifikant auf dem Niveau von  $\alpha < 0,05$  (2-seitig)

ns nicht signifikant ( $\alpha > 0,05$ )



Die Tabellen 3.1 und 3.2 veranschaulichen die Zusammenhänge der einzelnen Kleberfraktionsdaten sowie der Verhältnisse mit den Parametern der Mehl-, Teig- und Backprüfung über alle fünf Erntejahre. Gleichzeitig werden auch die Beziehungen der zuletzt genannten Qualitätsparameter untereinander geprüft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde die Liste der Parameter auf zwei Tabellen aufgeteilt. Gleichzeitig sind die hohen Koeffizienten ( $r > 0,6$ ) im Fettdruck dargestellt. Bei den Korrelationen der Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung untereinander sind fast alle Koeffizienten signifikant bei  $\alpha < 0,01$ . Auffällig sind die hohen Koeffizienten für die Korrelationen des Rohproteingehaltes mit den restlichen Parametern der Mehl-, Teig- und Backprüfung. Besonders bemerkenswert ist v.a. die Beziehung zur Volumenausbeute des RMT (0,849) mit dem zweithöchsten Wert nach dem Feuchtklebergehalt (0,922). Entsprechend hoch ist auch die Beziehung des Feuchtklebergehaltes zum Backvolumen (0,773). Eindeutig ist ebenfalls der Zusammenhang zwischen Extensogramm-Energie und Sedimentationswert (0,886). Vergleichsweise schwächer, aber dennoch deutlich korreliert die Extensogramm-Energie mit der Volumenausbeute (0,675). Gering bzw. nicht signifikant sind hingegen die Zusammenhänge des Dehnwiderstandes (auch im Maximum) mit den anderen Mehl- und Backparametern (Tabelle 3.1). Die Dehnbarkeit korreliert dagegen deutlicher mit diesen Befunden (0,6-0,7).

Der **Rohprotein-** und **Feuchtklebergehalt** zeigen sowohl die durchschnittlich höchsten Koeffizienten für die Zusammenhänge mit den Kleberfraktionen als auch einen auffallend parallelen Verlauf auf. Besonders die Gliadin-, aber auch die Gluteninfraktion korrelieren hoch mit dem Rohprotein (0,857 bzw. 0,795). Verglichen mit der HMW-Fraktion korrelieren die LMW-Glutene etwas schwächer (0,788 bzw. 0,763). Weitere hohe Koeffizienten finden sich bei den x-HMW-Untereinheiten (0,774). Die entsprechenden y-Untereinheiten erreichen demgegenüber stets geringere Werte. Der **Sedimentationswert** zeigt deutlich positive Beziehungen zum Glutenin-, vor allem zum LMW-Gluteningehalt auf. Hinsichtlich der Parameter der Backprüfung (Wasseraufnahme und **Volumenausbeute**) sind die Beziehungen zu den Kleberfraktionen schwächer. Interessant erscheint weiterhin, daß die HMW-Untereinheiten 5+10 keine höheren Koeffizienten gegenüber den Untereinheiten 2+12 aufweisen. Auffallend gering bzw. nicht signifikant sind hingegen - unabhängig vom Qualitätsparameter - die Korrelationskoeffizienten für die Mengenverhältnisse der Kleberfraktionen (Tab. 3.1).

Hinsichtlich der (teigrheologischen) Extensogramm-Ergebnisse (Tabelle 3.2) weisen die Parameter **Extensogramm-Energie** und **Dehnbarkeit** hohe, der Dehnwiderstand (auch im Maximum) und das Verhältnis Dehnwiderstand zu Dehnbarkeit geringe bzw. nicht signifikante Zusammenhänge zu den Kleberproteinen auf. Wesentlich erscheinen die Beziehungen zwischen der Extensogramm-Energie und den Gluteninen (vor allem der LMW-Untereinheiten mit  $r = 0,803$ ). Damit weisen die niedermolekularen Glutenine den im Vergleich zu allen untersuchten Fraktionen höchsten Koeffizienten gegenüber den rheologischen Teiguntersuchungen auf. Darüber hinaus korrelieren nur noch die x-HMW-Untereinheiten hoch mit der Energie, erreichen aber nicht das Niveau des

Koeffizienten der LMW-Fraktion. Der Zusammenhang zwischen der Dehnbarkeit und den Kleberfraktionen ist demgegenüber etwas schwächer, läßt aber auch relativ hohe Koeffizienten bei den Glutenin-Untereinheiten und den x-HMW-Untereinheiten erkennen. Erneut korreliert diese zuletzt genannte, zusammenfassende Fraktion höher als die Summe der y-HMW-Untereinheiten. Auch hier lassen die Mengenverhältnisse keine besseren bzw. signifikanten Zusammenhänge erkennen.

**Tabelle 3.2: Übersicht der Korrelationskoeffizienten über die Zusammenhänge zwischen Kleberfraktions- und rheologischen Teiguntersuchungen (Extensogramm) der Proben von 1995 bis 1999**

	EE	DW	DWmax	DB	DW/DB
Sedi					
FK					
WA					
VA					
EE					
DW	0,351 **				
DWmax	<b>0,615 **</b>	<b>0,940 **</b>			
DB	<b>0,642 **</b>	-0,433 **	-0,165 *		
DW/DB	-0,032 ns	<b>0,909 **</b>	<b>0,745 **</b>	<b>-0,701 **</b>	
Gliadin	<b>0,633 **</b>	0,219 **	0,402 **	0,412 **	-0,030 ns
Glutenin	<b>0,776 **</b>	0,107 ns	0,352 **	<b>0,685 **</b>	-0,178 *
HMW	<b>0,612 **</b>	0,030 ns	0,238 **	0,567 **	-0,218 **
LMW	<b>0,803 **</b>	0,172 *	0,413 **	<b>0,655 **</b>	-0,118 ns
HMW 10	0,475 **	-0,027 ns	0,150 ns	0,542 **	-0,238 **
HMW 12	0,558 **	-0,260 ns	-0,065 ns	<b>0,719 **</b>	-0,402 *
HMW 1	0,418 **	0,224 *	0,342 **	0,153 ns	-0,001 ns
HMW 7ab	0,480 **	-0,160 ns	0,024 ns	<b>0,609 **</b>	-0,353 **
HMW 6	<b>0,604 **</b>	0,386 ns	0,480 *	0,393 ns	0,213 ns
HMW 8	0,553 *	0,142 ns	0,265 ns	<b>0,618 **</b>	-0,079 ns
HMW 9	0,509 **	-0,086 ns	0,110 ns	<b>0,625 **</b>	-0,293 **
HMW 5	0,359 **	-0,119 ns	0,041 ns	0,467 **	-0,295 **
HMW 2	0,574 **	0,101 ns	0,294 ns	0,425 *	-0,101 ns
x-HMW	<b>0,629 **</b>	0,022 ns	0,231 **	0,587 **	-0,240 **
y-HMW	0,421 **	0,035 ns	0,186 *	0,383 **	-0,124 ns
HMW 5+10	0,439 **	-0,082 ns	0,097 ns	0,534 **	-0,287 **
HMW 2+12	<b>0,613 **</b>	-0,082 ns	0,128 ns	<b>0,616 **</b>	-0,269 ns
HMW 6+8	<b>0,652 **</b>	0,271 ns	0,399 ns	<b>0,602 **</b>	0,041 ns
HMW 7+9	0,487 **	-0,091 ns	0,099 ns	0,520 **	-0,290 **
Gliadin/Glutenin	-0,334 **	0,000 ns	-0,100 ns	-0,367 **	0,110 ns
LMW/HMW	0,349 **	0,243 **	0,307 **	0,166 *	0,152 ns
Gliadin/LMW	-0,389 **	-0,107 ns	-0,206 **	-0,327 **	0,015 ns
Gliadin/HMW	-0,099 ns	0,171 *	0,110 ns	-0,254 **	0,221 **
x-/y-HMW	0,021 ns	-0,048 ns	-0,054 ns	0,068 ns	-0,068 ns

\*\* signifikant auf dem Niveau von  $\alpha < 0,01$  (2-seitig)

\* signifikant auf dem Niveau von  $\alpha < 0,05$  (2-seitig)

ns nicht signifikant ( $\alpha > 0,05$ )

Unter den einzelnen HMW-Untereinheiten zeigt die Untereinheit 7ab die deutlichste Beziehung zu den verschiedenen Qualitätsparametern. Auffällig sind auch die hohen Werte der Untereinheit 12 bzw. des Allels 2+12. Zusammen mit der Kombination 6+8 weist dieses Allel die höchsten errechneten Zusammenhänge auf. Hinsichtlich der Beziehungen mit einzelnen HMW-Untereinheiten muß allerdings die der Berechnung zugrunde liegende Probenanzahl und die Sortenauswahl berücksichtigt werden. Beides kann durch ungünstige Zusammenstellung (zu geringe Anzahl, einseitige Sortenwahl) zu Scheinkorrelationen führen. In dem zugrunde liegenden Kollektiv liegt einerseits der Schwerpunkt auf den Sorten mit dem Allel 5+10 und andererseits dominieren die Sorte Carolus (1, 7, 2, 12) und Xanthos (1, 6, 8, 5, 10) und begrenzen damit die Aussagekraft der zuletzt genannten Ergebnisse.

Aufgrund der plausiblen Beziehung zwischen Kleberproteinfraktionen und dem Rohproteingehalt (PECHANÉK ET AL., 1997) sollen entscheidende partielle Korrelationen unter der Berücksichtigung des Rohproteingehaltes es berechnet werden, um eventuelle Scheinzusammenhänge aufzudecken, die zu einer Fehlinterpretation führen können. Besonders interessant sind diesbezüglich Effekte auf die **niedermolekulare (LMW) Glutenine**, da diese Fraktion den geringsten Zusammenhang mit dem Protein aufweist (s.o.) und deutliche Beziehungen zu den rheologischen Teigeigenschaften erkennen läßt. Tabelle 3.3 nennt die Koeffizienten der partiellen Korrelation unter Ausschluß des möglichen Einflusses des Mehlproteingehaltes. Während die HMW-Fraktion hinsichtlich der Extensogramm-Parameter keine signifikanten Daten mehr erreicht, kann das LMW-Glutenin die signifikanten Koeffizienten der bivariaten Korrelation bestätigen, allerdings auf einem deutlich geringeren Niveau (partiell = 0,489; bivariat = 0,803). Bemerkenswert ist auch der Koeffizient zwischen den Gliadinen und der Dehnbarkeit, der hier im Gegensatz zur bivariaten Korrelation mit -0,496 einen signifikant negativen Zusammenhang aufweist. Signifikant positiv ist hingegen die Korrelation mit dem Dehnwiderstand (0,385). Dieses spricht für eine die Teigqualität verschlechternde Wirkung von anteilig hohen Gliadinmengen. Ergänzend ist noch zu erwähnen, daß keine der aufgeführten Fraktionen einen positiven Zusammenhang mit der Volumenausbeute aufweist.

**Tabelle 3.3: Übersicht der partiellen Korrelationskoeffizienten für die Fraktionen Gliadin, Glutenin, HMW- und LMW-Glutenin gegenüber EE, DW und DB unter Berücksichtigung des Mehlproteingehaltes der Proben von 1995 bis 1999**

	EE	DW	DB
Gliadin	-0,125 ns	0,385 **	-0,496 **
Glutenin	0,381 **	0,089 ns	0,311 **
HMW	-0,054 ns	-0,038 ns	0,047 ns
LMW	0,489 **	0,185 *	0,276 **

(Erläuterungen siehe Tabelle 3.1)

Da die Bedeutung der niedermolekularen Fraktion der Glutenine für die Teigqualität mit den vorangehenden Ergebnissen unterstrichen wird, soll im folgenden überprüft werden, inwieweit diese

Kleberfraktion von Effekten abhängt, die aus den sehr unterschiedlichen Erntejahren resultieren. Bei der Beschreibung der Verteilung der Fallzahlen wurde auf den **Auswuchs** im Korn bzw. Mehl hingewiesen. Die Auswirkungen der Fallzahlen, vor allem der Jahre 1997 und 1998, auf die Teigqualität wird in Tabelle 3.4 dargestellt. Anhand der Korrelationskoeffizienten zwischen den **Extensogramm**-Parametern und der Fallzahl für die Jahre 1995 bis 1999 wird deutlich, daß mit zurückgehenden Fallzahlen der Dehnwiderstand sinkt ( $r = 0,623$ ) und die Dehnbarkeit ansteigt ( $r = -0,485$ ). Nicht signifikant hingegen ist die Beziehung zur Extensogramm-Energie ( $r = 0,036$ ). Vor allem im Jahr 1998 weisen einige Proben Fallzahlen mit weniger als 100 sec auf, die sich negativ auf die Teigeigenschaften auswirken.

**Tabelle 3.4:** Übersicht der Korrelationskoeffizienten zwischen den Fallzahlen und den Teigeigenschaften (Extensogramm) der Ernten 1995 bis 1999

	DW	DB	EE	LMW-Glutenin
Fallzahl sec	0,623 **	-0,485 **	0,036 ns	-0,168 *

(Erläuterungen siehe Tabelle 3.1)

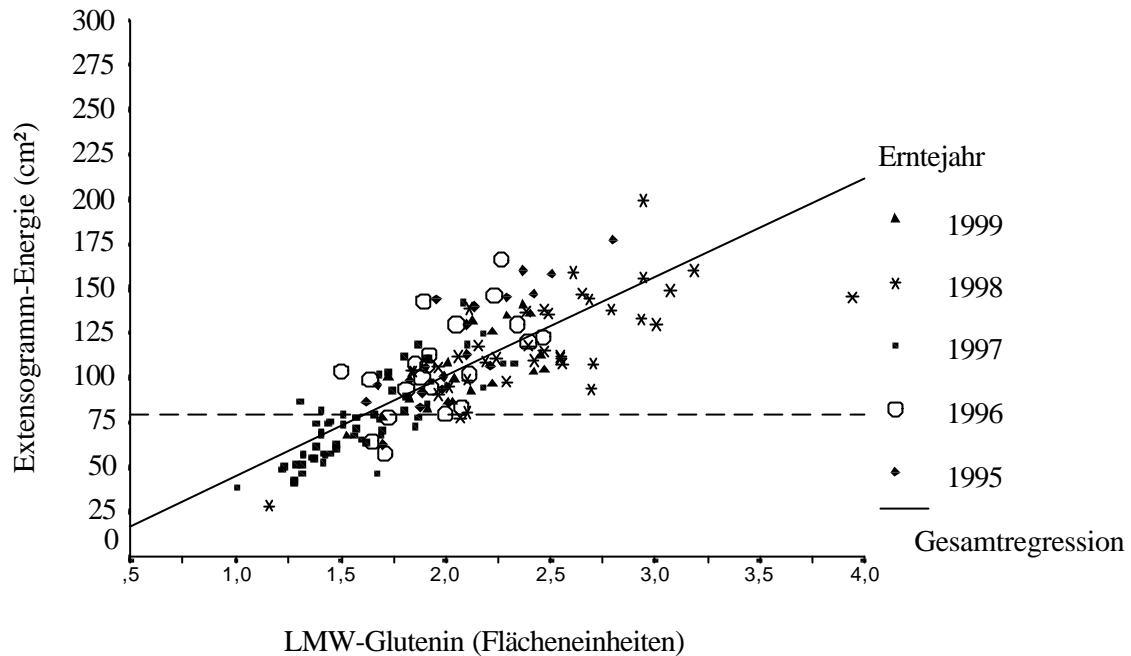
Es gelingt aber nicht, diese Veränderung in Beziehung zu den LMW-Gluteninen zu setzen, deren Gehalte nicht abgenommen haben. So fällt das Jahr 1998 zwar durch vergleichsweise hohe LMW-Gehalte, nicht aber durch einen vergleichbaren Zusammenhang mit der Fallzahl auf. Der Korrelationskoeffizient ist zwar signifikant, allerdings sehr gering ( $r = -0,168$ ). Auch die einjährige Verrechnung der LMW-Fraktion und der Fallzahlen gibt keinen Hinweis auf einen quantitativen Effekt. Teig rheologische Effekte des Auswuchses, die eventuell durch proteolytische Effekte auf niedermolekulare Glutenine bedingt sein sollen, können daher anhand dieser Ergebnisse nicht erkannt werden.

### 3.3.2 Ableitung quantitativer Mindestbedingungen und erweiterte Betrachtung der backentscheidenden Zusammenhänge

Die als besonders günstig erkannte Einzelbeziehung der LMW-Glutenine zu den rheologischen Teigeigenschaften soll weiter untersucht und besonderes Augenmerk auf die Bedeutung für die Extensogramm-Energie als Ausdruck des Gashaltevermögens im Teig gerichtet werden. Nach BRÜMMER (1997) erreichen Mehle aus extensivem Anbau noch durchschnittliche Qualitäten, wenn u.a. im Extensogramm ein Energiewert von mindestens  $80 \text{ cm}^2$  erreicht wird. Dieser Wert soll in der folgenden Darstellung genutzt werden, um einen Mindestgehalt an niedermolekularen Gluteninen zu ermitteln, der diese noch hinreichenden Teigqualitäten ermöglicht.

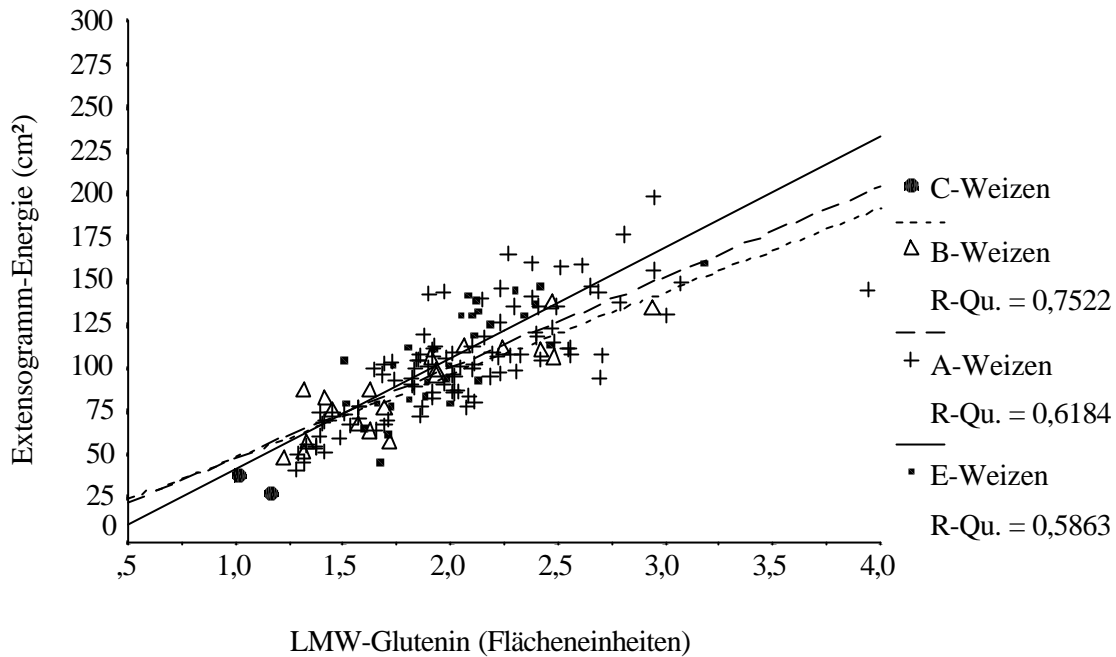
Die erklärbare Varianz ( $R^2$ ) der einfachen Regression liegt bei annähernd 65 % der gesamten Streuung (Abb. 3.37). Diese günstige Anpassung erlaubt die Ableitung einer ersten Näherung an Kleberfraktionsgehalten hinsichtlich qualitativer Aussagen, die anhand der hier untersuchten Proben

mit 1,7 Flächeneinheiten angegeben werden. Dieser Wert kann damit den notwendigen Mindestgehalt an LMW-Glutelin für eine im Organischen Landbau angestrebte Weizenteigqualität kennzeichnen.



**Abbildung 3.37:** Zusammenhang zwischen den LMW-Glutelinen und der Extensogramm-Energie in den Jahren 1995 bis 1999; eingezeichnet ist eine Bezugslinie bei 80 cm<sup>2</sup>, ab der eine durchschnittliche Teigqualität erwartet wird

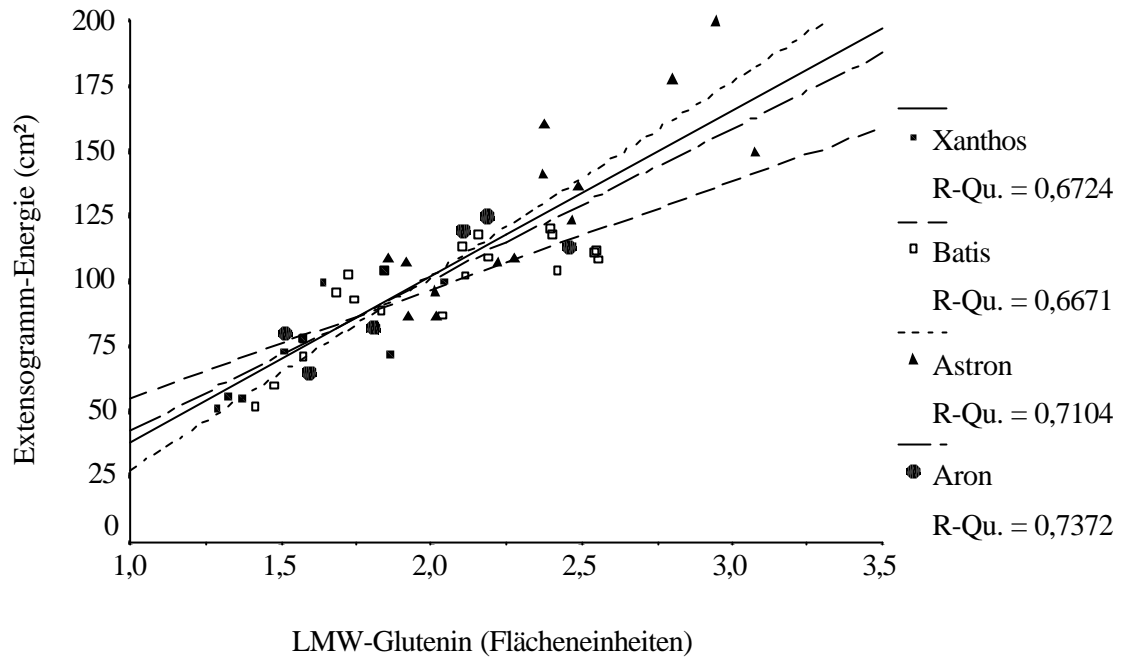
Werden innerhalb dieser Punktwolke für 1995 bis 1999 die Sorten entsprechend ihrer Qualitätsgruppen nach BSL gekennzeichnet (ohne die Sortenmischungen) und die Anpassungsgeraden für jede Gruppe eingezeichnet (Abb. 3.38), so ergeben sich für E-, A- und B-Weizen unterschiedliche Steigungen der Anpassungslinien ( $E > A > B$ ). Aufgrund der geringen Anzahl an Weizenproben der C-Gruppe kann keine Regression errechnet werden. Allerdings wird erwartungsgemäß deutlich, daß diese Proben wesentlich geringere LMW-Gehalte aufweisen als die Sorten anderer Gruppen. Es wird die Hypothese abgeleitet, daß die Sorten der verschiedenen Gruppen hinsichtlich der Teigeigenschaften unterschiedlich stark auf einen steigenden LMW-Gehalt reagieren. Die qualitative Reihenfolge entspricht der oben genannten. Das bedeutet, daß bei gleichem LMW-Gehalt die Qualität, d.h. die Zusammensetzung dieser Gluteninfraktion einen Einfluß auf die rheologischen Eigenschaften im Teig haben muß. Da aber, ausgehend von der verwendeten Methode, die im Kapitel 2.2.3 beschriebene Optimierung der RP-HPLC-Trennung keine qualitative Unterscheidung zwischen den Qualitätsgruppen erlaubt, kann auch hier kein endgültiger chromatographischer Beweis für die qualitativen Unterschiede innerhalb der LMW-Gluteline der verschiedenen Sorten dargestellt werden.



**Abbildung 3.38:** Zusammenhang zwischen der Extensogramm-Energie und den LMW-Gluteninen mit Angabe der Regressionsgeraden und des Bestimmtheitsmaßes (R-Qu.) für die Qualitätsklassen E, A und B der BSL

Darüber hinaus korrelieren innerhalb der genannten Gruppen die Ergebnisse einzelner, exemplarischer Sorten deutlich miteinander, so daß sich höhere Bestimmtheitsmaße als bei der Gesamt- oder Gruppenregression ergeben (Aron = 0,737; Abb. 3.39). Die Sorten unterscheiden sich demnach vor allem in der Lage ihrer Geraden. Es muß aber einschränkend erwähnt werden, daß die Anzahl der Stichproben pro Sorte zu gering sind, um diese Aussagen als gesichert ansehen zu können.

Auf diese Weise wird gezeigt, daß die Gesamtregression (Abb. 3.37) zwischen LMW-Glutenin und der Extensogramm-Energie die Gesamtvarianz vergleichsweise gut erfaßt, die Schar von unterschiedlichen sortenspezifischen Regressionsgeraden einer sehr hohen Anpassung jedoch entgegenstehen. Dieses unterstreicht - neben den quantitativen Effekten der LMW-Fraktion - erneut die Bedeutung der qualitativen Zusammensetzung der LMW-Glutenine und die damit verbundenen Potentiale der jeweiligen Sorten, die durch die BSL-Gruppierung gegliedert werden.



**Abbildung 3.39:** Exemplarische Charakterisierung des Sorteneinflusses hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen der Extensogramm-Energie und den LMW-Gluteninen mit Angabe der Regressionsgeraden und des Bestimmtheitsmaßes (R-Qu.) für die dargestellten Sorten

### 3.4 Ergebnisse zu Sorten-, Jahres- und Standorteffekten auf Kleberfraktionen sowie Auswirkungen auf quantitative Sortenreihungen und -differenzierungen

#### 3.4.1 Übersicht der ausgewerteten Datensätze

Entsprechend der Zielsetzung steht die Sortenreihung und die Charakterisierung der Sorteneffekte innerhalb der wichtigen Kleberfraktionen im Vordergrund. Diesen Prüfungen auf Unterschiede im Klebergehalt werden gleichartige Kontrollen anhand der Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung gegenübergestellt. Wie schon im Kapitel 2.1.1 dargestellt, dominieren im dort beschriebenen Gesamtkollektiv die Sorten Ambras, Astron und Batis, so daß auch in der folgenden Auswertung vor allem diese Sorten vorangestellt werden.

Zu Beginn werden diese Effekte über die Jahre 1996 bis 1999 auf den in Tabelle 3.5 angegebenen Standorten verglichen (Datensatz 1). Gleichzeitig werden in den Jahren 1997 und 1998 die vier auf allen Standorten als Sortenversuch angebauten Sorten gegenübergestellt (Datensatz 2) und es treten die Sorten Carolus und Tambor hinzu. Die Unterschiede zwischen insgesamt sechs Sorten werden 1997 und auch 1998 auf allen drei Standorten berechnet (Datensätze 4 bzw. 5). Der Datensatz 6 vergleicht Sorten auf einem Standort über drei Jahre miteinander. Im N-Effizienzversuch werden die Sorteneffekte über drei verschiedene Bodengüten bestimmt (Datensatz 7). Eine entsprechende Übersicht über alle Datensätze mit den k Faktorstufen und n Wiederholungen liefert Tabelle 3.5.

**Tabelle 3.5: Übersicht der rangvarianzanalytisch ausgewerteten Faktorstufen (Sorten) mit den Wiederholungen über Standorte, Jahre, Düngung, Böden**

Datensatz	Faktorstufen: Sorten	k	Wiederholungen: Standorte, Jahre, Düngung, Böden	n
1	Amb Ast Bat	3	WG 96 97 98 99, VE 95 97, BL 97 98	8
2	Amb Bat Car Tam	4	WG+VE+BL, 97+98	6
3	Amb Peg Rek	3	WG 96 + VE 95; mit/ohne Düngung	4
4	Amb Ast Bat Car Tam Xan	6	WG+VE+BL, 97	3
5	Amb Ari Bat Car Tam Win	6	WG+VE+BL, 98 ohne Düngung	3
6	Amb Ast Bat Car Pet Tam	6	WG, 97 98 99	3
7	Aro Bat Peg Pik	4	WG, 97, tief- mittel- flachgründig	3
8	Amb Ari Ast Bat Car Pet Tam Win	8	WG, 98, mit/ohne Düngung	2
9	Apo Car Pik Xan	4	WG (UK), 97 98	2

Weitere Effekte werden aus den transformierten Matrizes der oben genannten Versuche berechnet. Die Versuche der Jahre 1997 und 1998 auf den drei Standorten WG, VE und BL (Datensätze 10 und 11) werden auf Standorteffekte und die Versuche des Standortes WG der Jahre 1997, 1998 und 1999 werden auf Jahreseffekte (Datensatz 12) geprüft. Der letzte Datensatz (13) vergleicht drei verschiedene Bodentypen im Jahr 1997 miteinander (Tab. 3.6).



**Tabelle 3.6:** Übersicht der rangvarianzanalytisch ausgewerteten Faktorstufen (Standorte, Jahre, Böden) mit den Wiederholungen über Sorten, Standorte und Jahre

Datensatz	Faktorstufen: Standorte, Jahre, Böden	k	Wiederholungen: Sorten, Standorte, Jahre	n
10	WG VE BL	3	1997, Amb Ast Bat Car Tam Xan	6
11	WG VE BL	3	1998, Amb Ari Bat Car Tam Win	6
12	1997 1998 1999	3	WG, Amb Ast Bat Car Pet Tam	6
13	tief-, mittel- und flachgründig	3	WG, 97, Aro Bat Peg Pik	4

### 3.4.2 Rangvarianzanalytische Reihung und Differenzierung der Faktorstufen

Tabelle 3.7 faßt die Ergebnisse zur Differenzierung der Sorten zusammen und macht deutlich, daß wesentliche Unterscheidungen mit den erhobenen Analysendaten möglich sind, die im folgenden beschrieben werden.

**Tabelle 3.7:** Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für die Kleberfraktionen Gliadin, Glutenin, HMW, LMW und deren Verhältnisse der Datensätze 1 bis 9 mit Angabe der Freiheitsgrade (df), der errechneten Prüfgröße  $c^2$  und dem Signifikanzniveau  $\alpha$  (Markierungen [\*] kennzeichnen einen sign. Unterschied bei  $\alpha \leq 0,05$ )

Datensatz	df	Gliadin		Glutenin		HMW		LMW	
		$c^2$	$\alpha$	$c^2$	$\alpha$	$c^2$	$\alpha$	$c^2$	$\alpha$
1	2	12,25	0,020 *	4,00	0,135	3,25	0,197	4,00	0,135
2	3	3,80	0,284	10,80	0,013 *	9,71	0,021 *	12,20	0,007 *
3	2	6,50	0,039 *	6,00	0,05	8,00	0,018 *	6,50	0,039 *
4	5	11,19	0,048 *	12,14	0,033 *	9,29	0,098	13,67	0,018 *
5	5	3,19	0,671	11,76	0,038 *	13,37	0,020 *	11,00	0,051
6	5	7,00	0,221	6,62	0,251	5,39	0,371	10,81	0,055
7	3	8,20	0,042 *	2,60	0,457	0,20	0,978	2,60	0,457
8	7	11,50	0,118	12,67	0,081	8,93	0,258	12,67	0,081
9	3	3,60	0,308	4,20	0,241	5,40	0,145	4,20	0,241

Datensatz	df	Gliadin/Glutenin		LMW/HMW		Gliadin/LMW		x-HMW	
		$c^2$	$\alpha$	$c^2$	$\alpha$	$c^2$	$\alpha$	$c^2$	$\alpha$
1	2	4,75	0,093	3,25	0,197	5,25	0,072	1,75	0,417
2	3	5,44	0,142	9,80	0,020 *	6,60	0,086	11,60	0,009 *
3	2	2,00	0,368	8,00	0,018 *	2,00	0,368	8,00	0,018 *
4	5	11,06	0,050	11,54	0,042 *	14,62	0,012 *	10,05	0,074
5	5	11,06	0,050	11,54	0,042 *	14,62	0,012 *	12,52	0,028 *
6	5	7,98	0,157	10,43	0,064	11,57	0,041 *	5,48	0,361
7	3	3,40	0,334	3,40	0,334	3,40	0,334	5,40	0,145
8	7	11,17	0,132	10,50	0,162	12,33	0,090	8,33	0,304
9	3	4,20	0,241	4,20	0,241	3,60	0,308	5,40	0,145

Angegeben sind neben den Freiheitsgraden die jeweils errechneten Prüfgrößen der Tests und deren Signifikanzen. Ein signifikanter Unterschied zwischen mindestens einem Faktorpaar besteht bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit ( $\alpha$ )  $\leq 0,05$ .

Innerhalb der jeweiligen Fraktionen werden signifikante Unterschiede zwischen den Klebergehalten der Sorten vor allem in den Datensätzen 2, 3, 4 und 5 sichtbar. Dabei handelt es sich um die Ergebnisse der Jahre 1995/1996, 1997 und 1998. Nur geringe Differenzierungen sind demgegenüber in den Datensätzen 1, 6 und 7 möglich (v.a. bei den Gliadinen). Keine Unterscheidungen der Sorten gelingen in den Datensätzen 8 und 9. Allerdings ist hier zu beachten, daß, bedingt durch die hohe Anzahl der Faktorstufen und die geringe Anzahl an Wiederholungen, die Prüfgröße stark ansteigt und damit Unterscheidungen erschwert werden. In den zuletzt genannten Datensätzen (6 bis 9) werden vor allem Ergebnisse aus verschiedenen Erntejahren bzw. von Versuchen mit unterschiedlichen Bodengütern als Wiederholungen zusammengefaßt.

**Tabelle 3.8:** Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für wichtige Parameter der Backqualität der Datensätze 1 bis 9 (siehe Anmerkung der Tab. 3.7)

Datensatz	df	Protein		Feuchtkleber		Sedimentation		Volumenausbeute	
		c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a
1	2	12,97	0,002 *	4,00	0,135	10,75	0,005 *	9,25	0,010 *
2	3	13,00	0,005 *	7,20	0,066	14,70	0,002 *	10,02	0,018 *
3	2	7,60	0,022 *	6,00	0,050	6,00	0,050	3,50	0,174
4	5	10,28	0,060	8,52	0,130	13,37	0,020 *	13,10	0,023 *
5	5	11,25	0,047 *	7,40	0,192	12,52	0,028 *	12,60	0,027 *
6	5	4,64	0,498	3,08	0,688	8,46	0,133	5,194	0,393
7	3	6,60	0,086	4,03	0,258	5,89	0,117	6,60	0,086
8	7	11,53	0,117	11,02	0,138	13,67	0,057	12,37	0,089
9	3	5,40	0,145	5,40	0,145	5,40	0,145	6,00	0,112
Datensatz	df	Extensio.-Energie		Dehnbarkeit					
		c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a				
1	2	12,25	0,002 *	2,77	0,250				
2	3	14,80	0,002 *	14,60	0,002 *				
3	2	6,00	0,050	4,50	0,105				
4	5	12,89	0,024 *	10,05	0,074				
5	5	11,95	0,035 *	12,71	0,026 *				
6	5	11,19	0,048 *	5,00	0,416				
7	3	5,00	0,172	6,31	0,097				
8	7	13,50	0,061	12,50	0,085				
9	3	6,00	0,112	3,95	0,267				

Aus den untersuchten Fraktionen bzw. Verhältnissen des Klebers bietet sich jedoch keine als besonders günstig hervorzuhebende quantitative Unterscheidungsmöglichkeit für die Sorten an. Sowohl **Gliadine**, **Glutenine** und deren **Untereinheiten** bis hin zur Summe der **x-HMW**-Untereinheiten weisen in vergleichbarer Weise signifikante Sortenunterschiede in den Gehalten auf.

Das Verhältnis zwischen LMW und HMW weist ebenfalls auf signifikante Unterschiede zwischen den Sorten hin, weniger deutlich gelingt dieses jedoch beim Gliadin / Glutenin-Verhältnis: In keinem Datensatz treten signifikante Sortenunterschiede auf.

In den Datensätzen 2 und 5 werden signifikante Sortenunterschiede in annähernd allen Qualitätsparametern ermittelt. Vor allem für den rheologischen Parameter **Extensogramm-Energie** als Maß für das Gashaltvermögen der Teige werden in mehr als der Hälfte der Datensätze Sortenunterschiede aufgezeigt. Die Ergebnisse des Sedimentationswertes und der qualitativ entscheidenden Volumenausbeute weisen Unterschiede in den Datensätzen 1 und 2 sowie 4 und 5 auf. Demgegenüber ist zu beobachten, daß für den Parameter **Feuchtkleber** in keinem der Datensätze ein signifikanter Sortenunterschied anhand der Ergebnisse auftritt. Die Daten des hoch mit dem Feuchtklebergehalt korrelierenden **Rohproteingehaltes** (Mehl) weisen demgegenüber Signifikanzen in den Datensätzen 1, 2, 3 und 5 auf. Generell wird deutlich, daß die rangvarianzanalytische Prüfung innerhalb der wichtigsten Backqualitätsparameter für die Datensätze 6 bis 9 kaum eine signifikante Unterscheidung zwischen Sortenpaaren aufzeigt (Tab. 3.8). Dieses stimmt mit den zuvor genannten Ergebnissen der Kleberfraktionen überein.

**Tabelle 3.9** Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für die Kleberfraktionen Gliadin, Glutenin, HMW und LMW der Datensätze 10 bis 13 (siehe Anmerkung der Tab. 3.7)

Datensatz			Gliadin		Glutenin		HMW		LMW	
	k	n	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a
10	3	6	7,00	0,030 *	12,00	0,002 *	9,33	0,009 *	11,57	0,003 *
11	3	6	9,00	0,011 *	2,33	0,311	9,33	0,009 *	1,00	0,607
12	3	6	9,00	0,011 *	12,00	0,002 *	7,00	0,030 *	12,00	0,002 *
13	3	4	8,00	0,018 *	6,00	0,039 *	8,00	0,018 *	6,50	0,039 *
Datensatz			Gliadin/Glutenin		LMW/HMW		Gliadin/LMW		x-HMW	
	k	n	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a
10	3	6	5,78	0,065	8,33	0,016 *	7,00	0,030 *	6,33	0,042 *
11	3	6	1,33	0,513	6,33	0,042 *	3,00	0,223	9,33	0,009 *
12	3	6	3,00	0,223	3,74	0,154	3,00	0,223	4,33	0,115
13	3	4	1,50	0,472	8,00	0,018 *	2,00	0,368	8,00	0,018 *

Die Ergebnisse des Friedman-Tests aus den Tabellen 3.7 und 3.8 weisen darüber hinaus darauf hin, daß innerhalb der Wiederholungen Effekte zu berücksichtigen sind, die sich auf die Sortenunterscheidung auswirken: Sehr geringe bzw. keine Differenzierungen sind häufig dann zu beobachten, wenn qualitativ sehr verschiedene Jahre (1997 und 1998), Standorte (WG, VE und BL) oder Bodengüten (tief-, mittel- und flachgründig) als Wiederholungen zusammengefaßt werden (z.B. Datensätze 1, 6 und 7). Um zu prüfen, ob Effekte der Einflußfaktoren „Jahr“, „Standort“ bzw. „Boden“ auf die Kleberfraktionen oder Backeigenschaften vorliegen, werden diese als Faktoren

rangvarianzanalytisch geprüft. Die jeweiligen Sorten der Versuche werden als Wiederholungen erfaßt.

Die Tabelle 3.9 kennzeichnet sehr deutlich die Unterschiede in den Kleberfraktionsgehalten sowohl zwischen den **Erntejahren** (Datensatz 12) als auch zwischen den drei Standorten (Datensätze 10 und 11). 1997 weisen die Klebergehalte der **Standorte** bezüglich der meisten Fraktionen Unterschiede auf. Im Jahr 1998 erscheint der Standorteffekt aber weniger stark ausgeprägt. Anhand der Glutenine und LMW-Untereinheiten gelingt keine Unterscheidung der Klebermengen der Standorte. Zusätzlich gibt die Tabelle 3.9 an, inwieweit **Bodenunterschiede** Effekte auf die Fraktionsgehalte haben (Datensatz 13). Deren Differenzierungsmöglichkeiten sind mit denen des Datensatzes 11 (1998) vergleichbar.

Anhand der Gliadine und HMW-Untereinheiten werden Unterscheidungen innerhalb der Faktorstufen in allen Datensätzen sichtbar. Deutliche Signifikanzen bezüglich der Gehalte auf den Standorten bzw. Böden lassen sich auch für das Verhältnis von LMW- und HMW-Untereinheiten berechnen. Demgegenüber zeigen sich, wie schon bei den Datensätzen 1 bis 9 für die Sorteneinflüsse festgestellt, für das Gliadin/Glutenin Verhältnis weder Jahres- noch Standorteffekte.

**Tabelle 3.10: Ergebnisse der rangvarianzanalytischen Prüfung nach Friedman für wichtige Parameter der Backqualität der Datensätze 10 bis 13 (siehe Anmerkung der Tab. 3.7)**

Datensatz			Protein		Feuchtkleber		Sedimentation		Volumenausbeute	
	k	n	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a
10	3	6	9,33	0,009 *	2,33	0,311	8,33	0,016 *	4,00	0,135
11	3	6	9,82	0,007 *	10,17	0,006 *	3,391	0,183	10,33	0,006 *
12	3	6	6,35	0,042 *	12,00	0,002 *	8,33	0,016 *	6,33	0,042 *
13	3	4	6,53	0,038 *	8,00	0,018 *	6,53	0,038 *	6,00	0,050

Datensatz			Extensio.-Energie		Dehnbarkeit	
	k	n	c <sup>2</sup>	a	c <sup>2</sup>	a
10	3	6	12,00	0,002 *	10,33	0,006 *
11	3	6	2,17	0,337	12,00	0,002 *
12	3	6	4,33	0,115	12,00	0,002 *
13	3	4	8,00	0,018 *	6,50	0,039 *

In gleicher Weise werden die Daten der Mehl-, Teig- und Backprüfung ausgewertet. Grundsätzlich wird erneut festgestellt, daß die Befunde mit denen der Kleberfraktionen vergleichbar sind (Tab. 3.10). Auch innerhalb dieser Ergebnisse werden deutliche Effekte, die auf die Qualität wirken, ermittelt: Einerseits bedingt der Jahreseinfluß signifikante Differenzierungen, wie über die Backparameter (Datensatz 12) festgestellt wird und andererseits werden, nicht ganz so deutlich wie bei den Jahren, Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Standorte sichtbar (Datensätze 11 und 12). Ganz wesentlich ist der Effekt der verschiedenen Böden auf die Backqualität zu erkennen.

Allerdings gelingt keine eindeutige Differenzierung mit Hilfe der Volumenausbeute. Demnach sind diese schon bei den Kleberfraktionen ermittelten Effekte bezüglich der Jahre, Standorte und Böden auch bei den Backparametern zu erkennen. Besonders die Parameter Protein und Dehnbarkeit zeigen in allen Datensätzen signifikante Sortenunterschiede auf. Vor allem der Datensatz 12 weist bei den entscheidenden Parametern auf einen Unterschied zwischen den untersuchten Jahren hin.

Weitere Details über die einzelnen Sortenunterscheidungen anhand der Kleberergebnisse geben die Tabellen des Anhangs VI. Die Detailbetrachtung (Wilcoxon-Wilcox-Test) der einzelnen Faktoren der Kleberfraktionen weist darauf hin, daß sich vor allem die Sorten mit den jeweils höchsten Fraktionsgehalten von den Sorten mit den geringsten Gehalten unterscheiden und im mittleren Bereich der Reihungen kaum Sortenunterschiede über die einzelnen Fraktionen meßbar sind. Das bedeutet, daß in den Reihungen aller Versuche deutliche Sortenüberschneidungen auftreten. Derartige Sorten sind demnach anhand der Klebergehalte nur schwer voneinander zu differenzieren. Gleiches wird für die Resultate der Mehl-, Teig- und Backprüfung beobachtet. Auch hier werden Sortenunterschiede anhand der einzelnen Parameter nur für die jeweils an den äußeren Enden der Rangfolgen liegenden Sorten erkannt.

Obwohl bei den meisten Auswertungen die individuellen Abgrenzungen der Sorten gegeneinander nur moderat sind, gelingt eine Differenzierung der Sorten v.a. im Datensatz 2 der Jahre 1997 und 1998 über alle Standorte. Mit Ausnahme der Gliadinfraktion wird die Sorte Batis vor allem von den ranghöchsten Sorten Carolus bzw. Tambor signifikant unterschieden. Einschränkend muß allerdings erwähnt werden, daß in diesem Datensatz nur vier Sorten miteinander verglichen und in anderen Datensätzen meist mehr Sorten geprüft werden. Mittels der ausgewerteten Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung wird ebenfalls die Sorte Carolus eindeutig von Batis unterschieden, aber auch Tambor wird beim Sedimentationswert und der Extensogramm-Energie von der ranghöchsten Sorte Carolus differenziert.

Im Vergleich zur Tabelle 3.8 des Friedman-Tests werden die aufgezeigten signifikanten Unterschiede im Wilcoxon-Wilcox-Test bei multiplen Vergleichen hingegen nicht immer eindeutig erkannt. Insbesondere bei den Datensätzen 4 und 5 im Anhang können die im Friedman-Test ausgewiesenen Signifikanzen nicht dargestellt werden. Vor allem wenn sich die Irrtumswahrscheinlichkeit der Rangvarianzanalyse dem 5 % Niveau nähert, sind Unterschiede mittels Wilcoxon-Wilcox-Test nur noch selten zu erkennen.

Unabhängig von der individuellen Sortenunterscheidung wird erwartungsgemäß festgestellt, daß sich unter den Sorten mit hohen Klebergehalten vor allem die A-Qualitäten Ambras, Astron und Tambor, sowie die E-Sorten Aron und Carolus befinden. Gering sind die Gehalte bei den Sorten Apollo, Aristos, Batis, Pegassos und Xanthos.

Weiterhin zeigt sich, daß die Klebergehalte der Jahre 1998 und 1997 signifikant voneinander unterschieden werden können und der Befund des Jahres 1999 einen mittleren Rang einnimmt. Bei den Standorten nimmt mit den höchsten Gehalten das WG meist den ersten Rang ein und unterscheidet sich damit signifikant von den Mengen der Standorte VE. Die Ergebnisse aus BL können nur 1998 vom WG unterschieden werden und sind ansonsten weniger von den anderen Standorten zu differenzieren. In allen Einzelfraktionen unterscheiden sich die Proben des tiefgründigen Bodens von denen des flachgründigen. Indifferent verhalten sich die Sorten des mittelgründigen Bodens (siehe Datensätze 10 bis 13 im Anhang VI).

Die Gleichartigkeit der Ergebnisse der Parameter zur Backqualität gegenüber den Effekten bei den Kleberfraktionen zeigt sich vor allem in den Datensätzen 10 bis 13. Besonders die hohen Gehalte des Jahres 1998 unterscheiden sich hinsichtlich der Backeigenschaften von denen der geringen Gehalte im Jahr 1997. Anhand dieser Eigenschaften können auch die Proben des Standortes WG mit ihren günstigen Werten signifikant von denen aus VE unterschieden werden, nicht jedoch von den Werten aus BL, die sich auch nicht von VE unterscheiden (siehe Anhang). Hinsichtlich der Bodenunterschiede sind allerdings im Gegensatz zu den Ergebnissen der Kleberfraktionen die Unterschiede nicht so stark, als daß sie bei allen Backeigenschaften erkannt werden.

Im Hinblick auf die positiven Backeigenschaften sind ebenfalls die Sorten Ambras, Astron (mit Einschränkungen) sowie Aron und Carolus zu nennen. Vor allem hinsichtlich der Sedimentationswerte, der Backvolumina, der Extensogramm-Energie und der Dehnbarkeiten fallen diese Sorten im Vergleich stets positiv auf. Interessant ist auch die Sorte Tambor, da sie trotz zum Teil geringer Protein- und Sedimentationswerte sowie geringer Extensogramm-Flächeninhalte noch relativ hohe Volumenausbeuten erreicht. Negativ fallen wie bei den Kleberfraktionen die Bewertungen für die Sorten Apollo, Aristos, Batis, Pegassos und Xanthos aus.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß neben den mäßigen Sortenunterscheidungen weitere (starke) Effekte zu berücksichtigen sind, die auf eine Rangbildung Einfluß nehmen können. Hier sind allen voran die signifikanten Jahres- und Standorteinflüsse zu nennen. Weiterhin können auch auf demselben Standort aufgrund von Bodenunterscheidungen Effekte auftreten, die eine Sortendifferenzierung einschränken.

Keine der Fraktionen erlaubt eine besonders deutliche Differenzierung der Sorten. Die Sorten mit den höchsten Fraktionsgehalten können zum Teil signifikant von den Sorten mit den geringsten Gehalten unterschieden werden. Die dazwischen liegenden Sorten erlauben demgegenüber keine weitere Differenzierung. Auch die Untersuchung der Kleberfraktionsverhältnisse erbringt keinen Vorteil hinsichtlich der angestrebten Unterscheidung von Sorten. Auffällig sind, unter Berücksichtigung der nicht vorhandenen Unterschiede im jeweils mittleren Teil der Rangfolgen, die Parallelen hinsichtlich der Sorten mit hohen (niedrigen) Kleberfraktionswerten und gleichzeitig positiven (negativen) Qualitätseigenschaften.

### 3.5 Ableitung von Formeln zur Vorhersage der qualitätsentscheidenden Volumenausbeute im RMT-Standard-Backversuch unter Verwendung der Kleberfraktions- und Referenzdaten

Das Backvolumen stellt das wichtigste direkte Qualitätskriterium dar und wird unter Verwendung der chromatographischen Kleberfraktions- und - zum Vergleich - der Referenzdaten der Mehl-, Teig- und Backprüfung vorhergesagt.

#### 3.5.1 Vorhersagen anhand der Kleberfraktionsdaten

Die Daten der unabhängigen Variablen sind approximativ normalverteilt (Test nach Kolmogorov-Smirnov). Unter Verwendung der Regressionsmethode "backward" werden die Variablen Gliadin, Glutenin, HMW, LMW, Gliadin/Glutenin, LMW/HMW, Gliadin/HMW, Gliadin/LMW, x-HMW und y-HMW genutzt, um die abhängige Zielgröße „Volumenausbeute“ des RMT-Standardbackversuchs vorherzusagen.

**Tabelle 3.11: Veranschaulichung der in den Regressionsmodellen I bis VI berücksichtigten Kleberfraktionsvariablen zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL); als Gesamtmodell (1995-1999) und aus den einzelnen Jahren unter Angabe der statistischen Kenngrößen**

Modell	I	II	III	IV	V	VI
Jahr	1995-1999	1995	1996	1997	1998	1999
Konstante	+21,8	+3639,7	+1200,2	+338,6	+320,0	-1076,0
Gliadin		+263,4	+23,9	+31,8	+44,7	
Glutenin	+89,8			-204,6		
HMW						
LMW		-712,5		+235,3		+112,5
x-HMW				+233,5		
y-HMW				+198,3		
Gliadin/Glutenin	+122,7		-466,8			
LMW/HMW	+20,5	-664,0	-365,7		+46,7	+406,9
Gliadin/LMW		-1018,5				+440,2
Gliadin/HMW		+207,5	+151,6		-13,6	-127,0
korr. R <sup>2</sup>	0,659	0,760	0,510	0,576	0,527	0,737
s <sub>yx</sub>	49,1	46,3	32,8	26,9	29,0	44,8
VC	8,3	7,1	5,3	5,0	4,6	8,1

Die in Tabelle 3.11 aufgeführten Modelle I bis VI für die Volumenausbeute werden aus den Daten der zehn Einflußvariablen mit der oben beschriebenen Methode ermittelt. Das alle Daten der Ernten 1995 bis 1999 umschließende Modell I (Gesamtregression) ermöglicht mit den drei Variablen Glutenin, Gliadin/Glutenin und LMW/HMW einen Erklärungsanteil von annähernd 66 % der Gesamtvarianz bei einem Schätzfehler von 49 Einheiten bzw. einem Variationskoeffizienten von 8,3 %. In den einzelnen Jahresmodellen (II bis VI) werden demgegenüber jeweils unterschiedliche Einflußvariablen ausgewählt. Die Modelle III, IV und V der Jahre 1996, 1997 und 1998 können nur einen deutlich geringeren Anteil der Streuung erklären, der Vorhersagefehler ist allerdings kleiner als

beim ersten Modell (VC von ca. 5 %). Günstiger ist die Anpassung in den Modellen II und VI der Jahre 1995 und 1999, allerdings steigt in diesen Modellen der Variationskoeffizient erneut auf 7 bzw. 8 % an.

Im Anschluß an diese Feststellungen wird geprüft, ob die drei ausgewählten Variablen des umfassenden Modells I (Glutenin, Gliadin/Glutenin, LMW/HMW) für jedes einzelne Erntejahr eine tendenziell ähnliche oder eine deutlich schlechtere Anpassung ermöglichen (Methode „Einschluß“). Es wird damit untersucht, inwieweit die drei Variablen allein in der Lage sind, die Volumenausbeute in hinreichender Güte vorherzusagen. Dafür werden erneut die resultierenden Regressionskoeffizienten und die Kenngrößen der Anpassung in Tabelle 3.12 aufgeführt. Neben statistischen Kenngrößen werden die Abweichungen der neuen Modelle vom Modell I der Tabelle 3.11 als  $\Delta R^2$  angegeben.

**Tabelle 3.12:** Gegenüberstellung der Regressionsmodelle zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL) mit den Variablen Glutenin, Gliadin/Glutenin und LMW/HMW; als Gesamtmodell (1995-1999) und aus den einzelnen Jahren unter Angabe der statistischen Kenngrößen und der Differenz zum Gesamtmodell

Erntejahr	Konstante	Glutenin		Gliadin/ Glutenin		LMW/ HMW	korr. R <sup>2</sup>	D R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub>	VC
<b>1995-1999</b>	+21,8	+89,8	×	+122,7	×	+20,5	0,659		49,1	8,3
<b>1995</b>	-124,8	+107,8	×	+164,9	×	+23,8	0,583	0,076	41,1	6,3
<b>1996</b>	199,1	+55,4	×	+107,1	×	+2,4	0,354	0,305	28,3	4,6
<b>1997</b>	177,0	+81,9	×	+71,2	×	+9,2	0,502	0,157	25,0	4,6
<b>1998</b>	146,7	+66,3	×	+107,4	×	+20,8	0,453	0,206	27,2	4,3
<b>1999</b>	-279,5	+105,3	×	+205,0	×	+37,2	0,494	0,165	38,1	6,9

Erwartungsgemäß wird in keinem Modell die Anpassungsgüte des ersten Modells erreicht. Der Erklärungsanteil sinkt z.T. auf Werte bis 35,4 % der Gesamtstreuung. Die Standardfehler der Schätzung ( $s_{yx}$ ) der Modelle der einzelnen Jahre sinken geringfügig, die Variationskoeffizienten liegen bei 4,3 bis 6,9 %. Vergleichsweise gering sind die Schätzfehler in den Modellen der Jahre 1996 bis 1998 mit Koeffizienten unter 5 %.

Da schon zum Zeitpunkt der Aussaat feststeht, zu welcher der nach der BSL festgelegten Qualitätsgruppen eine gewählte Weizensorte gehört, können Regressionsmodelle auch aus den oben genannten Einflußvariablen getrennt für die Gruppen der E-, A- und B-Weizen berechnet werden (für die Gruppe der C-Weizen stehen zu wenig Proben zur Verfügung). Interessant erscheint dieses Vorgehen deshalb, weil diese Gruppeneinteilung die qualitativen Eigenschaften der Sorten besser charakterisiert. Die errechneten Modelle werden wiederum mit der Gesamtregression über alle fünf Jahre verglichen.

Durch eine Aufspaltung der Regressionen in die verschiedenen Qualitätsgruppen wird eine entscheidende Verbesserung zur Schätzung der Volumenausbeute allerdings nicht erreicht. Deutlich wird in Tabelle 3.13 sichtbar, daß in den Modellen der E- und B-Weizensorten die gleichen Einflußvariablen ausgewählt werden (Glutenin und Gliadin/Glutenin). Demgegenüber werden für die

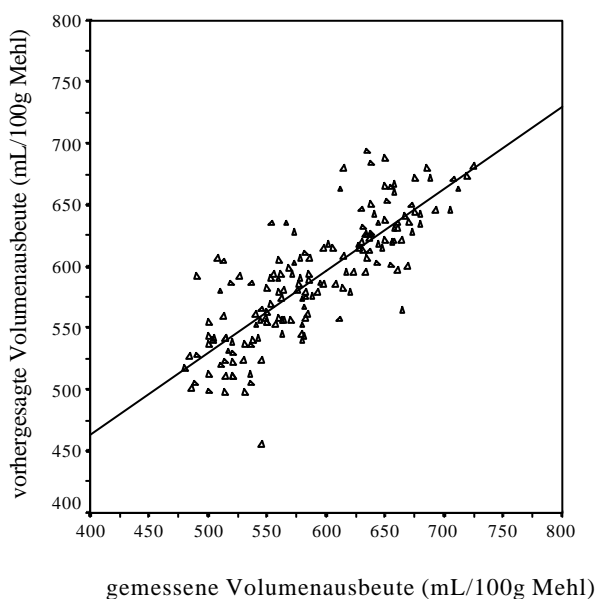


A-Sorten alle Variablen bis auf die HMW-Glutene in das Modell zur Vorhersage des Backvolumens einbezogen. Im Vergleich zu den Modellen der E- und B-Sorten wird aber keine wesentliche Verbesserung der Modellanpassung erreicht. Die korrigierten Bestimmtheitsmaße aller drei Modelle liegen zwischen 63 und 67 %. Diese Leistung entspricht annähernd der des Modells I der Gesamtregression über die Daten aller Erntejahre. Die Standardfehler der Vorhersagen liegen etwas unterhalb des Fehlers aus der Regression über alle Jahre (ca. 41-48 Einheiten bzw. Variationskoeffizienten von 6,9 bis 8,1 %). Eine wesentliche Verbesserung wird aber nicht deutlich.

**Tabelle 3.13:** Beschreibung der für jede Qualitätsgruppe getrennt errechneten Regressionsmodelle zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL) unter Angabe der statistischen Kenngrößen

	E-Weizen	A-Weizen	B-Weizen
Konstante	+39,0	+102,2	+37,8
Gliadin		+48,7	
Glutenin	+99,6	+710,6	+92,1
HMW			
LMW		-813,3	
Gliadin/Glutenin	+137,4	+997,8	+129,1
LMW/HMW		+140,6	
Gliadin/LMW		-414,1	
Gliadin/HMW		-121,7	
x-HMW		-657,4	
y-HMW		-559,8	
<b>korr. R<sup>2</sup></b>	0,629	0,653	0,669
<b>S<sub>yx</sub></b>	43,2	47,7	41,5
<b>VC</b>	6,9	8,1	7,5

Aus diesem Grund wird nochmals das Ergebnis der Regressionsrechnung entsprechend der Gesamtregression in Abbildung 3.40 zusammengefaßt: Dargestellt ist die Gegenüberstellung der berechneten und der gemessenen RMT-Volumenausbeuten des Standard-Backversuches. Gleichzeitig ist die resultierende Regressionsgerade eingezeichnet, die einen Anteil von 65,9 % der Gesamtstreuung erklärt.



**Abbildung 3.40:** Gegenüberstellung der gemessenen und der mittels Regressionsgleichung (Modell I: 1995-1999) vorhergesagten Volumenausbeute des RMT-Standardbackversuchs; (korr. R<sup>2</sup>=0,659)

### 3.5.2 Vorhersagen anhand der Daten aus der Mehl-, Teig- und Backprüfung

Zum Vergleich der Leistungsfähigkeit der über die Kleberfraktionsdaten errechneten Schätzformeln soll in diesem Abschnitt das RMT-Backvolumen aus den ermittelten Daten der Mehl-, Teig- und Backprüfung errechnet werden. Hierfür werden die folgenden indirekten Qualitätsparameter in die Regressionsanalyse einbezogen: Rohproteingehalt im Mehl, Feuchtklebergehalt, Sedimentationswert, Wasseraufnahme, Extensogramm-Energie, Dehnwiderstand, Dehnbarkeit und das Verhältnis aus Dehnwiderstand und Dehnbarkeit. Die Regressionsmethode ist erneut "backward". Ebenso werden die genannten statistischen Kenngrößen verwendet. Auch diese Daten sind annähernd normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov).

**Tabelle 3.14:** Veranschaulichung der in den Regressionsmodellen VII bis XII berücksichtigten Variablen aus der Mehl-, Teig- und Backprüfung zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL); als Gesamtmodell (1995-1999) und aus den einzelnen Jahren unter Angabe der statistischen Kenngrößen

Modell	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jahr	1995-1999	1995	1996	1997	1998	1999
<b>Konstante</b>	-12,0	+535,2	+178,6	+64,3	+548,5	+287,8
<b>Rohprotein</b>	+33,3	+19,5		+19,4		+38,7
<b>Sedimentation</b>	-1,0					
<b>Feuchtkleber</b>	-3,5				+3,5	
<b>Wasseraufnahme</b>	+6,3			+5,6		
<b>Extensogramm-Energie</b>	+0,6			+0,4	+0,3	
<b>Dehnwiderstand</b>	-0,1		-0,4			-0,1
<b>Dehnbarkeit</b>			+4,3			
<b>Dehnwiderstand/Dehnbarkeit</b>		-16,3	+36,7	-5,9	-15,2	
<b>korr. R<sup>2</sup></b>	0,789	0,826	0,579	0,693	0,675	0,527
<b>s<sub>yx</sub></b>	53,7	47,0	33,8	29,1	32,3	38,2
<b>VC</b>	9,1	7,3	5,5	5,4	5,1	6,9

Die Gesamtregression aller Jahre (Modell VII, 1995-1999) erreicht im Vergleich zu den Modellen der einzelnen Jahre (Modell VIII-XII) eine hohe Anpassung mit einem Erklärungsanteil der Gesamtvarianz von 78,9 % (Abb. 3.14). Hierfür werden sechs Variablen (Rohprotein, Sedimentation, Feuchtkleber, Wasseraufnahme, Extensogramm-Energie und Dehnwiderstand) in das Modell einbezogen. Der resultierende Schätzfehler liegt bei 53,7 Einheiten, entsprechend einem Variationskoeffizienten von 9 %. Damit ist der Vorhersagefehler deutlich größer als bei der Gesamtregression anhand der Kleberdaten. Hinsichtlich der einzelnen Jahre gehen maximal vier Variablen in die Modelle ein. In jedem Jahr werden unterschiedliche Variablen in die Modelle aufgenommen. Für die Daten des Jahres 1995 wird die höchste Anpassungsgüte schon mit zwei Variablen erreicht, alle anderen Gleichungen führen zu einer im Vergleich zur Gesamtregression reduzierten Anpassung. Allerdings wird für die meisten Modelle der einzelnen Jahre ein geringerer Schätzfehler errechnet (5-7 %). Aus Gründen der Allgemeingültigkeit wird aber auch hier das

Zusammenfassen der Proben aller Erntejahre angestrebt, damit die geschätzten Volumenausbeuten aus einer breiten Datenbasis abgeleitet werden können. Als nachteilig bleibt allerdings die große Anzahl von Variablen zu nennen, die für diese Schätzformel notwendig ist.

Überdies wird erneut geprüft, ob eine Splittung bzw. Probeneinteilung in Gruppen die Schätzgenauigkeit gegenüber der Gesamtregression verbessert. So werden, wie schon bei den Kleberdaten, die Schätzgleichungen getrennt nach Weizenqualitäten berechnet, deren Modelle in Tabelle 3.15 aufgeführt sind: Mit deutlich weniger Variablen im Vergleich zu den Jahresmodellen werden ebenfalls hohe Bestimmtheitsmaße und bei den A- und B-Sorten sogar noch höhere Werte erreicht (E-Weizen: 0,781; A-Weizen: 0,866, B-Weizen: 0,834). In alle Gleichungen geht der Rohproteingehalt ein. Die Standardschätzfehler liegen zwischen 46 und 54 Einheiten. Das entspricht relativ hohen Variationskoeffizienten von ca. 8 bis 9 %.

**Tabelle 3.15:** Beschreibung der für jede Qualitätsgruppe getrennt errechneten Regressionsmodelle zur Vorhersage der Volumenausbeute (mL) über die Variablen der Mehl-, Teig- und Backprüfung unter Angabe der statistischen Kenngrößen

	<b>E-Weizen</b>	<b>A-Weizen</b>	<b>B-Weizen</b>
<b>Konstante</b>	+243,5	+47,4	-33,2
<b>Rohprotein</b>	+58,2	+17,1	+36,8
<b>Sedimentation</b>			-2,7
<b>Feuchtkleber</b>	-9,0		
<b>Wasseraufnahme</b>		+6,6	+5,8
<b>Extensogramm-</b>		+0,5	
<b>Energie</b>			
<b>Dehnwiderstand</b>		-0,1	
<b>Dehnbarkeit</b>			
<b>Dehnwiderstand/ Dehnbarkeit</b>	-5,2		
<b>korr. R<sup>2</sup></b>	0,781	0,866	0,834
<b>S<sub>yx</sub></b>	47,9	53,8	45,8
<b>VC</b>	7,8	9,1	8,3

Abschließend wird festgestellt, daß im Vergleich zum Klebermodell das Modell unter Verwendung der Parameter der Mehl-, Teig- und Backprüfung keine Verbesserung der Schätzgenauigkeit bei der Vorhersage der Volumenausbeute erreicht. Auch die getrennte Verrechnung der Proben entsprechend der Qualitätsgruppen erzielt keine wesentlich besseren Ergebnisse. Die zuletzt genannten Modelle anhand der Qualitätsparameter erreichen zwar höhere Bestimmtheitsmaße, jedoch werden auch z.T. höhere Standardschätzfehler in Kauf genommen. Die Ergebnisse der verschiedenen Weizenqualitäten sind deshalb in Hinblick auf ihre Schätzfehler mit denen der Gesamtregression anhand der Kleberfraktionen vergleichbar. Grundsätzlich wird aber erkannt, daß für eine exakte Vorhersage die Variationskoeffizienten von ca. 8 und 9 % zu hoch sind.

## 4 Diskussion

### 4.1 Vergleich der Backqualität der Weizensorten aus Organischem Landbau mit bestehenden Qualitätserwartungen

Neben dominierenden Sorteneinflüssen werden die Verarbeitungseigenschaften von Weizen im hohen Maße von exogenen Parametern wie der Temperatur, dem Niederschlag und den gegebenen Bodenbedingungen beeinflusst (PETERSON ET AL., 1998). Besonders in Feldversuchen des Organischen Landbaus ist die resultierende Qualität des Weizens eine Funktion der drei genannten Faktoren. Schon die Verteilungsdarstellungen weisen auf die z.T. starken Schwankungen der Ausprägungen je nach Erntejahr und/oder Standort hin. Gleichzeitig werden die Ausprägungen maßgeblich von den Qualitäten beeinflusst.

Im Vergleich zu den von BRÜMMER (1997) aufgelisteten Qualitätsvorstellungen können in einigen Versuchsjahren die durchschnittlichen Werte für Öko-Weizen nicht erreicht werden. Besonders auffällig ist das Erntejahr 1997 mit Rohprotein- und Feuchtklebergehalten meist unter 10 bzw. 20 %. Selbst eine Düngung (bis 240 kg N/ha), z.B. im Sortenmischungsversuch blieb ohne Effekt, da die Rottemistgabe zur Vorfrucht Kartoffel erfolgte und vermutlich während des Winters viel N verloren ging.

Weiterhin blieben im Jahr 1999 die Werte dieser Proben deutlich hinter den durchschnittlichen Erwartungen zurück. Demgegenüber entsprechen die Sedimentationswerte in den Jahren 1995, 1996 und 1998 meist den durchschnittlichen Qualitätsvorstellungen mit Werten über 30 Eh, vor allem bei der A-Sorte Ambras. Die Quellvolumina der Proben des Jahres 1997 fallen demgegenüber stark ab. Bemerkenswert sind vor allem die hohen Korrelationskoeffizienten zwischen Sedimentationswerten und Volumenausbeuten trotz geringer Rohproteingehalte. Diese deutlichen qualitativen Zusammenhänge gelten demzufolge auch bei den Befunden mit zum Teil sehr geringen Proteinwerten dieser Versuchsjahre.

Parallel zu diesen indirekten Qualitätsparametern der Proben fallen deren Volumenausbeuten im Jahr 1997 ebenfalls stark ab. Hinzu kommen die z.T. niedrigen Fallzahlen für die Jahre 1997 und 1998, die deutlich auf eine erhöhte Enzymaktivität in einigen Proben hinweisen. Gleiches wird in diesen Jahren auch im konventionellen Anbau festgestellt (LINDHAUER ET AL., 1997 und 1998). Werden die Ergebnisse nach den Bewertungskriterien für konventionellen Backweizen eingestuft, so erreicht allein die E-Sorte Aron ein befriedigendes Volumen mit über 600 mL Ausbeute. In den Jahren 1995, 1996 und 1998 werden bei einigen E- (Bussard, Carolus) und A-Sorten (Ambras, Petrus, Tambor) gute Volumenausbeuten (>631 mL) erreicht.

Allerdings wird mit diesen Ergebnissen erneut unterstrichen, daß ein hoher Rohproteingehalt nicht als einzige Bestimmungsgröße für eine gute Backqualität angenommen werden darf. Die Boxplots

weisen darauf hin, daß auch die Qualitätsgruppen E bis C, d.h. die Genetik der Weizensorten eine bedeutende Rolle spielen. Besonders wesentlich erscheint diese Aussage für den Organischen Landbau mit der verringerten N-Versorgung. Während die A-Sorten die höchsten Rohprotein- und Klebergehalte aufweisen, zeigen die E-Sorten die besten Werte bei den indirekten Qualitätsparametern wie den Sedimentationswerten, den rheologischen Daten oder auch bei den direkten Parametern (Backvolumen). Hohe Rohprotein- und Feuchtklebergehalte sind demnach nicht die allein entscheidenden Anhaltspunkte zur Qualitätsevaluierung, sondern auch gute rheologische Ergebnisse gehören zur richtigen Sortenwahl. Dennoch kann anhand der vorgelegten Korrelationskoeffizienten bestätigt werden, daß gegenüber allen anderen untersuchten Parametern der Rohproteingehalt den deutlichsten Zusammenhang zur Volumenausbeute besitzt. Weder die Daten der Mehl- noch die der Teigprüfung erreichen eine entsprechend enge Beziehung.

Die Teige der Proben aus den hier dokumentierten Erntejahren besitzen hingegen meist geringere Dehnbarkeiten bei sehr hohen Dehnwiderständen. Das entspricht den Aussagen BRÜMMERS (1997), daß A- und B-Sorten aus extensiver Bewirtschaftung bei niedrigen Proteingehalten tendenziell kurze Teigeigenschaften besitzen. Entsprechend hoch sind auch die Glutenindizes, die zum größten Teil Werte von 100 Einheiten aufweisen. Der Glutenindex verliert bei derart geringen Protein- und Klebergehalten von Proben aus dem Organischen Landbau an Aussagekraft zur Charakterisierung ihrer Teigbeschaffenheit und ist deshalb kein geeigneter Parameter für die Einschätzung der Teigqualität. Durch die veränderte Teigbeschaffenheit der ökologischen Weizenproben können auch deren geringe Volumenausbeuten erklärt werden. Bestätigt werden darüber hinaus die auffälligen Eigenschaften der Sorte Astron, deren Teige meist die höchsten Widerstände aufweisen (LINDHAUER ET AL., 1997).

Zur Optimierung der Verarbeitungseigenschaften bei Weizenproben aus organischem Anbau kann daher eine Mischung aus geschmeidigen Weizen (proteinreiche B-Weizen) und kurzen E- oder A-Sorten empfohlen werden (BRÜMMER, 2000, pers. Mitteilung).

#### **4.2 Beurteilung der qualitativen Zusammenhänge zwischen einzelnen Kleberfraktionen und deren Verhältnisse mit Referenzdaten zur Backqualität**

Die ähnlichen Verteilungen in den Boxplot-Darstellungen bestätigen offenbar, daß der Rohproteingehalt einen großen Einfluß auf die Kleberfraktionen (v.a. die Gliadine) besitzt. Entsprechend der Bedeutung der Qualitätsgruppen für die Verarbeitungseigenschaften müssen gerade diejenigen Kleberproteinfraktionen eine vergleichbare Abstufung von E bis C aufzeigen, die qualitativ bedeutsam sind. Werden nun die Boxplots des Glutenins und der Gluteninfraktionen (LMW) nach Qualitätsgruppen dargestellt, so zeigt sich wie erwartet, daß die mittleren Gehalte der genannten Kleberfraktionen entsprechend der Reihenfolge  $E > A > B > C$  abfallen.

Im Vergleich zum Rohproteingehalt wird aber für keine der untersuchten Kleberfraktionen ein besserer Korrelationskoeffizient zur Volumenausbeute erreicht. Das bekräftigt nochmals die Bedeutung des Rohproteingehaltes gegenüber einzelnen Untereinheiten. Bestätigt werden damit die Aussagen von KIEFFER und WIESER (1996), die in ihrer Arbeit ebenfalls der Gesamtheit der Kleberproteine eine größere Bedeutung für das Erreichen einer guten Backqualität beimessen als einzelnen Fraktionen.

In den Korrelationsmatrizen (Kapitel 3.3.1) werden die Zusammenhänge der Parameter untereinander noch deutlicher: Besonders hervorzuheben ist die hohe Korrelation zwischen den niedermolekularen Gluteninen (LMW) und der Extensogramm-Energie. Gleiches gilt, jedoch nicht ganz so deutlich, für deren Beziehung zur Dehnbarkeit. Die Darstellung der Regressionsgeraden für die Qualitätsgruppen mit den festgestellten unterschiedlichen Steigungen macht dabei indirekt deutlich, daß neben der absoluten Menge der LMW-Glutenine offenbar auch deren qualitative Zusammensetzung bedeutsam ist. Auch SHEWRY UND TATHAM (1997) sprechen LMW-Untereinheiten an, deren differierende funktionelle Eigenschaften für die unterschiedliche Teigqualität trotz gleichen LMW-Gehaltes verantwortlich sein können. Bei den E-Sorten sind demnach vermehrt die Untereinheiten des B-Typs zu erwarten, die eine Polymerbildung durch eine zusätzliche SH-Gruppe unterstützen. Bei abfallender Teigqualität liegen offenbar eher die schwefelärmeren LMW-Untereinheiten des D-Typs vor. Leider läßt die RP-HPLC-Methode eine derartige Trennung nicht zu.

Die LMW-Glutenine sind gerade deshalb von grundsätzlicher Bedeutung für die Teigelastizität, weil sie einerseits mit ca. 70 % einen wesentlichen Bestandteil des Glutenins darstellen und andererseits die enthaltenen SH-Gruppen des Cysteins in der Lage sind, intermolekulare Disulfidbrücken zu bilden (SHEWRY UND TATHAM, 1997). Damit verbunden ist auch die Annahme, daß während der Teigherstellung (Kneten) die Wahrscheinlichkeit für einen Kontakt freier Cysteinreste verschiedener Polypeptidstränge steigt, um eine intermolekulare Bindung einzugehen. Die Existenz dieser S-S-Bindungen in den Kleberproteinen konnte anhand der Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (XANES) erstmals zerstörungsfrei in den isolierten und aufoxidierten Untereinheiten aufgezeigt werden.

Bisher werden Cysteine im Kleber über die Aminosäuresequenzierung nach Oxidation mit Perameisensäure analysiert, allerdings wird nicht zwischen Cystein und Cystin unterschieden (KÖHLER ET AL., 1991). Deshalb werden freie SH- und S-S-Gruppen spektralphotometrisch vor und nach Reduktion nach ELLMAN (1959) und HENSCHEN (1986) untersucht. Alle diese Methoden sind jedoch zeitaufwendig und davon abgeleitete Aussagen über den Oxidationszustand des Schwefels sind nur eingeschränkt möglich.

Mit den nachgewiesenen signifikanten Korrelationen zwischen der niedermolekularen Fraktion (LMW) und der Dehnbarkeit bzw. Extensogramm-Energie werden die beschriebenen linearen Klebermodelle von EWART (1968, 1972, 1978, 1979) sowie die „Spiral-Hypothesen“ von

WRIGLEY UND BÉKÉS (1999) unterstützt (siehe Kapitel 1.4). BELTONS (1999) Vorstellungen werden jedoch relativiert. Völlig vernachlässigt werden von ihm - neben den Wasserstoffbrückenbindungen der HMW-Glutene - die quantitative Dominanz der LMW-Glutene (s.o.), die über intermolekulare S-S-Verknüpfungen mit sich selbst und den spiralförmigen HMW-Glutin-Polypeptiden die Elastizität des Klebers und auch des Teiges unterstützen können. Entsprechend stimmen BELTONS Erläuterungen über die Entstehung eines elastischen Teiges auch nicht mit den Befunden überein, in denen gezeigt werden konnte, wie sich Zusätze z.B. von Glutathion (HÜTTNER ET AL., 1996; HAHN UND GROSCH, 1998), Ascorbinsäure (GROSCH UND WIESER, 1999), Kaliumbromat (ANTES, 1998) stark auf die Teigeigenschaften auswirken. Vor allem die gerichtete Bindung des Glutathions an die intermolekularen S-S-Bindungsmöglichkeiten des LMW-Glutens und die damit verbundenen Depolymerisierung (Erhöhung der Dehnbarkeit bzw. Teigerweichung) ist ein wesentlicher Hinweis für die essentielle Bedeutung dieser Kleberfraktion im Teig.

Mit den vorgelegten Befunden wird auch nicht der Hinweis BELTONS bestätigt, daß die Verknüpfungen der Polypeptide vor allem mit dem Dehnwiderstand in Verbindung stehen. Stattdessen kann auf die Übereinstimmung mit Ergebnissen von ANDREWS ET AL (1994) und ANDREWS UND SKERRITT (1996) hingewiesen werden, die ebenfalls auf die Bedeutung der Dehnbarkeit und weniger auf die des Dehnwiderstandes hinweisen. Allerdings stellen auch andere Arbeitsgruppen (GUPTA UND MACRITCHIE, 1994; KIEFFER UND WIESER, 1996) die Bedeutung der (LMW-)Glutene für die Widerstände in den Vordergrund und begründen das mit den Verknüpfungsmöglichkeiten der Polypeptidstränge zur Bildung von Polymeren.

Begründet werden diese voneinander abweichenden Aussagen möglicherweise mit den hier gemessenen, sehr hohen Widerständen (im Mittel >600 BE), die die meist kurzen Teigeigenschaften der Proben charakterisieren können. In den Backprotokollen der geprüften Proben werden sensorisch ebenfalls sehr häufig die kurzen Teigelastizitäten bestätigt. Bedingt wird diese generelle Tendenz von Proben aus extensivem Anbau nach BRÜMMER (1997) durch die signifikant niedrigeren Proteingehalte. Die Zusammenhänge zwischen Kleberfraktionen und rheologischen Eigenschaften können in der aktuellen Literatur bisher für konventionelle, proteinreiche Proben mit einer deutlich stärkeren Variation der Ausprägungen bestätigt werden (z.B. KIEFFER UND WIESER, 1996; ANTES ET AL., 1998). Vermutlich geht mit dem reduzierten Proteingehalt die Korrelation zwischen dem Widerstand des Teiges und den Glutenen verloren. Warum aber dann die Dehnbarkeit noch immer so deutliche Korrelationen aufweist, kann bisher nicht schlüssig erklärt werden.

Kurze Teigeigenschaften bei sinkenden Proteingehalten können vermutlich mit dem relativ gestiegenen Anteil an Glutenin erklärt werden. Leider kann aufgrund mangelnder Düngungsversuche im Versuchszeitraum dafür kein eindeutiger Beweis geführt werden; allerdings wird auch die aus der Literatur bekannte, unterschiedliche Proteinabhängigkeit der Hauptkleberfraktionen deutlich: Der Gliadinegehalt wird mit sinkendem Rohproteinwert stärker vermindert als der Gluteningehalt. Daher

wird das Gliadin/Glutenin-Verhältnis reduziert, was bedeutet, daß der relative Anteil an Glutenin steigt. Das hat zur Folge, daß mit den Gluteninen die elastischen Eigenschaften überproportional ansteigen und die viskosen Eigenschaft der Gliadine eher in den Hintergrund treten. Die Teigstruktur kann aufgrund dieser Veränderungen innerhalb des Klebers „fester“ werden.

Obwohl mit den Ergebnissen dieser Arbeit die herausragende Bedeutung der LMW-Glutenine dokumentiert wird, darf der rheologische Einfluß der hochmolekularen Fraktion der Glutenine (HMW) nicht vernachlässigt werden. Einerseits handelt es sich ebenfalls um Polypeptide, die in der Lage sind, intermolekulare S-S-Bindungen einzugehen und andererseits zeigen die dafür ermittelten Korrelationen signifikante Koeffizienten, auch wenn sie nicht die der LMW-Fraktion erreichen.

Die von PAYNE ET AL (1981) vorgestellte, qualitative Einteilung von Weizensorten nach guter und schlechter Backqualität anhand der HMW-Untereinheiten kann mit diesen Untersuchungen nicht bestätigt werden. Viele Elite- und Qualitätsweizen besitzen HMW-Untereinheitenmuster, die die Kombination 5+10 enthalten. Als günstig haben sich allerdings auch die geprüften Sorten mit der Untereinheiten-Kombination 2+12 erwiesen. Allen voran erreichen die Sorten Carolus (Untereinheiten 1, 7, 2, 12) und Petrus (Untereinheiten 7, 9, 2, 12) unter den Versuchsbedingungen des Organischen Landbaus eine gute bis befriedigende Backqualität. In den dokumentierten Korrelationsmatrizen wird die Bedeutung des Allels 2+12 mit hohen Korrelationskoeffizienten bei der Volumenausbeute, dem Sedimentationswert, der Extensogramm-Energie und der Dehnbarkeit verdeutlicht. Beachtet werden muß aber, daß die Sorte Carolus überproportional häufig im Versuchskollektiv vertreten und der Stichprobenumfang der Sorten mit den Untereinheiten 2+12 vergleichsweise gering ist. Zweifel an PAYNES grundsätzlicher Einteilung bleiben aber bestehen, da noch eine weitere kontrollierte E-Sorte (Borenos) die als ungünstig eingeschätzten Untereinheiten aufweist und dennoch gute bis befriedigende Ergebnisse bei den Teig- und Backprüfungen liefert. Borenos wurde allerdings nur 1997 angebaut.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch von BEDÖ ET AL (1995 und 1998) festgestellt, die ungarische Weizensorten untersuchten und darlegten, daß Sorten mit den Untereinheiten 2+12 qualitativ keinesfalls schlechter sind. Die Autoren machen gleichzeitig darauf aufmerksam, daß mit der gezielten (einseitigen) Züchtung auf die Untereinheiten 5+10 die genetische Variabilität der Weizensorten verloren geht und die genetische Verletzbarkeit ansteigt. Beides wird für den Organischen Landbau als ungünstig angesehen, weil der Erhalt der genetischen Vielfalt der Erzeugungssysteme eines der grundsätzlichen Ziele der ökologischen Landwirtschaft und Verarbeitung ist (IFOAM, 1998).

Neue, noch hypothetische Ansätze, die auch Qualitätsparameter in Beziehung zu den Glutenin-Untereinheiten setzen, gehen davon aus, daß die oben genannten Unterschiede zwischen 5+10 und 2+12 in den Untereinheiten des x-Typs (v.a. Untereinheit 5) begründet liegen (KASARDA, 1999). Hierfür sollen die längeren repetitiven Sequenzen der x-Untereinheiten verantwortlich sein, die über



H-Brückenbindungen die Teigeigenschaften positiv beeinflussen. Anhand der vorgestellten Untersuchungen wird zwar bestätigt, daß die x-Untereinheiten gegenüber den y-Typ einen größeren Einfluß auf die geprüften Qualitätsparameter besitzen, allerdings gelingt es bei den vorgelegten Daten nicht, Zusammenhänge für einzelne Untereinheiten zu ermitteln.

Anhand der vorliegenden Daten kann auch nicht bestätigt werden, daß bestimmte Mengenverhältnisse der Kleberproteinfraktionen (Gliadin/Glutenin, LMW/HMW, x/y-HMW und Gliadin/Glutenin-Untereinheiten) dazu beitragen, die Backqualität zu beschreiben (WIRRIES, 1998). So spricht z.B. auch MACRITCHIE (1999) bei dem lange als aussagekräftig erachteten Gliadin/Glutenin-Verhältnis von einer stets unbewiesenen Hypothese, so daß Zweifel an einer qualitativen Bedeutung bestätigt werden.

### **4.3 Möglichkeiten und Grenzen der Sortenreihung und -differenzierung anhand der chromatographisch ermittelten Gehalte der Kleberfraktionen**

#### **4.3.1 Bewertung von Sorten-, Jahres- und Standorteinflüssen**

In sehr vielen vorgestellten Datensätzen gelingt es, die ranghöchsten von den rangniedersten Sorten anhand der Kleberfraktionsgehalte signifikant zu unterscheiden. Das bedeutet, daß mit Proteinfraktionen, die in deutlicher Beziehung zur Backqualität stehen (allen voran die (LMW-)Glutenin-Untereinheiten), die hochwertigen von den minderwertigen Sorten differenziert werden können. Auffällig ist aber auch, daß es Sorten gibt, die anhand dieser Klebergehalte nicht eindeutig voneinander zu unterscheiden sind. Diese Einschränkung wird bei jedem Datensatz und bei allen untersuchten Fraktionen beobachtet.

Darüber hinaus werden deutliche Jahres- und Standorteinflüsse auf die Kleberproteine nachgewiesen, die in den Reihungen gerade den Proben aus dem Jahr 1998 und des Standortes WG (tiefgründig) die ersten Ränge zusprechen. Die Kleberproteingehalte der Proben unterscheiden sich meist signifikant von den Proben des Jahres 1997 und des Standortes VE.

Diese Umwelteinflüsse sind bei den Sortendifferenzierungen allerdings dafür verantwortlich, daß sich die Rangfolge einiger Sorten von Jahr zu Jahr und Standort zu Standort ändert. Derartige Änderungen geben Hinweise auf die Instabilität der Sorten, sowohl in Bezug auf die Kleberproteine als auch auf die Backqualität. Möglich ist jedoch ebenfalls, daß die Variabilität der Daten, bei nur sehr geringen qualitativen Unterschieden der Proben, diese wechselnde Folge bedingt. Gerade im Organischen Landbau ist die Instabilität ein Problem, hervorgerufen durch die starke Abhängigkeit von den Einflußfaktoren „Jahr“ und „Standort“. Aufgrund des vorliegenden Versuchsaufbaus können die wichtigen Wechselwirkungen zwischen Sorten und ihrer „Umwelt“ (Jahr und Standort) (ROBERT

UND DENIS, 1996) nicht berücksichtigt werden. Dennoch gibt es Sorten, die häufig die ersten bzw. die letzten Ränge in den Reihungen einnehmen. Besonders die oft auf dem ersten Rang stehenden Sorten besitzen die gewünschte Stabilität, die den Landwirten Anbausicherheit versprechen können. Bei der Sortenreihung und -differenzierung müssen auch die relativ geringen Rohproteingehalte berücksichtigt werden. Aus der Darstellung des Zusammenhangs zwischen LMW-Glutenin und der Extensogramm-Energie unter Berücksichtigung der Qualitätsgruppen (siehe 3.2.2) wird deutlich, daß mit sinkender LMW-Menge die Regressionsgeraden der Qualitätsgruppen aufeinander zulaufen. Da sowohl die LMW-Fraktion als auch dieser rheologische Parameter vom Rohproteingehalt abhängen, ergibt sich die Folgerung, daß mit den typisch niedrigen Proteingehalten des Erntegutes aus organischem Anbau die Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten bzw. Qualitäten sinken und signifikante Sortenunterscheidungen erschwert werden.

#### **4.3.2 Kontrolle der ermittelten Differenzierungen mit den bestehenden Qualitätsgruppen für Weizen**

Überprüft werden die erarbeiteten Differenzierungen anhand der Einteilungen der BSL (BSA, 1997) und z.T. anhand der Ergebnisse von LEISEN (1999). Es zeigt sich erwartungsgemäß, daß die meisten E- sowie einige A-Sorten die höchsten Kleberproteinmengen und besten Verarbeitungseigenschaften aufweisen. Damit werden die herausragenden Qualitäten der Elitesorten auch unter den Bedingungen des Organischen Landbaus bestätigt. Im Gegensatz zu den E-Sorten aus konventionellem Anbau, die durch ihre sehr hohen Proteingehalte und günstigen Eigenschaften als Export- oder Aufmischweizen zur Verbesserung schwächerer Qualitäten verwendet werden (LINDHAUER ET AL., 1998), besitzen die vergleichbaren Muster der hier untersuchten Sorten kaum Aufmischqualität, weil die ermittelten Qualitäten nur gute, aber keine überdurchschnittlichen Backergebnisse aufweisen. Um das Ziel einer guten Backqualität zu erreichen, sollten die empfohlenen Sorten deshalb allein verarbeitet werden, da entsprechende Mischungen die Gesamtqualität (das Backvolumen) nicht auf ein hinreichendes Niveau heben kann.

Nicht eindeutig ist die Einteilung der untersuchten Qualitätsweizen. Neben Sorten mit sehr hohen Kleberproteingehalten und guten Backeigenschaften gibt es offenbar auch für den organischen Anbau ungeeignete A-Sorten.

Die B-Sorten, die im konventionellen Anbau den größten Anteil aller deutschen Winterweizensorten bilden (LINDHAUER UND MEYER, 1999), sind nach den vorgelegten Befunden kaum für den extensiven Anbau geeignet. Mit sehr geringen Klebergehalten und schlechten Verarbeitungseigenschaften fallen alle untersuchten Brotweizensorten qualitativ hinter die geprüften E- und A-Sorten zurück. Das gleiche gilt noch deutlicher für die C-Sorte. Auch LEISEN (1999) nennt nur wenige B-Sorten als geeignet für den Organischen Landbau, die zwar z.T. ertragreich sind, aber

deren Ausprägungen in den entscheidenden Qualitätsmerkmalen wesentlich unter denen der guten A- und E-Sorten liegen.

Demnach ist die Einteilung der Sorten unter den Bedingungen des Organischen Landbaus bei den Eliteweizen mit der BSL vergleichbar. Innerhalb der A-Qualitätsgruppe sind nur bestimmte Sorten zu finden, die die Kriterien von gutem Qualitätsweizen erfüllen (Ambras und z.T. Petrus, Tambor), jedoch gibt es auch einige Sorten, die mit ihren Ergebnissen im geprüften extensiven Anbau die Gruppenzugehörigkeit nicht rechtfertigen können (Batis, Xanthos). Alle anderen Sorten erscheinen ebenfalls nicht für die Herstellung von Brot und Backwaren mit ausreichender Qualität geeignet, wenn sie im Organischen Landbau eingesetzt werden.

#### **4.4 Bewertung der Weizensorten anhand der Kleberfraktions- und Referenzdaten**

E-Sorten mit hohen Kleberproteinmengen (Glutenin) und guten Qualitäten sind nach den vorliegenden Befunden vor allem Carolus, Bussard und Aron. Es werden die in der BSL angegebenen hohen Sedimentationswerte und Volumenausbeuten für diese drei Sorten erreicht. Als herausragende Sorten der A-Qualität sind Ambras, Astron und z.T. Petrus zu nennen. Besonders Ambras besitzt einen hohen Sedimentationswert bei guten Protein- und v.a. Gluteningehalten. Astron fällt durch den hohen Sedimentationswert sowie seine kurzen Teigeigenschaften auf. Die Ergebnisse entsprechen den qualitativen Auswertungen LEISENS (1999): Für die Herstellung von Auszugsmehlen werden allerdings auch von LEISEN nur E-Weizen empfohlen.

Unbeständig erscheinen die qualitativen Ausprägungen und die Klebergehalte der geprüften A-Sorten Tambor, Piko und der N-effizienten Sorte Pegassos. Zurückzuführen ist dieser Befund offenbar auf die deutlich festgestellte Abhängigkeit von Standort- und Jahreseinflüssen. Vor allem Pegassos zeigt kaum die erwartete, vergleichsweise bessere Qualität unter extensiven N-Bedingungen.

Deutlich hinter den Erwartungen bleiben besonders die A-Sorten Batis und Xanthos. Das ist deshalb ein bemerkenswerter Befund, weil die ebenfalls N-effiziente Sorte Batis (wie auch Pegassos) bisher als besonders günstig für den organischen Anbau gilt (STRUBE, 1999). Deren besondere Fähigkeit, den Bodenstickstoff gut zu verwerten, wird in dieser Arbeit nicht bestätigt. Auch in den Auswertungen von LEISEN (1999) wird Batis nicht als N-effiziente Sorte erkannt. Pegassos hingegen besitzt in den bundesweiten Auswertungen eine überdurchschnittliche N-Effizienz. Sowohl Batis als auch Pegassos können daher entsprechend ihres hohen Ertragspotentials eher für den Futterweizenanbau und für die Schrotweizenherstellung, aber weniger für die Herstellung von Mehl mit geringerem Ausmahlungsgrad empfohlen werden.

## 4.5 Bewertung der Eignung von Regressionsmodellen zur Vorhersage der Backfähigkeit

EISENBERG ET AL (1994) nutzen ebenfalls die Kleberfraktionen, um ein Probenkollektiv qualitativ in die Sorten mit den Glutenin-Untereinheiten 5+10 und 2+12 zu trennen. Anschließend führen sie separate Regressionsrechnungen durch, um das Backvolumen vorhersagen zu können. Veranlassung dafür war die Feststellung, daß sich keine schlüssige Beziehung zwischen der Rohproteinmenge und den ermittelten Backvolumina herstellen ließ und daher über diese Proteindifferenzierung der gesuchte Zusammenhang ermittelt werden sollte. In den dabei ausgeführten Modellrechnungen werden jedoch nur Parameter der Mehl-, Teig- und Backprüfung einbezogen. Die Autoren kommen zu der Aussage, daß die signifikanten Bestimmtheitsmaße beider Gleichungen mit 0,497 bzw. 0,668 zu einer guten Übereinstimmung zwischen errechneten und tatsächlich bestimmten Volumenausbeuten führen. Der Fehler einer Vorhersage liegt bei  $\pm 10\%$ .

Da anhand der hier vorgelegten Korrelationsanalysen am geprüften Kollektiv ein Hinweis auf unterschiedliche Qualitätseinflüsse der HMW-Untereinheiten 5+10 gegenüber 2+12 nicht ersichtlich ist, werden alle Proben zusammen in die Regressionsanalyse einbezogen. In der Vorhersage der Backvolumina werden nur geringfügig günstigere Variationskoeffizienten knapp unter 10 % ermittelt, die sich auf die Kleberfraktionsdaten als auch auf die Daten der Mehl-, Teig- und Backprüfung beziehen. Besonders hervorzuheben ist, daß das Gesamtmodell 1995-1999 für die Kleberdaten einen annähernd gleichen Fehler wie das entsprechende Modell anhand der Mehl-, Teig- und Backprüfung aufweist.

Bei derartigen Vorhersagen ist an sich ein allgemeingültiges Regressionsmodell anzustreben. Erst dadurch erfährt eine Schätzformel praktische Relevanz zur Vorhersage von Backeigenschaften zukünftiger Versuche. Aus diesem Grund ist das Implementieren von unterschiedlichen Jahren und Qualitäten notwendig, um die Vorhersage robuster zu machen, auch wenn dadurch die Genauigkeit beeinträchtigt wird. Das vorgestellte Modell I mit einem korrigiertem Bestimmtheitsmaß von 0,659 schon daher als günstig anzusehen, wenn auch der Standardfehler um 3 bis 4 % über den Koeffizienten der Modelle für die einzelnen Versuchsjahre liegt.

Darüber hinaus hat das Gesamtmodell, das alle Kleberfraktionsdaten berücksichtigt, den Vorteil, daß weniger Variablen aufgenommen wurden und damit auch der analytische Aufwand begrenzt werden kann. Verglichen mit dem Modell IV des Jahres 1997 werden keine x- und y-HMW-Untereinheiten einbezogen, so daß ein Teil des in den Kapiteln 2.2.1 und 2.2.2 beschriebenen Arbeitsaufwandes (Extraktion und chromatographische Trennung) entfallen kann. Die Ergebnisse der soweit erreichten Vorhersage werden anschließend mit dem Methodenfehler des RMT-Standard-Backversuch verglichen. Toleriert werden dabei Volumenabweichungen von  $\pm 2\%$  (AGF, 1994). Die hier erreichten Vorhersageergebnisse liegen allerdings deutlich über dieser Toleranz, so daß das Modell

als nicht zufriedenstellend zu bewerten ist. Um aber eine ungefähre Schätzung des Backergebnisses vergleichbar den Aussagen von EISENBERG ET AL (1994) zu erreichen, kann dennoch die HPLC-Kleberanalyse nach WIESER ET AL (1994 und 1998) dazu genutzt werden, das Volumen vorherzusagen. Dieser Ansatz ist ferner in Hinblick auf Kosten- und Zeitersparnisse deutlich günstiger zu bewerten, weil damit auf den Backversuch verzichtet werden kann.

#### **4.6 Abgeleitete Ansätze zur verbesserten Auswertung der chromatographischen Kleberfraktionsdaten und Beurteilung der Backqualität im Organischen Landbau**

Die RP-HPLC ist eine der etablierten Techniken zur Analyse der Kleberproteinfraktionen. Nachdem WIESER ET AL (1998) ihre Methoden weiter optimiert haben (verkürzte Aufarbeitungen und Laufzeiten), können Gliadine und Glutenine relativ schnell bestimmt werden. Die Ergebnisse, die mit den bisherigen HPLC-Methoden ermittelt wurden, lassen qualitative Aussagen allerdings nur für die Zusammensetzung der HMW-Glutenine und weniger für die LMW-Glutenine zu (KHATKAR UND SCHOFIELD, 1997).

Auch der hier unternommene Versuch der Trennungsoptimierung über eine veränderte RP-Phase bzw. eine verlängerte Trennstrecke konnte die Auftrennung nicht verbessern. MASCI ET AL (1998) nennen v.a. die schwere Löslichkeit der LMW-Untereinheiten, auch nach Reduktion, als entscheidende methodische Schwierigkeit bei der Trennung der LMW-Glutenine. Aus diesem Grund konzentriert sich die vorgestellte Probenauswertung auf die Gesamtmenge an LMW-Glutenin.

Molekulare Untersuchungen weisen darauf hin, daß nicht nur die Molekulargewichtsverteilung (MACRITCHIE, 1999), sondern auch die Sekundärstruktur einer Proteinfraktion die funktionellen Teigeigenschaften beeinflussen (LEE ET AL., 1999). Die Effekte dieser Sekundärstrukturen auf den Kleber konnte tatsächlich durch den Einsatz der Synchrotronstrahlung (XANES) an isolierten Fraktionen bekräftigt werden: Schwefelreiche Fraktionen wie die LMW-Glutenine, die bevorzugt intermolekulare Verknüpfungen über ihre Cysteinreste ermöglichen, stehen dabei im Vordergrund. Weiterhin unterstützen nichtkovalente Bindungen der LMW-Glutenine die teigstabilisierende Anordnung der Kleberproteine (LEE ET AL., 1999).

Es wird weiter bestätigt, daß nach den LMW- auch die HMW-Glutenine noch relativ deutliche Beziehungen zu den Parametern der Backqualität besitzen. Da nun das Gliadin/Glutenin-Verhältnis offenbar nicht die Backqualität beeinflusst, wird die Arbeitshypothese möglich, nach der die Backqualität einer Weizensorte allein anhand der Glutenin-Chromatogramme bestimmt werden kann. Die vorgelegten Daten lassen sowohl eine Schätzung des Quellvolumens als auch die der rheologischen Qualität zu. Diese Erfahrung könnte z.B. bei der schnellen Evaluierung alter und neuer Züchtungen für den Organischen Landbau genutzt werden.

#### 4.7 Bewertung der Backqualität entsprechend der erreichten Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen von Weizensorten im Zuge einer Optimierungsstrategie im Organischen Landbau

Die Backqualität von Weizen aus Organischem Landbau muß im Vergleich zur Qualität im konventionellen Anbau mit anderen Maßstäben beurteilt werden. Festgestellt wird, daß die Sortenauswahl zur Produktion hochwertigen Backweizens eingeschränkt werden muß, und es deshalb auf Versuche ankommt, mit denen Einteilungen in die Sorten vorgenommen werden, die für die extensive Wirtschaftsweise geeignete bzw. ungeeignete sind.

Eine systematische Auswahl der Sorten mit dem Ziel der Steigerung der Backqualität muß sich für den Landwirt v.a. finanziell lohnen. Nach den vorliegenden Befunden können Sorten wie Aron, Bussard, Carolus, Ambras und z.T. Astron empfohlen werden, die wesentlich bessere Ergebnisse über die Untersuchungsjahre und Standorte gezeigt haben als die N-effizienten Sorten Batis und Peggassos.

Anknüpfend an die in Kapitel 1.2.5 angesprochene, mögliche Erlössteigerung wird anhand einer weiteren modellhaften Darstellung mit vereinfachten Annahmen kurz gezeigt, inwieweit eine Sortenempfehlung zu einer wirtschaftlichen Verbesserung der ökologisch wirtschaftenden Betriebe führen kann. Ausgehend von den oben genannten Sorten und der Annahme, das bisher v.a. Batis und Peggassos angebaut wurden, ergeben sich für die Fläche eines durchschnittlichen Haupterwerbsbetriebes (BML, 2000) durch die Wahl der qualitativ besseren Sorten Erlöse, die deutlich über dem Ausgangswert liegen (Tab. 4.1).

**Tabelle 4.1: Modellhafter Vergleich zur finanziellen Auswirkung einer Sortenwahl mit dem Ziel der Volumensteigerung und der damit verbundenen Erlösveränderung im ökologischen Landbau**

	gemessene Volumenausbeute (VA) mL/100 g Mehl	angenommener Preis (für aufgerundete VA) DM/dt	Erlös DM	Differenz zum Ausgangserlös %
Ambras	625	54,-	24.398,28	0
Aron	596	51,-	23.042,82	-5,6
Astron	580	49,-	22.139,18	-9,3
Batis	576	49,-	22.139,18	-9,3
Bussard	669	58,-	26.205,56	+7,4
Carolus	610	52,-	23.494,64	-3,7
Peggassos	566	48,-	21.687,36	-11,1

Beachtet werden muß allerdings, daß E-Sorten durch die inverse Beziehung zwischen Quantität und Qualität geringere Erträge erreichen. Alle Berechnungen für die einzelnen Sorten werden deshalb mit einem Durchschnittsertrag von 38 dt/ha (BML, 2000) durchgeführt. Während die Erlöse durch den

alleinigen Anbau von Batis oder Pegassos um 9-11 % unter dem Durchschnitt liegen, sind es die Sorten Ambras und vor allem Bussard (+7 %), die zu einem günstigeren Ergebnis führen können.

Zukünftig sollte die Backqualität aber nicht nur allein über die Volumenausbeute definiert werden. Der Begriff Backqualität setzt sich aus mehreren Parametern zusammen, die auch die Teigeigenschaften beinhalten. Deshalb muß die rheologische Qualität charakterisiert werden, da für die zunehmend maschinelle Verarbeitung von Weizenmehlen aus Organischem Landbau entsprechende Hinweise notwendig werden. Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, daß es sich bei den geeigneten Sorten um diejenigen handelt, die auch eine gute Volumenausbeute möglich machen (Ambras, Aron, Bussard, Carolus und mit Einschränkungen Astron). Damit wird gezeigt, daß die rheologische Qualität die Grundlage für die Endprodukteigenschaften darstellt und der festgestellte Zusammenhang mit den LMW-Gluteninen einen besonderen Stellenwert bekommt.

## 5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit erörtert die Möglichkeiten und Grenzen einer Reihung und Differenzierung von verschiedenen Weizensorten im Organischen Landbau anhand wesentlicher chromatographischer Kleberfraktionsdaten für die Anbauempfehlung von Sorten mit besonders guter Backqualität. Dabei erweitern die chromatographischen Proteintrennungen der Ernten 1997 bis 1999 ein schon bestehendes Kollektiv von Weizenqualitäten aus Organischem Landbau und machen ergänzende, qualitative Aussagen auch durch die Aufnahme von Sorten mit den HMW-Glutelin-Untereinheiten 2+12 möglich. Darüber hinaus wird eine neue *in situ* Anwendungsmöglichkeit der Röntgenabsorptionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (XANES) vorgestellt, die weitere Informationen über die angenommenen Zusammenhänge der Kleberproteine liefert.

Ausgangspunkt dieser Prüfungen bilden die gesicherten Ergebnisse der RP-HPLC. Allerdings erscheint mit dieser Methode eine weitere Trennung der LMW-Gluteline in die einzelnen Untereinheiten nicht möglich. Demgegenüber gelingt es erstmals in isolierten und aufoxidierten LMW-Kleberfraktionen Disulfidbrückenbindungen direkt und zerstörungsfrei über XANES-Messungen nachzuweisen. Damit wird ein direkter und zerstörungsfreier Nachweis der strukturentscheidenden SS-Brücken im Kleber möglich.

Die korrelativen Beziehungen zwischen Kleberfraktionsdaten und Ergebnissen der Mehl-, Teig- und Backprüfung verdeutlichen, daß einzelne Fraktionen z.T. deutlich positive Effekte auf die Qualität haben. Besonders auffällig ist der signifikante (positive) Zusammenhang der LMW-Gluteline mit den teigrheologischen Ergebnissen, allen voran mit der Extensogramm-Energie ( $r = 0,803$ ) und der Dehnbarkeit ( $r = 0,655$ ). Damit können die Verarbeitungseigenschaften der Proben auch anhand von Kleberfraktionen bewertet werden: Aus der Korrelation/Regression werden chromatographisch ermittelte Mindestgehalte festgelegt, die eine hinreichende Backqualität im Organischen Landbau ermöglichen. Zusätzlich kann über die Steigungen der nach unterschiedlichen Weizenqualitäten dargestellten Regressionen ein Einfluß der Qualitätsgruppen dargestellt werden. Generell schwach korreliert demgegenüber der Dehnwiderstand, sowohl mit den Parametern der Mehl-, Teig- und Backprüfung als auch mit den Kleberproteinen.

Für den Organischen Landbau wird weiterhin belegt, daß gegenüber den Kleberproteinfraktionen auch die sehr deutlichen Zusammenhänge zwischen dem Rohproteingehalt und den Parametern der Backqualität trotz des allgemein sehr geringen Proteinniveaus gelten. Bedingt durch den extensiven Anbau sind allerdings die gesamten Ausprägungen der Qualitätsparameter erwartungsgemäß gering.

Nicht bestätigt werden kann ein genereller Qualitätsvorteil von Sorten mit den HMW-Untereinheiten 5+10 gegenüber Sorten mit der Kombination von HMW 2 und HMW 12. Deutlicher korreliert hingegen der Summenparameter der  $\alpha$ -HMW-Untereinheiten mit der Backqualität im Vergleich zu



den  $\gamma$ -HMW-Untereinheiten. Generell schwach ausgeprägt sind die Hinweise, die sich aus Mengenverhältnissen der Kleberproteine ableiten lassen (Gliadin/Glutenin, LMW/HMW, x-/y-HMW).

Die entscheidende Rangvarianzanalyse mit der Reihung nach Klebergehalten bzw. Backparametern unterscheidet die besonders für den extensiven Anbau empfehlenswerten Sorten Ambras, Aron, Carolus und mit Einschränkungen Astron signifikant von den qualitativ weniger guten bzw. nicht empfehlenswerten Proben Batis und Xanthos. Darüber hinaus kann allerdings ein Teil der Proben nicht eindeutig voneinander differenziert werden. Demnach sind es vor allem die E-Sorten, die im Organischen Landbau gute Backqualitäten aufweisen. Gleichzeitig werden sehr starke Einflüsse der Faktoren „Jahr“ und „Standort“ auf die Weizenproben des Organischen Landbaus festgestellt. Das deutet auf die Instabilität einiger Sorten hin. Gründe für die eingeschränkte Differenzierungsmöglichkeit sind in den allgemein geringen interindividuellen Sortenunterschieden begründet.

Die Regressionsmodelle über die Kleberfraktionen und auch die Daten der Mehl-, Teig- und Backprüfung zur Vorhersage des Backvolumens ermöglichen eine tendenzielle Vorhersagen der Backqualität. So erreicht das Modell der Erntejahre 1995 bis 1999 mit den Variablen Glutenin, Gliadin/Glutenin und LMW/HMW die Vorhersage mit einem Fehler von ca. 8 %. Ein vollständiger Ersatz des RMT-Backversuchs gelingt damit aber nicht.

Durch die Kombination der chromatographischen Kleberanalytik und der gewählten Form der Datenauswertung entsteht ein sinnvolles Hilfsmittel, um innerhalb einer Vielzahl von Sorten diejenigen guten Backqualitäten zu charakterisieren, die sich letztendlich auch finanziell für den organischen Anbau auswirken könnten.

## 6 Literaturverzeichnis

AGF (1994): Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot. Verlag Moritz Schäfer, Detmold.

Althoff, K. H., W. von Drachenfels, A. Dreist, D. Hussmann, M. Neckenig, H. D. Nuhn, W. Schauerte, M. Schillo und F. J. Schittko (1990): ELSA - one year of experience with the Bonn electron stretcher accelerator. *Particle Accelerators*, 27, 101-109.

Andrews, J. L., R. L. Hay, J. H. Skerritt und K. H. Sutton (1994): HPLC and immunoassay-based glutenin subunit analysis: screening for dough properties in wheats grown under different environmental conditions. *J Cereal Sci*, 20, 203-215.

Andrews, J. L. und J. H. Skerritt (1996): Wheat dough extensibility screening using a two-site enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) with antibodies to low molecular weight glutenin subunits. *Cereal Chem*, 73, 650-657.

Antes, S. (1998): Chemische und backtechnische Eigenschaften reoxidierter Glutelinuntereinheiten aus Weizen. Dissertation, TU München.

Antes, S., R. Kieffer und H. Wieser (1998): Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Teig und Kleber verschiedener Weizensorten am Stressrheometer. DFA-Forschungsbericht, 180-188.

Antes, S. und H. Wieser (2000): Quantitative determination and localisation of thiol groups in wheat flour. In: Shewry P. R. und A. S. Tatham: Wheat Gluten 2000. Proc. 7<sup>th</sup> International Gluten Workshop, Bristol, UK Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK (im Druck).

Argarwal, B. K. (1979): X-ray Spectroscopy. Springer-Verlag, Berlin.

Bauschke, C. (2000): Beim Brot scheiden sich die Geschmäcker in Deutschland. Die Welt-online, 11.08.2000.

Bedö, Z., M. Kárpáti, G. Vida, J. Kramarik-Kissimon und L. Láng (1995): Good breadmaking quality wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes with 2 + 12 subunit composition at the Glu-D1 locus. *Cereal Research Communication*, 23, 283-289.

Bedö, Z., G. Vida, L. Láng und I. Karsai (1998): Breeding for breadmaking quality using old hungarian wheat varieties. *Euphytica*, 100, 179-182.

Behrens, P. (1992<sup>1</sup>): X-ray absorption spectroscopy in chemistry - I. Extended X-ray absorption fine structure. Trends in analytical chemistry, 11, 218-225.

Behrens, P. (1992<sup>2</sup>): X-ray absorption spectroscopy in chemistry - II. X-ray absorption near edge structure. Trends in analytical chemistry, 11, 237-244.

Belitz, H. und W. Grosch (1992): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Belton, P. S. (1999): On the elasticity of wheat gluten. J Cereal Sci, 29, 103-107.

Bianconi, A. (1988): XANES-spectroscopy. In: Koningsberger, D. C. und R. Prins (1988): Principles, Applications, Techniques of EXAFS, SEXAFS and XANES. 573-662, Wiley, New York.

Bietz, J. A. und J. S. Wall (1972): Wheat gluten subunits: molecular weights determined by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. Cereal Chem, 49, 416-430.

Bietz, J. A., F. R. Hübner und J. S. Wall (1973): Glutenin - the strength protein of wheat flour. Bakers Digest, 67, 26-35.

BMELF (2000): Funke begrüßt Wachstum des ökologischen Landbaus. BMELF-Informationen, 32, 1.

BML (2000): Agrarbericht der Bundesregierung 2000. Bonn.

Bolling, H., P. Gerstenkorn und D. Weipert (1986): Vergleichende Untersuchungen zur Verarbeitungsqualität von alternativ und konventionell angebautem Brotgetreide. Getreide Mehl Brot, 40, 46-51.

Brümmer, J.-M. und W. Seibel (1992): Extensivierter Anbau und seine Auswirkungen auf Verarbeitungseigenschaften und Gebäckqualitäten. Getreide Mehl und Brot, 46, 187-191.

Brümmer, J.-M. (1997): Einfluß von Extensivierungsmaßnahmen auf die Verarbeitungseigenschaften von Brotgetreide in Deutschland. Tagungsband DGQ Wädenswil, 32, 311-320.

Brümmer, J.-M. (2000): Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung, Detmold, persönliche Mitteilung.

BSA (1997): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln). Landbuch-Verlag, Hannover.

Campbell, W. P., C. W. Wrigley, P. J. Cressey und C. R. Slack (1987): Statistical correlations between quality attributes and grain-protein composition for 71 hexaploid wheats used as breeding parents. *Cereal Chem*, 64, 293-299.

Chauvistré, R., J. Hormes, D. Brück, K. Sommer und H.-W. Engels (1992): Structural analysis of sulfur in rubber by X-ray absorption near edge spectroscopy (XANES). *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, 45, 808-813.

Chauvistré, R., J. Hormes, E. Hartmann, N. Etzenbach, R. Hosch und J. Hahn (1997): Sulfur K-shell photoabsorption spectroscopy of the sulfanes R-S<sub>n</sub>-R, n=2-4. *Chem Phys*, 223, 293-302.

Cheftel, J. C., J. L. Cuq und D. Lorient (1992): Weizenproteine. Behr's Verlag, Hamburg.

Eberhardt, W. (1992): Synchrotronstrahlung zur Erforschung kondensierter Materie. Vorlesungsmanuskript des IFF-Ferienkurses, Forschungszentrum Jülich, 23, 1-10.

Eisenberg, B., H. Steinhart und A. Bosselmann (1994): Berechnungsmodell zur Vorhersage des Backvolumens (RMT) bei Weizen. *Getreide Mehl und Brot*, 48, 48-52.

Ellman, G. L. (1959): Tissue sulfhydryl groups. *Arch Biochem Biophys*, 82, 70-77.

Evers, M. (1996): Konsumentenpräferenzen für Bio-Lebensmittel am Beispiel des Grundnahrungsmittels Brot. Diplomarbeit, Universität Bonn.

Ewart, J. A. D. (1968): A hypothesis for the structure and rheology of glutenin. *J Sci Food Agric*, 19, 617-623.

Ewart, J. A. D. (1972): A modified hypothesis of the structure and rheology of glutenins. *J Sci Food Agric*, 23, 687-699.

Ewart, J. A. D. (1978): Glutenin and dough tenacity. *J Sci Food Agric*, 29, 551-556.

Ewart, J. A. D. (1979): Glutenin structure. *J Sci Food Agric*, 30, 482-492.

- Fitchett, C. S. und P. J. Frazier (1986): Action of oxidants and other improvers. In: Blanshard, J. M. V., P. J. Frazier und T. Galliard: Chemistry and physics of baking. Royal Society of Chemistry, 179-198.
- Förster, D. (1995): Preisbeurteilung von Öko-Lebensmitteln. *Ökologie & Landbau*, 23, 34-36.
- George, G. N. (1993): X-ray absorption spectroscopy of light elements in biological systems. *Curr Opin Struct Biol*, 3, 780-784.
- Graf, S. (2000): Ökolandbau in Europa: eine Bestandsaufnahme. *Ökologie & Landbau*, 115, 31-33.
- Grosch, W. und H. Wieser (1999): Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid. *J Cereal Sci*, 29, 1-16.
- Gupta, R. B. und F. MacRitchie (1994): Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1 of common wheats. II. Biochemical basis of the allelic effects on dough properties. *J Cereal Sci*, 19, 19-29.
- Hahn, B. und W. Grosch (1998): Distribution of glutathione in Osborne fractions as affected by additions of ascorbic acid, reduced and oxidised glutathione. *J Cereal Sci*, 27, 117-123.
- Hamm, U. (1986): Absatzbedingungen bei Produkten aus alternativer Erzeugung. *Berichte über Landwirtschaft*, 64, 74-152.
- Hamm, U. (1999): Das Öko-Prüfzeichen - nur ein erster Schritt zur Stärkung des Öko-Landbaus. *Agra-Europe Sonderbeilage*, 3, 1-5.
- Hamm, U. und J. Michelsen (1999): Analyse des Ökomarktes in Europa. *Agra-Europe Dokumentation*, 43, 1-19.
- Hamm, U. und J. Michelsen (2000): Die Vermarktung von Ökolebensmitteln in Europa. *Ökologie & Landbau*, 28, 31-38.
- Henrion, R. und G. Henrion (1995): *Multivariate Datenanalyse*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Henschen, A. (1986): *Analysis of cyst(e)ine residues, disulfide bridges, and sulfhydryl groups in proteins*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

Hormes, J., Kuetsgens, U. und I. Ruppert (1986): Double excitation in the K-shell absorption spectrum in sulphur in H<sub>2</sub>S and D<sub>2</sub>S. *J Phys Colloque*, 8, 47, 569-573.

Hormes, J. (1992): Industrielle Anwendungsmöglichkeiten der Synchrotronstrahlung. Vorlesungsmanuskript des IFF-Ferienkurses, Forschungszentrum Jülich, 23, 1-15.

Hoseney, C. R. (1998): Proteins of Cereals. In: Principles of Cereal Science and Technology. AACC, St. Paul, MI, USA, 65-79.

Huebner, F. R., D. D. Christianson, T. C. Nelson und J. A. Bietz (1990): Gliadin and glutenin analysis by SE-HPLC for wheat classification. In: Bushuk, W. und R. Tkachuk (1990): Gluten Proteins 1990. AACC, St. Paul, MI, USA, 145-155.

Hüttner, S., P. Köhler und H. Wieser (1996): Disulphide bonds between gluten proteins and glutathione. *DFA-Forschungsbericht*, 144-151.

Hüttner, S., W. Grosch und H. Wieser (1997): Distribution of <sup>35</sup>S-labelled glutathione on the Osborne fractions of dough and gluten. *DFA-Forschungsbericht*, 142-149.

IFOAM (1998): Basis-Richtlinien für ökologische Landwirtschaft und Verarbeitung.

Khatkar, B. S. und J. D. Schofield (1997): Molecular and physico-chemical basis of breadmaking properties of wheat gluten proteins: A critical appraisal. *J Food Sci Technol*, 34, 85-102.

Kasarda, D. D. (1999): Glutenin polymers: The in vitro to in vivo transition. *Cereal Foods World*, 44, 566-571.

Kieffer, R. und H. Wieser (1996): Bedeutung einzelner Kleberproteintypen für die im Mikromaßstab bestimmten Verarbeitungseigenschaften von Weizenmehl. *DFA-Forschungsbericht*, 151-164.

Killermann, B., V. Brönneke und G. Zimmermann (1998): Einfluß hochmolekularer Glutenin-Untereinheiten und D-Zonen Gliadine auf die Backqualität deutscher Weizensorten. Beiträge zum Züchterseminar 1998 der LBP, 51-66.

Köhler, W., G. Schachtel und P. Voleske (1984): Biometrie: Einführung in die Statistik für Biologen und Agrarwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Köhler, P., H.-D. Belitz und H. Wieser (1991): Disulphide bonds in wheat gluten: Isolation of a cystine peptide from glutenin. *Z Lebensm Unters Forsch*, 192, 234-239.

Köpke, U. (1996): Anbau und ökologische Tierhaltung. In: Eschricht, M. und C. Leitzmann: Handbuch Bio-Lebensmittel: Anbau, Recht, Verarbeitung, Kontrolle, Vermarktung. Behrs-Verlag, Hamburg, 1-3.

Lafiandra, D., S. Masci, C. Blumenthal und C. W. Wrigley (1999): The formation of glutenin polymer in practice. *Cereal Foods World*, 44, 572-578.

Lee, Y.-K., F. Békés, P. Gras, M. Ciaffi, M. K. Morell und R. Appels (1999): The low-molecular-weight glutenin subunit proteins of primitive wheats. IV. Functional properties of products from individual genes. *Theor Appl Genet*, 98, 149-155.

Leisen, E. (1999): Ökologischer Landbau, Sortenversuche in Deutschland - Getreide und Körnerleguminosen -. Verband der Landwirtschaftskammern, Münster.

Lemonnier, M., O. Collet, C. Depautex, J.-M. Esteva und D. Raoux (1978): High vacuum two crystal soft X-ray monochromator. *Nucl Instr Meth*, 152, 109-116.

Lengeler, B. (1987): Application of x-ray absorption and x-ray reflection in solid state physics in material science. Nachdruck aus IFS-Bulletin 31, KFA Jülich.

Lengeler, B. (1990): Röntgenabsorption und -reflektion: Neue Sonden in der Festkörperforschung. *Physikalische Blätter*, 46, 50-54.

Lindhauer, M. G., P. Gerstenkorn und H. Zwingelberg (1997): Die Qualität der deutschen Weizenernte 1997, 2. Teil: Mahl- und Backqualität von Weizensorten und -partien aus der Bundesrepublik Deutschland und importierten französischen Weizen. *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 134, 677-679.

Lindhauer, M. G., K. Münzing und P. Gerstenkorn (1998): Die Qualität der deutschen Weizenernte 1998, 2. Teil: Mahl- und Backqualität von Weizensorten und -partien in der Bundesrepublik Deutschland. *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 135, 707-709.

Lindhauer, M. G. und D. Meyer (1999): Die Qualität der deutschen Weizenernte 1999, 1. Teil: Quantitatives und qualitatives Ergebnis in Bund und Ländern. *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 136, 652-660.

Lindhauer, M. G. und K. Münzing (1999): Die Qualität der deutschen Weizenernte 1999, 2. Teil: Mahl- und Backqualität von Weizensorten und -partien in der Bundesrepublik Deutschland. *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 136, 660-665.

Lindloff, V. (1998): Im "Nischenmarkt" fallen die Preise. *Top Agrar*, 4, 34-35.

MacRitchie, R. (1999): Wheat proteins: characterization and role in flour functionality. *Cereal Foods World*, 44, 188-193.

Manley, M., P. G. Randall und A. E. J. McGill (1992): The prediction of dough properties of south african wheat cultivars by SDS-PAGE analysis of HMW glutenin subunits. *J Cereal Sci*, 15, 39-47.

Masci, S., R. D'Ovidio, D. Lafiandra und D. D. Kasarda (1998): Characterization of a low-molecular-weight glutenin subunit gene from bread wheat and the corresponding protein that represents a major subunit of the glutenin polymer. *Plant Physiol*, 118, 1147-1158.

Ng, P. K. W. und W. Bushuk (1988): Statistical relationships between high molecular weight subunits of glutenin and breadmaking quality of canadian-grown wheats. *Cereal Chem*, 65, 408-413.

Payne, P. I., L. M. Holt und C. N. Law (1981): Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin. *Theor Appl Genet*, 60, 229-236.

Pechanek, U., A. Karger, S. Gröger, B. Charvat, G. Schöggl und T. Lelley (1997): Effect of nitrogen fertilization on quantity of flour protein components, dough properties, and breadmaking quality of wheat. *Cereal Chem*, 74, 800-805.

Peterson, C. J., R. A. Graybosch, D. R. Shelton und P. S. Baenziger (1998): Baking quality of hard winter wheat: Response of cultivars to environment in the Great Plains. *Euphytica*, 100, 157-162.

Pielke, M. (1994): Vermarktungskonzept für kontrolliert ökologisch erzeugtes Getreide in Nordrhein-Westfalen. Dissertation, Universität Bonn.

Prange, A., I. Arzberger, C. Engemann, H. Modrow, O. Schumann, H. G. Trüper, R. Steudel, C. Dahl und J. Hormes (1999): In situ analysis of sulfur in the sulfur globulars of phototrophic sulfur bacteria by X-ray absorption near edge spectroscopy. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1428, 446-454.

Prange, A., N. Kühlsen, B. Birzele, S. Antes, I. Arzberger, J. Hormes und P. Köhler (2001): Sulfur in wheat gluten: In situ analysis by X-ray absorption near edge spectroscopy (XANES). *Z Eur Food Res Technol*, DOI 10.1007/s002170100304, online-Veröffentlichung: 5 April 2001.



- Prummer, S. (1994): Bestimmungsgründe der Nachfrage nach Produkten des ökologischen Landbaus in Bayern: Ergebnisse computergestützter Befragungen. Wissenschaftsverlag Vauk, Kiel, München.
- Rippin, M. (1998): Entwicklung der Erzeugerpreise für Ökoprodukte. *Ökologie & Landbau*, 26, 32-33.
- Rippin, M. (1999). Materialien zur Marktberichterstattung - Strukturdaten zum ökologischen Landbau. ZMP, Bonn.
- Robert, N. und J.-B. Denis (1996): Stability of baking quality in bread wheat using several statistical parameters. *Theor Appl Genet*, 93, 172-178.
- Rompel, A., R. M. Cinco, M. J. Latimer, A. E. McDermott, R. D. Guiles, A. Quintanilha, R. M. Kraus, K. Sauer, V. K. Yachandra und M. P. Klein (1998): Sulfur K-edge X-ray absorption spectroscopy: a spectroscopic tool to examine the redox state of S-containing metabolites *in vivo*. *Proc Natl Acad Sci USA*, 95, 6122-6127.
- Sachs, L. (1999): *Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Schnug, E., S. Haneklaus und D. Murphy (1993): Impact of sulphur supply on the baking quality of wheat. *Aspects of Applied Biology*, 36, 337-345.
- Schonschek, T. (1997): *Röntgenabsorptionsspektroskopie von Thyreoglobulin-Clustern an der Schwefel K-Kante*. Diplomarbeit, Universität Bonn.
- Seibel, W. (1996): Getreide. In: Eschricht, M. und C. Leitzmann: *Handbuch Bio-Lebensmittel: Anbau, Recht, Verarbeitung, Kontrolle, Vermarktung*. Behr's-Verlag, Hamburg, 1-14.
- Seilmeier, W., H.-D. Belitz und H. Wieser (1991): Separation and quantitative determination of high-molecular-weight subunits of glutenin from different wheat varieties and genetic variants of the variety Sicco. *Z Lebensm Unters Forsch*, 192, 124-129.
- Shewry, P. R., A. S. Tatham, J. Forde, B. J. Mifflin und D. D. Kasarda (1984): The primary structures, conformations and aggregation properties of wheat gluten proteins. In: Graveland, A. und J. H. E. Moonen (1984): *Gluten Proteins 1984*. Wageningen, NL, 51-58.

Shewry, P. R., N. G. Halford und A. S. Tatham (1992): High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J Cereal Sci*, 15, 105-120.

Shewry, P. R., N. G. Halford und A. S. Tatham (1994): Analysis of wheat proteins that determine breadmaking quality. *Food Science and Technology Today*, 8, 31-36.

Shewry, P. R. und A. S. Tatham (1997): Disulphide bonds in wheat gluten proteins. *J Cereal Sci*, 25, 207-227.

Shewry, P. R. (1999): The synthesis, processing and deposition of gluten proteins in the developing wheat grain. *Cereal Foods World*, 44, 587-589.

Singh, N. K., R. Donovan und F. MacRitchie (1990): Use of sonication and size-exclusion-HPLC in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. *Cereal Chem*, 67, 161-170.

Statistisches Bundesamt (1999): Statistisches Jahrbuch 1999. Wiesbaden.

Stiftung Ökologie und Landbau (1994): Alternative Konzepte 81-EG; Verordnung „Ökologischer Landbau“ - eine juristische und agrarfachliche Kommentierung. Freiburg, 9-19.

Stöhr, J. (1991): Springer Series in Surface Sciences 25, NEXFAS Spectroscopy. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Strube (1999): Fr. Strube Saatzucht KG Söllingen: Führer durch die Zuchtgärten und landwirtschaftlichen Betriebe. Helmstedt.

Weegels, P. L., R. J. Hamer und J. D. Schofield (1996): Functional properties of wheat glutenin. *J Cereal Sci*, 23, 1-18.

Weipert, D. (1996): Extensogramm / Alveogramm - ein Vergleich. *Getreide Mehl und Brot*, 50, 149-155.

Wendt, H., L. M. C. Di, M. Jürgensen und C. Willhöft (1999): Der Markt für ökologische Produkte in Deutschland und ausgewählten europäischen Ländern. Vol. 481, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.

Wiegand, S. (1989): Absatz von Agrarprodukten aus kontrolliert ökologischer Erzeugung. Arbeitsbericht Nr.6, Gießen.

Wieser, H., W. Seilmeier und H.-D. Belitz (1991): Klassifizierung der Proteinkomponenten des Weizenklebers. Getreide Mehl und Brot, 45, 35-38.

Wieser, H., W. Seilmeier und R. Kieffer (1994): Relationship between the amount of gluten protein types and the rheological properties of different wheat cultivars. In: AGF: Gluten Proteins 1993. Detmold, 141-150.

Wieser, H., S. Antes und W. Seilmeier (1998): Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography. Cereal Chem, 75, 644-650.

Wieser, H. und W. Seilmeier (1998): The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. J Sci Food Agric, 76, 49-55.

Wieser, H. und G. Zimmermann (2000): Importance of amount and proportions of high molecular weight subunits of glutenin for winter wheat quality. Eur Food Res Technol, 210, 324-330.

Winter, I., J. Hormes und M. Hiller (1995): Thermal ageing of electrically conducting polymers: XANES measurements of polythiophenes, Nucl Inst Meth, B 97, 287-291.

Wirries, F.-M. (1998): Die Bedeutung verschiedener Weizenkleberfraktionen für die Backqualität, Untersuchung an Weizen aus Organischem Landbau. Dissertation, Universität Bonn.

Wöhlken, E. (1991): Einführung in die landwirtschaftliche Marktlehre. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Wrigley, C. W., D. L. Du Cros, J. G. Fullington und D. D. Kasarda (1984): Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulfur deficiency in wheat. J Cereal Sci, 2, 15-24.

Wrigley, C. W. und F. Békés (1999): Glutenin-protein formation during the continuum from anthesis to processing. Cereal Foods World, 44, 562-565.

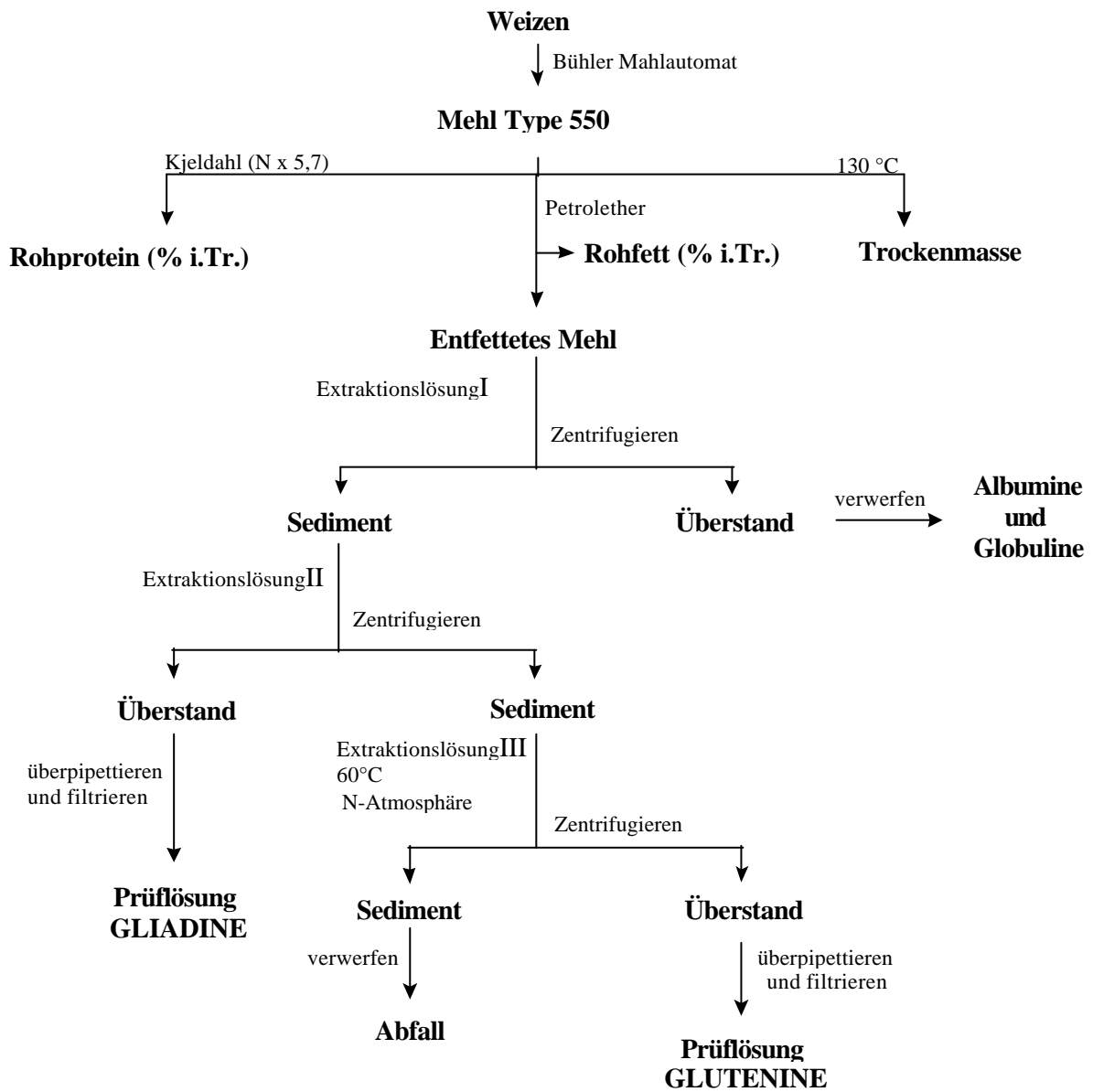
Zhao, F. J., S. E. Salmon, P. J. A. Withers, J. M. Monaghan, E. J. Evans, P. R. Shewry und S. P. McGrath (1999<sup>1</sup>): Variation in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. J Cereal Sci, 30, 19-31.

Zhao, F. J., M. J. Hawkesford und S. P. McGrath (1999<sup>2</sup>): Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. J Cereal Sci, 30, 1-17.

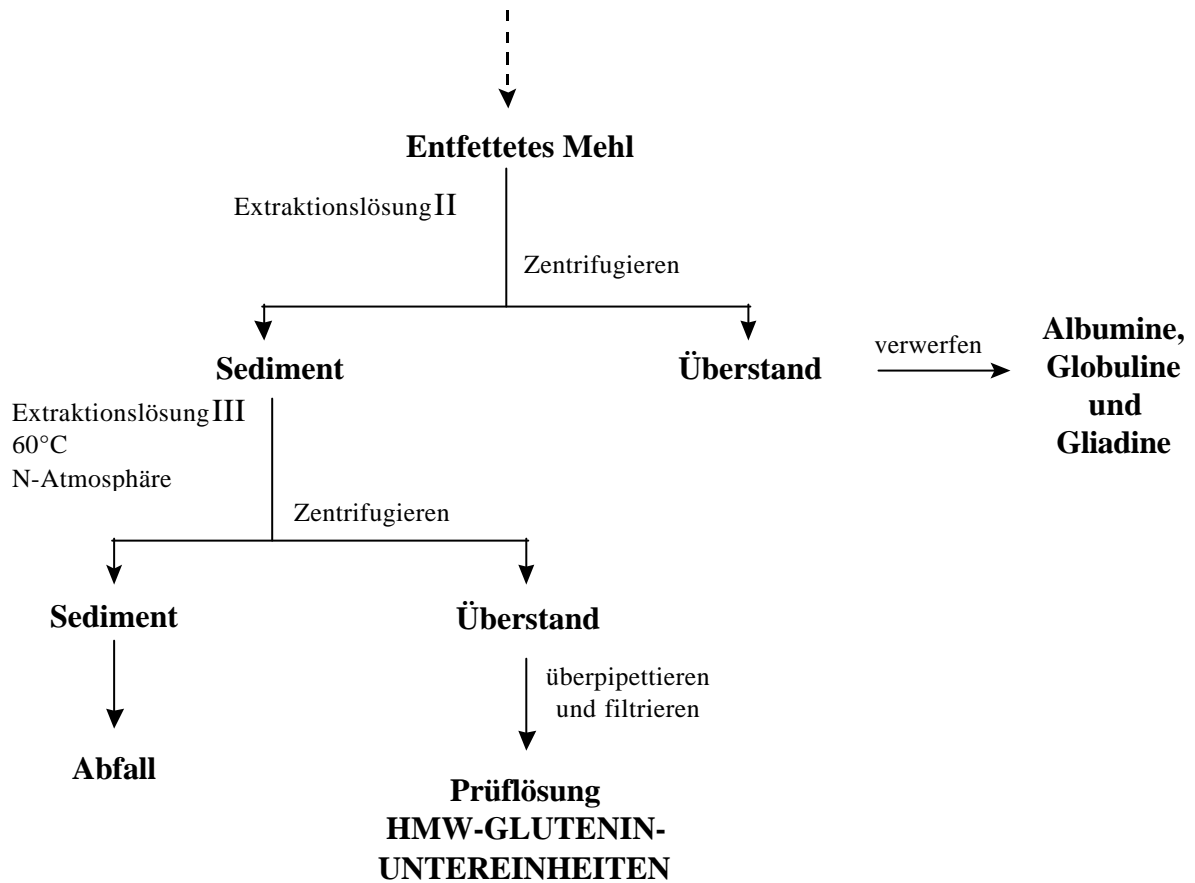
Zhao, F. J., S. E. Salmon, P. J. A. Withers, E. J. Evans, J. M. Monaghan, P. R. Shewry und S. P. McGrath (1999<sup>3</sup>): Responses of breadmaking quality to sulphur in three wheat varieties. J Sci Food Agric, 79, 1865-1874.

## 7 Anhang

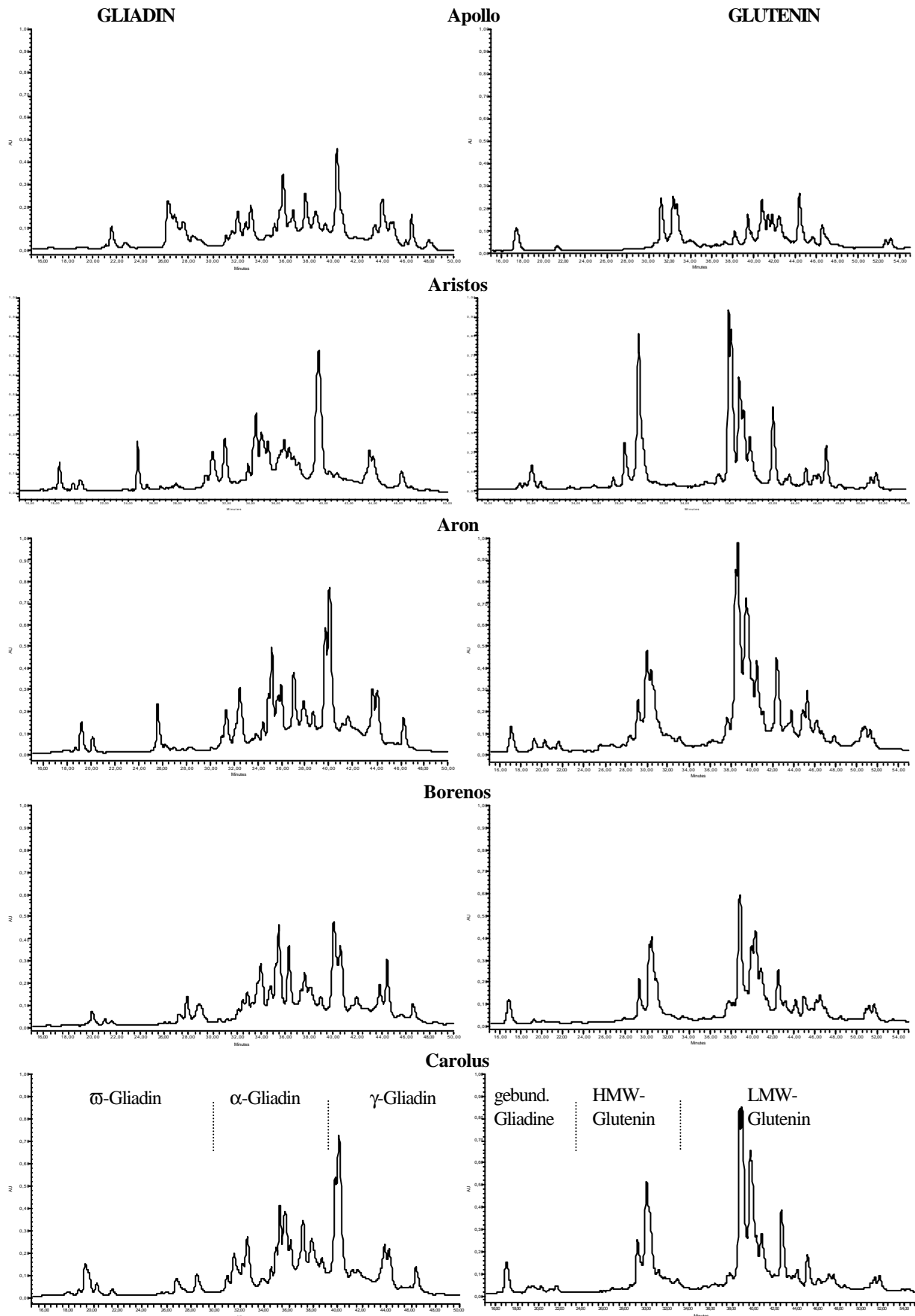
## (I.) Schema der Aufarbeitung zur Gewinnung der Prüflösungen für die Fraktionierung der Gliadine und Glutenine

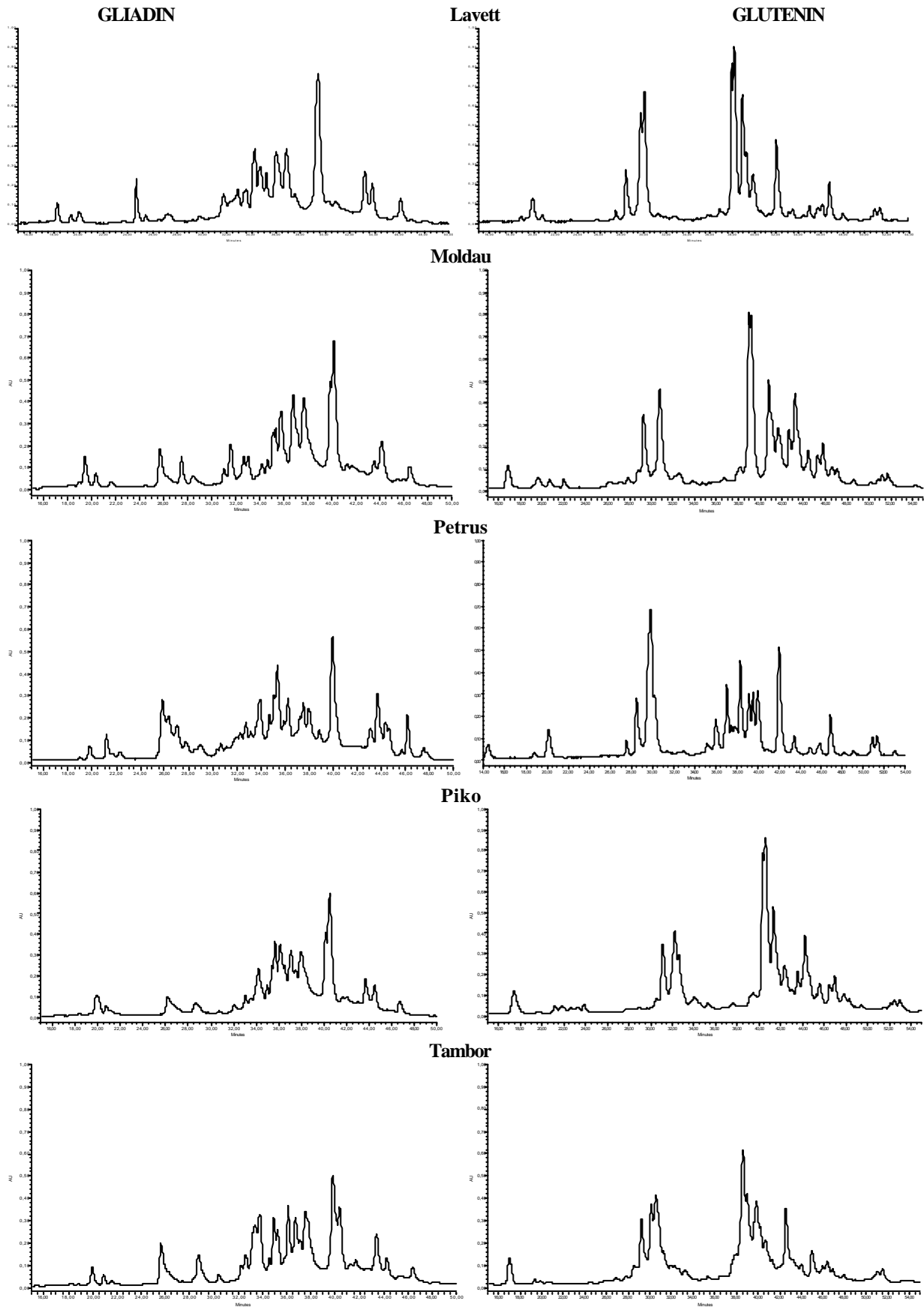


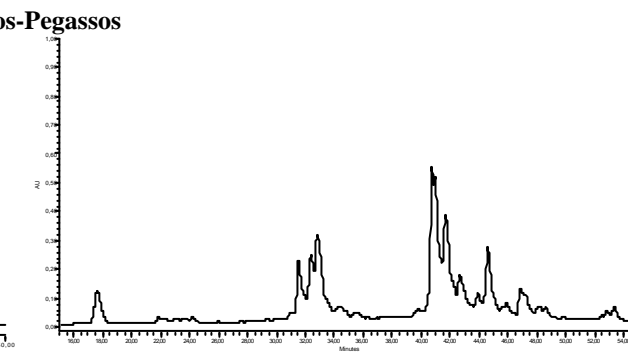
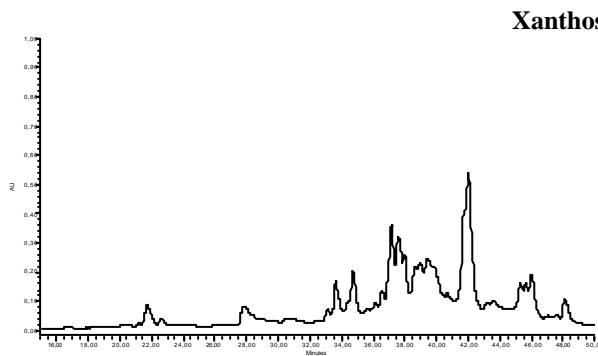
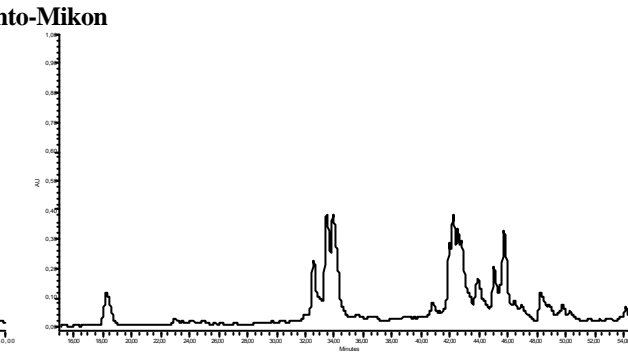
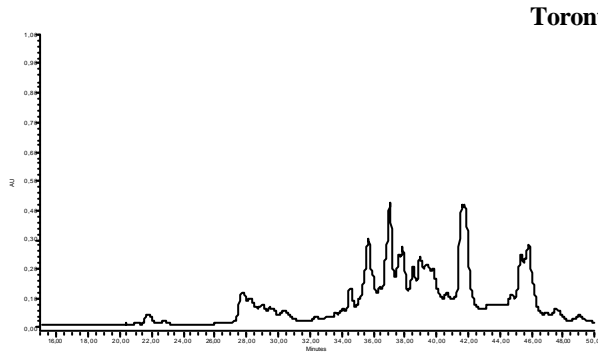
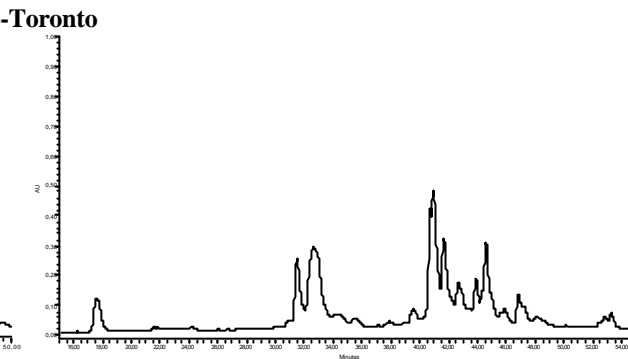
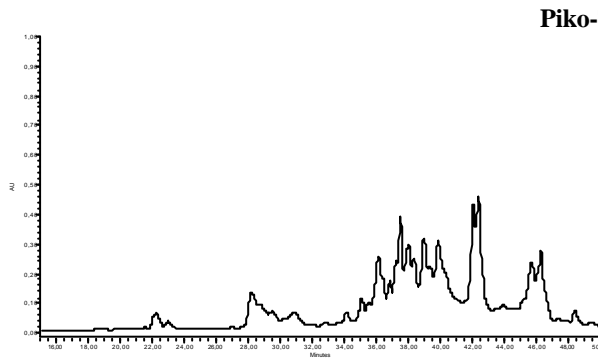
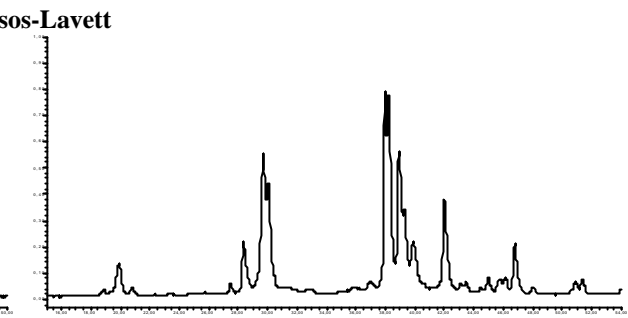
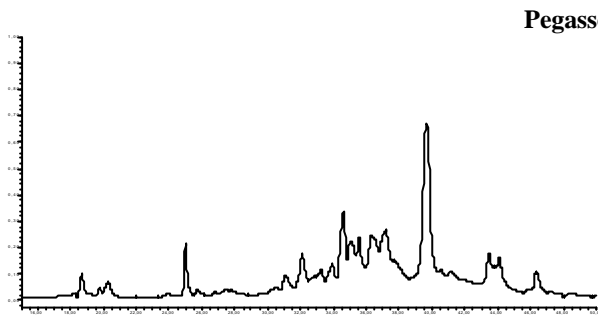
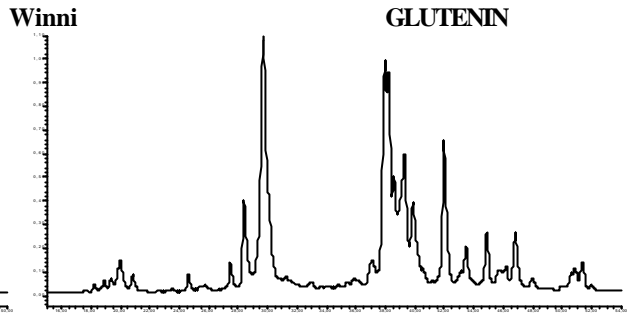
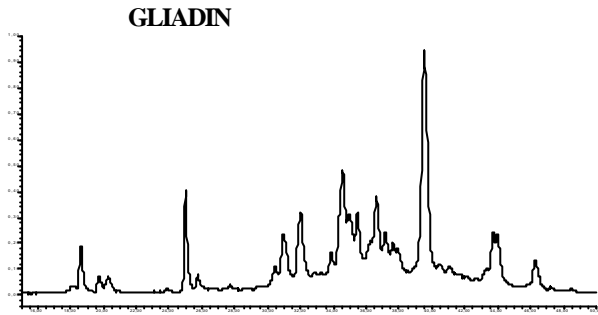
**Schema der Aufarbeitung zur Gewinnung der Prüflösungen für die Fraktionierung der HMW-Glutenin-Untereinheiten**



(II.) Chromatogramme der Gliadine und Glutenine der RP-HPLC-Trennungen (in Ergänzung zu den Trennungen von WIRRIES, 1998)

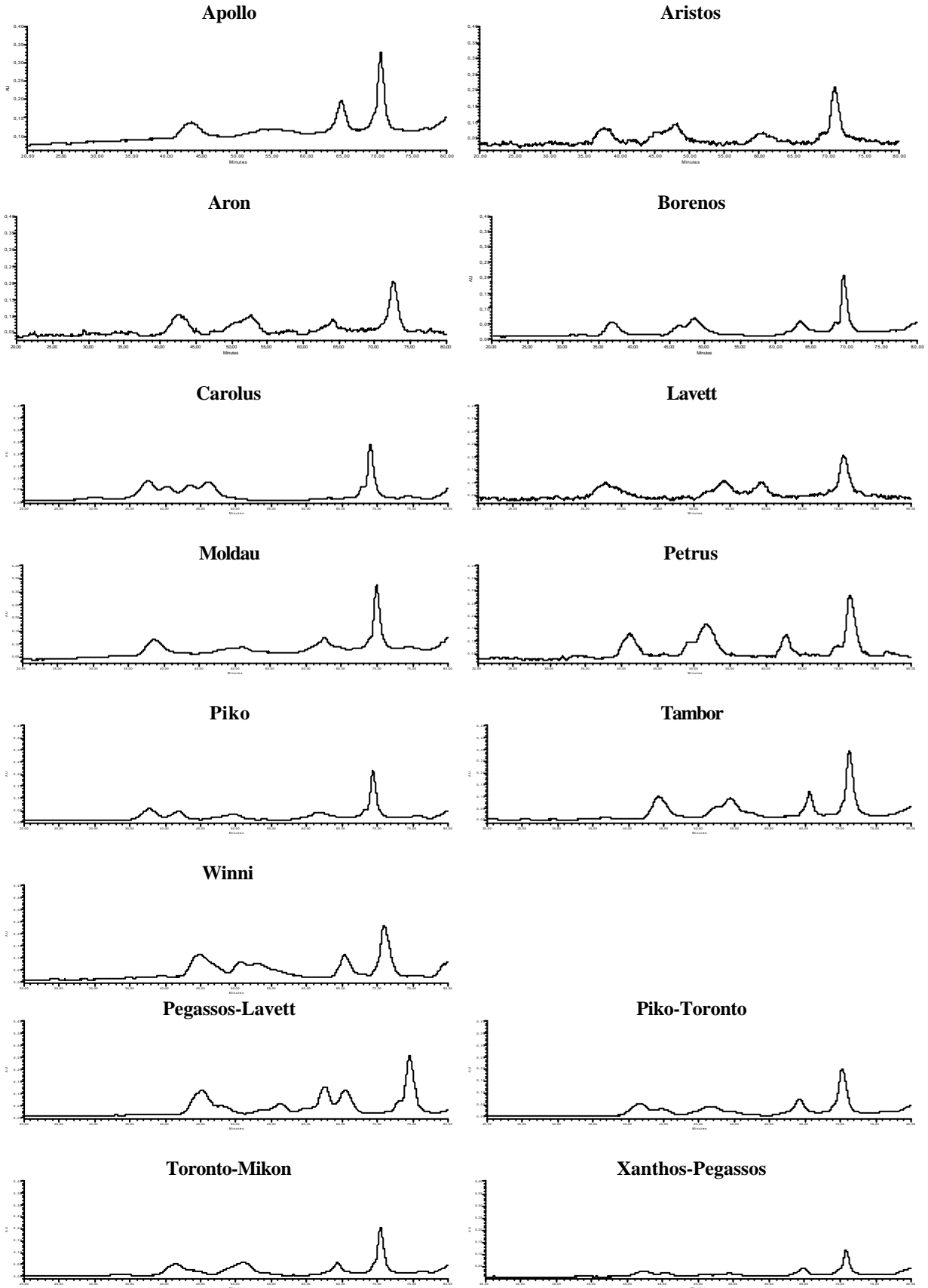








### Chromatogramme der HMW-Glutenin-Untereinheiten



## (III.) Chromatographisch ermittelte Kleberfraktionsgehalte 1997-1999

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	Glia	Glut	HMW	LMW	Glia/ Glut	LMW/ HMW	Glia/ LMW	Glia/ HMW
Ambras	WWSO97	WG	1997	0	5,353	2,571	0,66	1,874	2,08	2,84	2,86	8,11
Aron	WWSO97	WG	1997	0	5,963	3,072	0,883	2,105	1,94	2,38	2,83	6,75
Astron	WWSO97	WG	1997	0	5,203	3,186	0,818	2,272	1,63	2,78	2,29	6,36
Batis	WWSO97	WG	1997	0	4,869	2,452	0,668	1,74	1,99	2,6	2,8	7,28
Carolus	WWSO97	WG	1997	0	5,651	2,906	0,756	2,085	1,94	2,76	2,71	7,48
Moldau	WWSO97	WG	1997	0	5,345	2,574	0,691	1,814	2,08	2,62	2,95	7,73
Petrus	WWSO97	WG	1997	0	5,266	2,631	0,89	1,705	2	1,92	3,09	5,92
Tambor	WWSO97	WG	1997	0	5,529	2,845	0,943	1,869	1,94	1,98	2,96	5,87
Xanthos	WWSO97	WG	1997	0	4,996	2,381	0,745	1,57	2,1	2,11	3,18	6,71
Ambras	WWSO97	VE	1997	0	4,915	2,442	0,646	1,688	2,01	2,61	2,91	7,61
Aron	WWSO97	VE	1997	0	5,104	2,476	0,619	1,806	2,06	2,92	2,83	8,24
Astron	WWSO97	VE	1997	0	5,069	2,699	0,684	1,918	1,88	2,8	2,64	7,41
Batis	WWSO97	VE	1997	0	4,078	2,019	0,502	1,48	2,02	2,95	2,76	8,13
Borenos	WWSO97	VE	1997	0	5,101	2,322	0,62	1,672	2,2	2,7	3,05	8,23
Carolus	WWSO97	VE	1997	0	4,456	2,292	0,592	1,658	1,94	2,8	2,69	7,53
Tambor	WWSO97	VE	1997	0	5,155	2,061	0,648	1,388	2,5	2,14	3,71	7,96
Xanthos	WWSO97	VE	1997	0	4,181	1,892	0,563	1,289	2,21	2,29	3,24	7,42
Mikon	WWSM97	WG	1997	0	4,141	1,813	0,547	1,223	2,28	2,23	3,38	7,56
Mikon	WWSM97	WG	1997	1	4,069	1,929	0,576	1,313	2,11	2,28	3,1	7,07
Piko	WWSM97	WG	1997	0	4,819	2,222	0,592	1,567	2,17	2,65	3,07	8,14
Piko	WWSM97	WG	1997	1	4,613	2,098	0,511	1,449	2,2	2,84	3,18	9,04
Toronto	WWSM97	WG	1997	0	5,31	2,063	0,751	1,277	2,57	1,7	4,16	7,07
Toronto	WWSM97	WG	1997	1	5,624	2,168	0,779	1,314	2,59	1,69	4,28	7,22
Pegassos	WWSM97	WG	1997	0	4,198	2,036	0,552	1,406	2,06	2,55	2,98	7,6
Pegassos	WWSM97	WG	1997	1	3,311	2,076	0,575	1,445	1,6	2,51	2,29	5,76
Xanthos	WWSM97	WG	1997	0	4,374	2,035	0,615	1,325	2,15	2,16	3,3	7,11
Xanthos	WWSM97	WG	1997	1	4,186	2,118	0,646	1,369	1,98	2,12	3,06	6,48
Toronto- Mikon	WWSM97	WG	1997	0	4,322	2,039	0,657	1,279	2,12	1,95	3,38	6,58
Toronto- Mikon	WWSM97	WG	1997	1	4,605	2,005	0,649	1,23	2,3	1,89	3,74	7,09
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG	1997	0	4,155	2,214	0,656	1,477	1,88	2,25	2,81	6,34
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG	1997	1	4,136	2,112	0,63	1,419	1,96	2,25	2,91	6,56
Piko- Toronto	WWSM97	WG	1997	0	4,803	2,229	0,677	1,454	2,16	2,15	3,3	7,1
Piko- Toronto	WWSM97	WG	1997	1	4,666	2,176	0,665	1,422	2,14	2,14	3,28	7,01
Pegassos	WWWI97	WG	1997	0	5,095	3,225	0,904	2,182	1,58	2,41	2,34	5,64
Greif	WWWI97	WG	1997	0	5,962	2,579	0,742	1,622	2,31	2,19	3,67	8,04
Pegassos	WWWI97	WG	1997	1	5,015	2,935	0,878	1,911	1,71	2,18	2,62	5,71
Greif	WWWI97	WG	1997	1	5,746	2,57	0,75	1,685	2,24	2,25	3,41	7,66
Piko	WWUK97	WG	1997	0	4,775	1,964	0,594	1,309	2,43	2,2	3,65	8,04
Apollo	WWUK97	WG	1997	0	4,395	1,526	0,492	1,008	2,88	2,05	4,36	8,93
Carolus	WWUK97	WG	1997	0	5,362	2,734	0,737	1,923	1,96	2,61	2,79	7,28
Xanthos	WWUK97	WG	1997	0	4,206	2,719	0,772	1,859	1,55	2,41	2,26	5,45
Ambras	WWSO97	BL	1997	0	5,441	2,471	0,721	1,688	2,2	2,34	3,22	7,55
Astron	WWSO97	BL	1997	0	4,708	2,799	0,725	2,01	1,68	2,77	2,34	6,49
Batis	WWSO97	BL	1997	0	4,58	2,222	0,602	1,572	2,06	2,61	2,91	7,61
Carolus	WWSO97	BL	1997	0	5,052	2,588	0,727	1,8	1,95	2,48	2,81	6,95
Tambor	WWSO97	BL	1997	0	5,281	2,197	0,758	1,409	2,4	1,86	3,75	6,96
Xanthos	WWSO97	BL	1997	0	5,045	2,361	0,786	1,508	2,14	1,92	3,35	6,42

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	Glia	Glut	HMW	LMW	Glia/ Glut	LMW/ HMW	Glia/ LMW	Glia/ HMW
Batis	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	6,177	2,57	0,777	1,725	2,4	2,22	3,58	7,95
Pegassos	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	5,611	3,336	0,913	2,329	1,68	2,55	2,41	6,15
Piko	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	5,945	2,919	0,896	1,932	2,04	2,16	3,08	6,64
Aron	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	6,255	3,04	0,815	2,181	2,06	2,68	2,87	7,67
Batis	Neff97 flachgr	WG	1997	0	4,288	1,972	0,515	1,415	2,17	2,75	3,03	8,32
Pegassos	Neff97 flachgr	WG	1997	0	4,193	1,906	0,494	1,372	2,2	2,78	3,06	8,5
Piko	Neff97 flachgr	WG	1997	0	4,2	1,754	0,406	1,326	2,39	3,27	3,17	10,35
Aron	Neff97 flachgr	WG	1997	0	4,799	2,141	0,524	1,594	2,24	3,04	3,01	9,16
Batis	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	4,596	2,275	0,606	1,574	2,02	2,6	2,92	7,58
Pegassos	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	4,445	1,956	0,537	1,387	2,27	2,58	3,21	8,28
Piko	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	4,717	2,022	0,559	1,411	2,33	2,52	3,34	8,43
Aron	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	4,908	2,101	0,548	1,512	2,34	2,76	3,25	8,96
Ambras (1)	WWSO98	WG	1998	0	6,101	3,915	0,984	2,686	1,56	2,73	2,27	6,2
Ambras (2)	WWSO98	WG	1998	0	6,568	3,947	0,921	2,787	1,66	3,03	2,36	7,13
Ambras (3)	WWSO98	WG	1998	0	6,843	3,943	1,057	2,654	1,74	2,51	2,58	6,47
Ambras (4)	WWSO98	WG	1998	0	7,204	3,874	1,039	2,612	1,86	2,51	2,76	6,93
Aristos	WWSO98	WG	1998	0	6,516	2,943	0,809	1,97	2,21	2,44	3,31	8,05
Astron	WWSO98	WG	1998	0	7,197	4,329	0,905	3,074	1,66	3,4	2,34	7,95
Batis (1)	WWSO98	WG	1998	0	6,257	3,749	0,927	2,546	1,67	2,75	2,46	6,75
Batis (2)	WWSO98	WG	1998	0	5,991	3,735	0,886	2,55	1,6	2,88	2,35	6,76
Batis (3)	WWSO98	WG	1998	0	6,401	3,772	0,933	2,556	1,7	2,74	2,5	6,86
Batis (4)	WWSO98	WG	1998	0	6,126	3,223	0,879	2,155	1,9	2,45	2,84	6,97
Carolus	WWSO98	WG	1998	0	6,043	4,671	1	3,278	1,29	3,28	1,84	6,04
Petrus	WWSO98	WG	1998	0	6,274	3,212	0,944	2,07	1,95	2,19	3,03	6,65
Tambor	WWSO98	WG	1998	0	6,732	3,253	0,975	2,107	2,07	2,16	3,2	6,9
Winni	WWSO98	WG	1998	0	5,552	3,808	1,108	2,47	1,46	2,23	2,25	5,01
Ambras	WWSO98	WG	1998	1	7,125	4,393	1,071	2,947	1,62	2,75	2,42	6,65
Aristos	WWSO98	WG	1998	1	7,122	3,899	0,97	2,705	1,83	2,79	2,63	7,34
Astron	WWSO98	WG	1998	1	7,137	4,287	1,134	2,942	1,66	2,59	2,43	6,29
Batis	WWSO98	WG	1998	1	6,936	3,629	0,943	2,398	1,91	2,54	2,89	7,36
Carolus	WWSO98	WG	1998	1	6,747	4,594	1,004	3,181	1,47	3,17	2,12	6,72
Petrus	WWSO98	WG	1998	1	6,948	3,005	0,899	1,964	2,31	2,18	3,54	7,73
Tambor	WWSO98	WG	1998	1	6,569	4,165	1,224	2,694	1,58	2,2	2,44	5,37
Winni	WWSO98	WG	1998	1	5,275	4,353	1,122	2,935	1,21	2,62	1,8	4,7
Ambras	WWSO98	VE	1998	0	4,371	5,407	1,099	3,939	0,81	3,58	1,11	3,98
Aristos	WWSO98	VE	1998	0	5,115	2,908	0,721	2,015	1,76	2,79	2,54	7,09
Batis	WWSO98	VE	1998	0	6,154	2,746	0,764	1,845	2,24	2,41	3,34	8,05
Bussard	WWSO98	VE	1998	0	6,439	3,54	0,93	2,37	1,82	2,55	2,72	6,92
Carolus	WWSO98	VE	1998	0	4,013	4,021	0,84	2,878	1	3,43	1,39	4,78
Tambor	WWSO98	VE	1998	0	5,931	3,247	0,976	2,102	1,83	2,15	2,82	6,08
Winni	WWSO98	VE	1998	0	5,323	3,349	1,085	2,057	1,59	1,9	2,59	4,91
Ambras	WWSO98	BL	1998	0	6,151	4,318	0,991	3,004	1,42	3,03	2,05	6,21
Aristos	WWSO98	BL	1998	0	5,266	3,133	0,678	2,297	1,68	3,39	2,29	7,77
Astron	WWSO98	BL	1998	0	5,89	3,536	0,868	2,49	1,67	2,87	2,37	6,79
Batis	WWSO98	BL	1998	0	5,549	3,006	0,662	2,193	1,85	3,31	2,53	8,38
Bussard	WWSO98	BL	1998	0	4,772	4,47	0,857	3,331	1,07	3,89	1,43	5,57
Carolus	WWSO98	BL	1998	0	5,692	3,318	0,693	2,391	1,72	3,45	2,38	8,21
Tambor	WWSO98	BL	1998	0	4,682	3,488	0,795	2,474	1,34	3,11	1,89	5,89
Winni	WWSO98	BL	1998	0	4,745	3,543	0,928	2,421	1,34	2,61	1,96	5,11
Piko	WWUK98	WG	1998	0	5,386	3,309	0,82	2,244	1,63	2,74	2,4	6,57
Apollo	WWUK98	WG	1998	0	5,606	1,819	0,537	1,163	3,08	2,17	4,82	10,44
Carolus	WWUK98	WG	1998	0	6,923	3,067	0,766	2,116	2,26	2,76	3,27	9,04
Xanthos	WWUK98	WG	1998	0	6,075	3,024	0,976	1,841	2,01	1,89	3,3	6,22
Ambras	WWSO99	WG	1999	0	6,189	3,14	0,783	2,226	1,97	2,84	2,78	7,9
Aristos	WWSO99	WG	1999	0	5,97	2,869	0,725	2,007	2,08	2,77	2,97	8,23

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	Glia	Glut	HMW	LMW	Glia/ Glut	LMW/ HMW	Glia/ LMW	Glia/ HMW
Aron	WWSO99	WG	1999	0	5,99	3,374	0,795	2,458	1,78	3,09	2,44	7,53
Astron	WWSO99	WG	1999	0	6,213	3,355	0,859	2,372	1,85	2,76	2,62	7,23
Batis	WWSO99	WG	1999	0	5,544	3,414	0,849	2,418	1,62	2,85	2,29	6,53
Bussard	WWSO99	WG	1999	0	6,119	3,911	0,859	2,804	1,56	3,26	2,18	7,12
Carolus	WWSO99	WG	1999	0	6,244	3,034	0,753	2,125	2,06	2,82	2,94	8,29
Pegassos	WWSO99	WG	1999	0	5,963	3,201	0,861	2,225	1,86	2,58	2,68	6,93
Petrus	WWSO99	WG	1999	0	7,019	2,966	0,969	1,913	2,37	1,97	3,67	7,24
Tambor	WWSO99	WG	1999	0	7,213	3,102	1,004	2,006	2,33	2	3,6	7,18
Winni	WWSO99	WG	1999	0	5,689	3,743	1,069	2,477	1,52	2,32	2,3	5,32
Xanthos	WWSO99	WG	1999	0	6,479	3,03	0,83	2,043	2,14	2,46	3,17	7,81
Zentos	WWSO99	WG	1999	0	6,577	3,032	0,772	2,128	2,17	2,76	3,09	8,52
Ambras	öko99	WG	1999	0	7,099	3,36	0,907	2,296	2,11	2,53	3,09	7,83
Batis	öko99	WG	1999	0	5,762	2,585	0,64	1,831	2,23	2,86	3,15	9
Ambras	konv99	WG	1999	0	7,067	3,565	0,995	2,408	1,98	2,42	2,93	7,1
Batis	konv99	WG	1999	0	5,703	2,945	0,744	2,034	1,94	2,73	2,8	7,67
Pegassos	Fus99	WG	1999	0	4,236	2,156	0,518	1,53	1,96	2,95	2,77	8,18
Lavett	Fus99	WG	1999	0	5,349	2,537	0,698	1,729	2,11	2,48	3,09	7,66
Pegassos- Lavett	Fus99	WG	1999	0	4,915	2,46	0,633	1,701	2	2,69	2,89	7,76

Fortsetzung Anhang (III.): HMW-Glutenine

Sorte	Versuch	Ort Jahr	DG	x-HMW	y-HMW	5+10	2+12	6+8	7+9	x/y-HMW
Ambras	WWSO97	WG 1997	0	0,446	0,215	0,341			0,247	2,07
Aron	WWSO97	WG 1997	0	0,536	0,347	0,515			0,368	1,54
Astron	WWSO97	WG 1997	0	0,581	0,236	0,398			0,33	2,46
Batis	WWSO97	WG 1997	0	0,469	0,2	0,31			0,294	2,35
Carolus	WWSO97	WG 1997	0	0,618	0,138		0,419		0,256	4,49
Moldau	WWSO97	WG 1997	0	0,393	0,299	0,443		0,248		1,31
Petrus	WWSO97	WG 1997	0	0,613	0,277		0,467		0,423	2,22
Tambor	WWSO97	WG 1997	0	0,612	0,331	0,544			0,399	1,85
Xanthos	WWSO97	WG 1997	0	0,468	0,276	0,438		0,209		1,69
Ambras	WWSO97	VE 1997	0	0,466	0,181	0,315			0,262	2,58
Aron	WWSO97	VE 1997	0	0,43	0,189	0,394			0,225	2,28
Astron	WWSO97	VE 1997	0	0,5	0,185	0,349			0,256	2,7
Batis	WWSO97	VE 1997	0	0,379	0,123	0,288			0,172	3,07
Borenos	WWSO97	VE 1997	0	0,408	0,212		0,335		0,285	1,92
Carolus	WWSO97	VE 1997	0	0,478	0,114		0,329		0,205	4,21
Tambor	WWSO97	VE 1997	0	0,435	0,212	0,387			0,26	2,05
Xanthos	WWSO97	VE 1997	0	0,362	0,201	0,357		0,151		1,81
Mikon	WWSM97	WG 1997	0	0,415	0,132	0,292			0,197	3,13
Mikon	WWSM97	WG 1997	1	0,443	0,134	0,299			0,212	3,31
Piko	WWSM97	WG 1997	0	0,397	0,195		0,352	0,16		2,04
Piko	WWSM97	WG 1997	1	0,347	0,163		0,303	0,139		2,13
Toronto	WWSM97	WG 1997	0	0,545	0,206	0,437			0,314	2,65
Toronto	WWSM97	WG 1997	1	0,538	0,241	0,45			0,329	2,23
Pegassos	WWSM97	WG 1997	0	0,415	0,136	0,303			0,197	3,04
Pegassos	WWSM97	WG 1997	1	0,438	0,137	0,315			0,206	3,2
Xanthos	WWSM97	WG 1997	0	0,411	0,204	0,383		0,15		2,02
Xanthos	WWSM97	WG 1997	1	0,433	0,213	0,393		0,164		2,03
Toronto- Mikon	WWSM97	WG 1997	0	0,465	0,193	0,354			0,266	2,41
Toronto- Mikon	WWSM97	WG 1997	1	0,474	0,175	0,347			0,266	2,71
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG 1997	0	0,46	0,196	0,374			0,208	2,34
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG 1997	1	0,456	0,174	0,356			0,209	2,62
Piko- Toronto	WWSM97	WG 1997	0	0,471	0,206	0,39			0,231	2,29
Piko- Toronto	WWSM97	WG 1997	1	0,46	0,205	0,381			0,226	2,25
Pegassos	WWWI97	WG 1997	0	0,664	0,239	0,478			0,326	2,78
Greif	WWWI97	WG 1997	0	0,579	0,162	0,473			0,268	3,56
Pegassos	WWWI97	WG 1997	1	0,645	0,234	0,442			0,334	2,76
Greif	WWWI97	WG 1997	1	0,582	0,167	0,471			0,279	3,48
Piko	WWUK97	WG 1997	0	0,396	0,198	0,328			0,172	2
Apollo	WWUK97	WG 1997	0	0,277	0,215		0,311	0,182		1,29
Carolus	WWUK97	WG 1997	0	0,596	0,14		0,394		0,258	4,26
Xanthos	WWUK97	WG 1997	0	0,489	0,283	0,495		0,185		1,72
Ambras	WWSO97	BL 1997	0	0,52	0,201	0,361			0,274	2,58
Astron	WWSO97	BL 1997	0	0,534	0,191	0,373			0,266	2,79
Batis	WWSO97	BL 1997	0	0,435	0,167	0,337			0,209	2,61
Carolus	WWSO97	BL 1997	0	0,588	0,139		0,413		0,23	4,24
Tambor	WWSO97	BL 1997	0	0,512	0,246	0,464			0,294	2,08
Xanthos	WWSO97	BL 1997	0	0,515	0,271	0,502		0,19		1,9
Batis	Neff97 tiefgr	WG 1997	0	0,607	0,169	0,4			0,271	3,59
Pegassos	Neff97 tiefgr	WG 1997	0	0,715	0,198	0,468			0,314	3,61

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	x-HMW	y-HMW	5+10	2+12	6+8	7+9	x/y-HMW
Piko	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	0,64	0,255		0,496	0,227		2,51
Aron	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	0,57	0,245	0,502			0,312	2,33
Batis	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,406	0,11	0,285			0,175	3,7
Pegassos	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,374	0,119	0,27			0,167	3,13
Piko	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,284	0,121		0,235	0,106		2,34
Aron	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,361	0,162	0,321			0,203	2,23
Batis	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,469	0,136	0,325			0,205	3,44
Pegassos	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,415	0,122	0,271			0,193	3,4
Piko	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,398	0,161		0,319	0,145		2,47
Aron	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,382	0,165	0,346			0,201	2,31
Ambras (1)	WWSO98	WG	1998	0	0,673	0,311	0,478			0,43	2,16
Ambras (2)	WWSO98	WG	1998	0	0,646	0,275	0,437			0,418	2,35
Ambras (3)	WWSO98	WG	1998	0	0,729	0,328	0,512			0,482	2,22
Ambras (4)	WWSO98	WG	1998	0	0,716	0,323	0,464			0,476	2,22
Aristos	WWSO98	WG	1998	0	0,592	0,217	0,368			0,374	2,73
Astron	WWSO98	WG	1998	0	0,611	0,294	0,405			0,432	2,08
Batis (1)	WWSO98	WG	1998	0	0,664	0,262	0,468			0,374	2,53
Batis (2)	WWSO98	WG	1998	0	0,611	0,275	0,433			0,379	2,22
Batis (3)	WWSO98	WG	1998	0	0,642	0,29	0,448			0,394	2,21
Batis (4)	WWSO98	WG	1998	0	0,604	0,276	0,436			0,352	2,19
Carolus	WWSO98	WG	1998	0	0,802	0,198		0,541		0,392	4,05
Petrus	WWSO98	WG	1998	0	0,625	0,32		0,461		0,484	1,95
Tambor	WWSO98	WG	1998	0	0,594	0,381	0,534			0,441	1,56
Winni	WWSO98	WG	1998	0	0,758	0,349	0,526			0,461	2,17
Ambras	WWSO98	WG	1998	1	0,731	0,34	0,485			0,451	2,15
Aristos	WWSO98	WG	1998	1	0,687	0,283	0,463			0,424	2,43
Astron	WWSO98	WG	1998	1	0,705	0,43	0,589			0,471	1,64
Batis	WWSO98	WG	1998	1	0,656	0,286	0,457			0,374	2,29
Carolus	WWSO98	WG	1998	1	0,718	0,287		0,59		0,368	2,5
Petrus	WWSO98	WG	1998	1	0,602	0,298		0,445		0,455	2,02
Tambor	WWSO98	WG	1998	1	0,778	0,446	0,654			0,57	1,74
Winni	WWSO98	WG	1998	1	0,759	0,363	0,534			0,487	2,09
Ambras	WWSO98	VE	1998	0	0,722	0,377	0,522			0,483	1,92
Aristos	WWSO98	VE	1998	0	0,528	0,192	0,353			0,318	2,75
Batis	WWSO98	VE	1998	0	0,53	0,234	0,412			0,288	2,26
Bussard	WWSO98	VE	1998	0	0,609	0,321	0,453			0,391	1,9
Carolus	WWSO98	VE	1998	0	0,673	0,168		0,475		0,297	4,01
Tambor	WWSO98	VE	1998	0	0,64	0,336	0,523			0,453	1,9
Winni	WWSO98	VE	1998	0	0,745	0,341	0,522			0,483	2,18
Ambras	WWSO98	BL	1998	0	0,686	0,305	0,484			0,402	2,25
Aristos	WWSO98	BL	1998	0	0,486	0,191	0,343			0,291	2,54
Astron	WWSO98	BL	1998	0	0,605	0,264	0,418			0,357	2,29
Batis	WWSO98	BL	1998	0	0,462	0,2	0,349			0,253	2,31
Bussard	WWSO98	BL	1998	0	0,616	0,241	0,436			0,347	2,56
Carolus	WWSO98	BL	1998	0	0,563	0,129		0,387		0,238	4,36
Tambor	WWSO98	BL	1998	0	0,496	0,3	0,409			0,387	1,65
Winni	WWSO98	BL	1998	0	0,633	0,295	0,481			0,377	2,15
Piko	WWUK98	WG	1998	0	0,543	0,277		0,475	0,233		1,96
Apollo	WWUK98	WG	1998	0	0,312	0,226		0,345	0,193		1,38
Carolus	WWUK98	WG	1998	0	0,62	0,146		0,416		0,289	4,25
Xanthos	WWUK98	WG	1998	0	0,633	0,342	0,582		0,264		1,85
Ambras	WWSO99	WG	1999	0	0,53	0,254	0,381			0,325	2,09
Aristos	WWSO99	WG	1999	0	0,525	0,201	0,351			0,321	2,61
Aron	WWSO99	WG	1999	0	0,54	0,255	0,494			0,301	2,12
Astron	WWSO99	WG	1999	0	0,596	0,264	0,4			0,373	2,26
Batis	WWSO99	WG	1999	0	0,611	0,238	0,428			0,328	2,57

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	x-HMW	y-HMW	5+10	2+12	6+8	7+9	x/y-HMW
Bussard	WWSO99	WG	1999	0	0,61	0,248	0,418			0,348	2,46
Carolus	WWSO99	WG	1999	0	0,602	0,151		0,423		0,246	3,99
Pegassos	WWSO99	WG	1999	0	0,607	0,253	0,473			0,323	2,4
Petrus	WWSO99	WG	1999	0	0,655	0,314		0,502		0,467	2,09
Tambor	WWSO99	WG	1999	0	0,64	0,364	0,569			0,435	1,76
Winni	WWSO99	WG	1999	0	0,733	0,336	0,558			0,428	2,18
Xanthos	WWSO99	WG	1999	0	0,539	0,291	0,459		0,258		1,85
Zentos	WWSO99	WG	1999	0	0,502	0,27	0,454			0,318	1,86
Ambras	öko99	WG	1999	0	0,615	0,291	0,46			0,365	2,11
Batis	öko99	WG	1999	0	0,449	0,19	0,33			0,25	2,36
Ambras	konv99	WG	1999	0	0,69	0,305	0,505			0,399	2,26
Batis	konv99	WG	1999	0	0,536	0,209	0,398			0,271	2,56
Pegassos	Fus99	WG	1999	0	0,37	0,147	0,282			0,199	2,52
Lavett	Fus99	WG	1999	0	0,298	0,4	0,342				0,75
Pegassos- Lavett	Fus99	WG	1999	0	0,274	0,359	0,311			0,119	0,76

Fortsetzung Anhang (III.): HMW-Untereinheiten

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	10	12	1	7ab	6	8	9	5	2
Ambras	WWSO97	WG	1997	0	0,133		0,073	0,165			0,082	0,208	
Aron	WWSO97	WG	1997	0	0,24			0,261			0,107	0,275	
Astron	WWSO97	WG	1997	0	0,143		0,09	0,236			0,093	0,254	
Batis	WWSO97	WG	1997	0	0,088		0,066	0,182			0,112	0,222	
Carolus	WWSO97	WG	1997	0		0,138	0,081	0,256					0,281
Moldau	WWSO97	WG	1997	0	0,154				0,104	0,145		0,289	
Petrus	WWSO97	WG	1997	0		0,164		0,31			0,113		0,303
Tambor	WWSO97	WG	1997	0	0,216			0,284			0,115	0,328	
Xanthos	WWSO97	WG	1997	0	0,131		0,097		0,064	0,145		0,307	
Ambras	WWSO97	VE	1997	0	0,108		0,07	0,189			0,073	0,207	
Aron	WWSO97	VE	1997	0	0,145			0,182			0,043	0,248	
Astron	WWSO97	VE	1997	0	0,125		0,079	0,196			0,06	0,224	
Batis	WWSO97	VE	1997	0	0,078		0,043	0,126			0,045	0,21	
Borenos	WWSO97	VE	1997	0		0,111		0,184			0,101		0,224
Carolus	WWSO97	VE	1997	0		0,114	0,058	0,205					0,215
Tambor	WWSO97	VE	1997	0	0,146			0,194			0,066	0,241	
Xanthos	WWSO97	VE	1997	0	0,104		0,055		0,054	0,097		0,253	
Mikon	WWSM97	WG	1997	0	0,102		0,059	0,166			0,03	0,189	
Mikon	WWSM97	WG	1997	1	0,104		0,064	0,182			0,03	0,196	
Piko	WWSM97	WG	1997	0		0,114	0,081		0,079	0,081			0,237
Piko	WWSM97	WG	1997	1		0,096	0,068		0,073	0,067			0,207
Toronto	WWSM97	WG	1997	0	0,146			0,254			0,059	0,29	
Toronto	WWSM97	WG	1997	1	0,171			0,259			0,07	0,279	
Pegassos	WWSM97	WG	1997	0	0,091		0,052	0,151			0,046	0,212	
Pegassos	WWSM97	WG	1997	1	0,091		0,054	0,161			0,045	0,223	
Xanthos	WWSM97	WG	1997	0	0,129		0,082		0,075	0,075		0,255	
Xanthos	WWSM97	WG	1997	1	0,125		0,089		0,076	0,088		0,267	
Toronto- Mikon	WWSM97	WG	1997	0	0,123		0,037	0,197			0,07	0,231	
Toronto- Mikon	WWSM97	WG	1997	1	0,116		0,036	0,207			0,059	0,231	
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG	1997	0	0,124		0,073	0,136			0,072	0,25	
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG	1997	1	0,103		0,066	0,138			0,071	0,253	
Piko- Toronto	WWSM97	WG	1997	0	0,122		0,056	0,147			0,084	0,268	
Piko- Toronto	WWSM97	WG	1997	1	0,12		0,058	0,141			0,085	0,261	
Pegassos	WWWI97	WG	1997	0	0,147		0,099	0,235			0,091	0,331	
Greif	WWWI97	WG	1997	0	0,162			0,268				0,311	
Pegassos	WWWI97	WG	1997	1	0,136		0,103	0,236			0,097	0,306	
Greif	WWWI97	WG	1997	1	0,167			0,279				0,304	
Piko	WWUK97	WG	1997	0	0,097		0,094	0,072			0,1	0,23	
Apollo	WWUK97	WG	1997	0		0,109			0,075	0,106			0,202
Carolus	WWUK97	WG	1997	0		0,14	0,084	0,258					0,254
Xanthos	WWUK97	WG	1997	0	0,158		0,092		0,06	0,125		0,337	
Ambras	WWSO97	BL	1997	0	0,13		0,086	0,203			0,071	0,231	
Astron	WWSO97	BL	1997	0	0,132		0,087	0,207			0,059	0,241	
Batis	WWSO97	BL	1997	0	0,111		0,055	0,153			0,056	0,227	
Carolus	WWSO97	BL	1997	0		0,139	0,084	0,23					0,274
Tambor	WWSO97	BL	1997	0	0,19			0,238			0,056	0,274	
Xanthos	WWSO97	BL	1997	0	0,18		0,094		0,099	0,091		0,322	
Batis	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	0,12		0,106	0,221			0,05	0,28	
Pegassos	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	0,137		0,131	0,253			0,061	0,331	



Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	10	12	1	7ab	6	8	9	5	2
Piko	Neff97 tiefgr	WG	1997	0		0,143	0,172		0,116	0,112			0,353
Aron	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	0,181			0,249			0,064	0,321	
Batis	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,069		0,056	0,134			0,041	0,216	
Pegassos	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,074		0,056	0,121			0,046	0,197	
Piko	Neff97 flachgr	WG	1997	0		0,063	0,065		0,047	0,058			0,172
Aron	Neff97 flachgr	WG	1997	0	0,117			0,157			0,046	0,204	
Batis	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,086		0,076	0,155			0,05	0,239	
Pegassos	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,075		0,072	0,147			0,047	0,196	
Piko	Neff97 mittelgr	WG	1997	0		0,088	0,095		0,072	0,073			0,231
Aron	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	0,12			0,156			0,045	0,226	
Ambras (1)	WWSO98	WG	1998	0	0,173		0,076	0,292			0,138	0,305	
Ambras (2)	WWSO98	WG	1998	0	0,159		0,066	0,302			0,116	0,278	
Ambras (3)	WWSO98	WG	1998	0	0,17		0,063	0,324			0,158	0,342	
Ambras (4)	WWSO98	WG	1998	0	0,166		0,099	0,319			0,157	0,298	
Aristos	WWSO98	WG	1998	0	0,097		0,067	0,254			0,12	0,271	
Astron	WWSO98	WG	1998	0	0,149		0,068	0,287			0,145	0,256	
Batis (1)	WWSO98	WG	1998	0	0,141		0,084	0,253			0,121	0,327	
Batis (2)	WWSO98	WG	1998	0	0,153		0,074	0,257			0,122	0,28	
Batis (3)	WWSO98	WG	1998	0	0,148		0,09	0,252			0,142	0,3	
Batis (4)	WWSO98	WG	1998	0	0,151		0,092	0,227			0,125	0,285	
Carolus	WWSO98	WG	1998	0		0,198	0,067	0,392					0,343
Petrus	WWSO98	WG	1998	0		0,182		0,346			0,138		0,279
Tambor	WWSO98	WG	1998	0	0,235			0,295			0,146	0,299	
Winni	WWSO98	WG	1998	0	0,208		0,12	0,32			0,141	0,318	
Ambras	WWSO98	WG	1998	1	0,184		0,135	0,295			0,156	0,301	
Aristos	WWSO98	WG	1998	1	0,15		0,083	0,291			0,133	0,313	
Astron	WWSO98	WG	1998	1	0,281		0,075	0,322			0,149	0,308	
Batis	WWSO98	WG	1998	1	0,175		0,111	0,263			0,111	0,282	
Carolus	WWSO98	WG	1998	1		0,287	0,047	0,368					0,303
Petrus	WWSO98	WG	1998	1		0,176		0,333			0,122		0,269
Tambor	WWSO98	WG	1998	1	0,281			0,405			0,165	0,373	
Winni	WWSO98	WG	1998	1	0,202		0,101	0,326			0,161	0,332	
Ambras	WWSO98	VE	1998	0	0,22		0,094	0,326			0,157	0,302	
Aristos	WWSO98	VE	1998	0	0,103		0,049	0,229			0,089	0,25	
Batis	WWSO98	VE	1998	0	0,144		0,064	0,198			0,09	0,268	
Bussard	WWSO98	VE	1998	0	0,184		0,086	0,254			0,137	0,269	
Carolus	WWSO98	VE	1998	0		0,168	0,069	0,297					0,307
Tambor	WWSO98	VE	1998	0	0,198			0,315			0,138	0,325	
Winni	WWSO98	VE	1998	0	0,204		0,081	0,346			0,137	0,318	
Ambras	WWSO98	BL	1998	0	0,189		0,105	0,286			0,116	0,295	
Aristos	WWSO98	BL	1998	0	0,104		0,043	0,204			0,087	0,239	
Astron	WWSO98	BL	1998	0	0,162		0,094	0,255			0,102	0,256	
Batis	WWSO98	BL	1998	0	0,129		0,06	0,182			0,071	0,22	
Bussard	WWSO98	BL	1998	0	0,147		0,074	0,253			0,094	0,289	
Carolus	WWSO98	BL	1998	0		0,129	0,067	0,238					0,258
Tambor	WWSO98	BL	1998	0	0,174			0,261			0,126	0,235	
Winni	WWSO98	BL	1998	0	0,182		0,07	0,264			0,113	0,299	
Piko	WWUK98	WG	1998	0		0,149	0,112		0,105	0,128			0,326
Apollo	WWUK98	WG	1998	0		0,12			0,087	0,106			0,225
Carolus	WWUK98	WG	1998	0		0,146	0,061	0,289					0,27
Xanthos	WWUK98	WG	1998	0	0,182		0,129		0,104	0,16		0,4	
Ambras	WWSO99	WG	1999	0	0,143		0,078	0,214			0,111	0,238	
Aristos	WWSO99	WG	1999	0	0,105		0,054	0,225			0,096	0,246	
Aron	WWSO99	WG	1999	0	0,183			0,229			0,072	0,311	
Astron	WWSO99	WG	1999	0	0,153		0,087	0,262			0,111	0,247	
Batis	WWSO99	WG	1999	0	0,144		0,093	0,234			0,094	0,284	

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	10	12	1	7ab	6	8	9	5	2
Bussard	WWSO99	WG	1999	0	0,158		0,092	0,258			0,09	0,26	
Carolus	WWSO99	WG	1999	0		0,151	0,084	0,246					0,272
Pegassos	WWSO99	WG	1999	0	0,162		0,064	0,232			0,091	0,311	
Petrus	WWSO99	WG	1999	0		0,195		0,348			0,119		0,307
Tambor	WWSO99	WG	1999	0	0,235			0,306			0,129	0,334	
Winni	WWSO99	WG	1999	0	0,206		0,083	0,298			0,13	0,352	
Xanthos	WWSO99	WG	1999	0	0,146		0,113		0,113	0,145		0,313	
Zentos	WWSO99	WG	1999	0	0,178			0,226			0,092	0,276	
Ambras	öko99	WG	1999	0	0,189		0,081	0,263			0,102	0,271	
Batis	öko99	WG	1999	0	0,114		0,059	0,174			0,076	0,216	
Ambras	konv99	WG	1999	0	0,188		0,091	0,282			0,117	0,317	
Batis	konv99	WG	1999	0	0,135		0,076	0,197			0,074	0,263	
Pegassos	Fus99	WG	1999	0	0,095		0,036	0,147			0,052	0,187	
Lavett	Fus99	WG	1999	0	0,114		0,07					0,228	
Pegassos- Lavett	Fus99	WG	1999	0	0,119		0,051	0,031			0,088	0,192	

## (IV.) Ergebnisse der Mehl-, Teig- und Backprüfung 1997-1999

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DB	DW/
					%	Eh	%	%	mL	cm <sup>2</sup>	BE	mm	DB
Ambras	WWSO97	WG	1997	0	10,1	36	20,3	54,9	581	119	636	123	5,2
Aron	WWSO97	WG	1997	0	9,3	36	16,9	55,5	608	119	648	130	5
Astron	WWSO97	WG	1997	0	9,6	35	19	52,9	545	108	738	104	7,1
Batis	WWSO97	WG	1997	0	8,6	31	18,3	54,8	538	93	673	102	6,6
Carolus	WWSO97	WG	1997	0	10	41	20,2	56,5	583	142	610	150	4,1
Moldau	WWSO97	WG	1997	0	9,1	30	18,7	56,3	540	90	651	103	6,4
Petrus	WWSO97	WG	1997	0	10,1	27	20,2	56	581	70	481	104	4,6
Tambor	WWSO97	WG	1997	0	9,2	28	19,1	54,8	564	78	460	117	3,9
Xanthos	WWSO97	WG	1997	0	9,7	25	18,1	53,4	531	78	524	109	4,8
Ambras	WWSO97	VE	1997	0	9	26	18,4	53,5	542	67	616	84	7,4
Aron	WWSO97	VE	1997	0	9,2	27	18,8	55,8	611	82	537	112	4,8
Astron	WWSO97	VE	1997	0	9,4	29	20,3	53,3	541	86	712	95	7,5
Batis	WWSO97	VE	1997	0	7,5	19	16,2	53,1	500	60	592	80	7,4
Borenos	WWSO97	VE	1997	0	9,1	20	19,2	56,6	570	46	316	108	2,9
Carolus	WWSO97	VE	1997	0	8,4	37	18,3	55	545	80	606	101	6
Tambor	WWSO97	VE	1997	0	8,8	19	19,3	54	583	61	402	107	3,8
Xanthos	WWSO97	VE	1997	0	7,9	16	16,1	53,2	521	51	462	85	5,4
Mikon	WWSM97	WG	1997	0	7,4	18	12,9	55	515	48	388	92	4,2
Mikon	WWSM97	WG	1997	1	7,5	19	12,4	54,9	486	51	430	91	4,8
Piko	WWSM97	WG	1997	0	8,3	25	17,3	52,9	515	67	570	91	6,3
Piko	WWSM97	WG	1997	1	8	24	14,8	51,8	520	76	586	103	5,7
Toronto	WWSM97	WG	1997	0	8,8	17	16,8	54,9	560	41	334	92	3,6
Toronto	WWSM97	WG	1997	1	9,2	23	19	56,3	553	46	319	111	2,9
Pegassos	WWSM97	WG	1997	0	7,8	21	15,2	53,9	521	68	526	97	5,5
Pegassos	WWSM97	WG	1997	1	8	22	15,3	54,4	545	74	520	107	4,9
Xanthos	WWSM97	WG	1997	0	8	18	15,5	53,6	535	56	414	98	4,2
Xanthos	WWSM97	WG	1997	1	8,2	19	16,5	53,7	500	55	394	101	3,9
Toronto- Mikon	WWSM97	WG	1997	0	8	18	13	55,8	489	42	338	97	3,5
Toronto- Mikon	WWSM97	WG	1997	1	8,2	19	15	56	514	50	381	102	3,7
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG	1997	0	8,1	21	16,6	54	531	62	452	102	4,4
Xanthos- Pegassos	WWSM97	WG	1997	1	8	20	15,5	53,4	514	57	414	100	4,1
Piko- Toronto	WWSM97	WG	1997	0	8,3	20	17,1	53,8	517	57	456	95	4,8
Piko- Toronto	WWSM97	WG	1997	1	8,7	20	16,9	54,1	530	56	466	92	5,1
Pegassos	WWWI97	WG	1997	0	9,6	33	20,6	55	550	95	679	106	6,4
Greif	WWWI97	WG	1997	0	9,3	29	22	56,7	550	63	486	95	5,1
Pegassos	WWWI97	WG	1997	1	9,7	33	21	55	580	111	662	116	5,7
Greif	WWWI97	WG	1997	1	10,3	33	25,2	57	580	77	410	127	3,2
Piko	WWUK97	WG	1997	0	8,3	28	16,4	53,7	515	87	669	100	6,7
Apollo	WWUK97	WG	1997	0	7,8	11	9,1	52	500	38	262	107	2,5
Carolus	WWUK97	WG	1997	0	9,3	34	18,8	56,3	584	111	598	130	4,6
Xanthos	WWUK97	WG	1997	0	8,4	22	16,7	54	536	72	536	100	5,4
Ambras	WWSO97	BL	1997	0	9,2	32	19,3	55,7	550	102	730	107	7,1
Astron	WWSO97	BL	1997	0	8,8	30	16,9	52,4	500	96	795	96	8,3
Batis	WWSO97	BL	1997	0	7,9	25	14,8	54,7	490	78	754	87	8,7
Carolus	WWSO97	BL	1997	0	9,3	34	19	57,3	579	112	758	110	6,9
Tambor	WWSO97	BL	1997	0	8,4	23	17,7	55,7	557	69	574	95	6,1
Xanthos	WWSO97	BL	1997	0	8,8	26	18,2	55,3	536	73	684	86	7,9

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	RP %	Sedi Eh	FK %	WA %	VA mL	EE cm <sup>2</sup>	DW BE	DB mm	DW/ DB
Batis	Neff97 tiefgr.	WG	1997	0	10	38	21,4	56,7	585	103	624	115	5,4
Pegassos	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	9,6	36	19,9	56,7	576	108	642	121	5,3
Piko	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	9,8	36	21,7	56,2	560	98	654	107	6,1
Aron	Neff97 tiefgr	WG	1997	0	10,3	42	19,1	57,2	643	125	651	130	5
Batis	Neff97 flachgr	WG	1997	0	7,5	21	12,9	54,9	521	52	422	93	4,6
Pegassos	Neff97 flachgr	WG	1997	0	7,6	21	12,9	54,4	511	54	456	90	5,1
Piko	Neff97 flachgr	WG	1997	0	7,9	24	13,4	53,3	504	57	468	93	5,1
Aron	Neff97 flachgr	WG	1997	0	8,4	28	13,3	55,1	580	65	516	95	5,4
Batis	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	7,7	20	13,9	54,4	484	71	576	97	6
Pegassos	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	7,8	25	14,1	54,8	521	74	602	98	6,1
Piko	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	7,9	28	14	54,2	505	82	758	89	8,6
Aron	Neff97 mittelgr	WG	1997	0	8,3	28	13,4	55,7	550	80	600	104	5,8
Ambras (1)	WWSO98	WG	1998	0	11,8	47	26,9	57	650	144	490	164	3
Ambras (2)	WWSO98	WG	1998	0	12,3	57	27,6	57,6	680	138	442	165	2,7
Ambras (3)	WWSO98	WG	1998	0	12,1	59	28,1	58	667	147	466	170	2,7
Ambras (4)	WWSO98	WG	1998	0	12,6	61	28,3	58,2	672	159	488	176	2,8
Aristos	WWSO98	WG	1998	0	11,2	32	27,7	56,7	615	106	422	148	2,9
Astron	WWSO98	WG	1998	0	12,2	48	28,1	54	638	149	506	158	3,2
Batis (1)	WWSO98	WG	1998	0	11,7	39	29,6	57,2	656	111	558	129	4,3
Batis (2)	WWSO98	WG	1998	0	11,5	36	28,6	57,2	631	112	547	134	4,1
Batis (3)	WWSO98	WG	1998	0	11,7	37	28,7	57,6	638	108	574	128	4,5
Batis (4)	WWSO98	WG	1998	0	11,5	36	29	57,4	623	118	512	138	3,7
Carolus	WWSO98	WG	1998	0	12,1	45	29,6	58,3	658	119	273	214	1,3
Petrus	WWSO98	WG	1998	0	9,2	33	27,7	58,6	633	78	304	147	2,1
Tambor	WWSO98	WG	1998	0	11,4	29	27	57,8	637	81	301	160	1,9
Winni	WWSO98	WG	1998	0	11	42	25,3	59,1	585	138	554	151	3,7
Ambras	WWSO98	WG	1998	1	13,1	68	31,9	58,9	675	156	514	167	3,1
Aristos	WWSO98	WG	1998	1	12,5	40	32,3	58,6	652	108	380	159	2,4
Astron	WWSO98	WG	1998	1	13,8	66	31,2	55,4	655	199	532	192	2,8
Batis	WWSO98	WG	1998	1	12,3	41	31,5	58,2	644	118	486	143	3,4
Carolus	WWSO98	WG	1998	1	13,2	61	33,9	58	685	160	304	248	1,2
Petrus	WWSO98	WG	1998	1	13	42	31,7	58,4	657	91	331	152	2,2
Tambor	WWSO98	WG	1998	1	12,2	36	28,7	58,4	661	94	348	158	2,2
Winni	WWSO98	WG	1998	1	12	62	29,4	60,4	628	133	503	149	3,4
Ambras	WWSO98	VE	1998	0	11,5	59	24,3	58,9	615	145	673	132	5,1
Aristos	WWSO98	VE	1998	0	9,9	33	21,7	59	563	95	669	108	6,2
Batis	WWSO98	VE	1998	0	9,9	34	22,9	57	555	104	708	106	6,7
Bussard	WWSO98	VE	1998	0	11,4	47	25,9	57,8	648	137	600	137	4,4
Carolus	WWSO98	VE	1998	0	10,3	43	22,7	59,5	588	119	524	144	3,7
Tambor	WWSO98	VE	1998	0	10,7	36	24	59,2	614	99	565	115	4,9
Winni	WWSO98	VE	1998	0	10,5	47	22,8	60,3	544	112	637	119	5,4
Ambras	WWSO98	BL	1998	0	11,6	69	25,2	58,8	630	130	592	148	4
Aristos	WWSO98	BL	1998	0	9,7	37	21,2	59,5	593	98	579	113	5,1
Astron	WWSO98	BL	1998	0	10,7	49	20,3	56,4	573	136	732	125	5,9
Batis	WWSO98	BL	1998	0	10,1	41	22,4	59,7	595	109	529	131	4,1
Bussard	WWSO98	BL	1998	0	11,2	55	26,1	59,8	680	144	546	150	3,6
Carolus	WWSO98	BL	1998	0	10,3	44	22,7	57,2	655	137	428	177	2,4
Tambor	WWSO98	BL	1998	0	10,7	43	23,6	58,8	665	115	454	152	3
Winni	WWSO98	BL	1998	0	9,8	42	21,3	59,5	548	110	596	125	4,7
Piko	WWUK98	WG	1998	0	10,5	36	24,9	56,4	583	111	610	122	5
Apollo	WWUK98	WG	1998	0	9,3	9	11	53,4	.	28	181	112	1,6
Carolus	WWUK98	WG	1998	0	11,2	42	27,5	57,5	658	139	426	184	2,3
Xanthos	WWUK98	WG	1998	0	11,4	37	28,1	58,1	620	104	441	143	3,1
Ambras	WWSO99	WG	1999	0	10,1	37	20,6	53,2	513	126	1100	97	11,4
Aristos	WWSO99	WG	1999	0	9,5	33	20	53,6	526	87	898	81	11,1

Sorte	Versuch	Ort	Jahr	DG	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DB	DW/
					%	Eh	%	%	mL	cm <sup>2</sup>	BE	mm	DB
Aron	WWSO99	WG	1999	0	10	38	20,1	54,6	586	113	1060	87	12,2
Astron	WWSO99	WG	1999	0	10,6	40	20,9	51,3	508	141	1127	99	11,4
Batis	WWSO99	WG	1999	0	9,8	35	20,4	54	537	104	836	99	8,5
Bussard	WWSO99	WG	1999	0	10,6	39	23,5	54	631	122	1021	93	11
Carolus	WWSO99	WG	1999	0	10,1	37	21,5	55,8	560	93	824	89	9,4
Pegassos	WWSO99	WG	1999	0	9,8	35	20,5	54,4	553	97	832	92	9,1
Petrus	WWSO99	WG	1999	0	10,8	30	22,5	55,6	630	83	653	97	6,8
Tambor	WWSO99	WG	1999	0	11,2	44	24,3	57,7	638	109	704	109	6,5
Winni	WWSO99	WG	1999	0	10,2	43	20,4	53,3	490	105	1026	86	11,9
Xanthos	WWSO99	WG	1999	0	10,3	36	22,1	54,7	578	100	841	93	9,1
Zentos	WWSO99	WG	1999	0	10,3	42	19,3	54,5	628	132	943	108	8,7
Ambras	öko99	WG	1999	0	10,7	42	22,8	57	566	135	989	106	9,3
Batis	öko99	WG	1999	0	9	29	18,5	56	519	89	826	88	9,4
Ambras	konv99	WG	1999	0	11	48	24,1	56,6	554	136	1056	101	10,5
Batis	konv99	WG	1999	0	9,3	32	19	55,8	510	87	772	90	8,6
Pegassos	Fus99	WG	1999	0	7,4	18	13,4	50	480	67	748	72	10,4
Lavett	Fus99	WG	1999	0	8,7	28	16,3	50,5	513	101	1042	83	12,6
Pegassos- Lavett	Fus99	WG	1999	0	8,1	22	15,2	50,5	500	78	834	78	10,7

(V.) Übersicht der Korrelationskoeffizienten zwischen Kleberfraktionen bzw. deren Mengenverhältnissen und wichtigen Parametern der Backqualität für die Ernten 1995 bis 1999

1995	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DWmax	DB	DW/DB
Glia	0,972**	0,787**	0,935**	0,535*	0,807**	0,828**	-0,169	0,499	0,847**	-0,652**
Glut	0,840**	0,867**	0,676**	0,111	0,520*	0,880**	0,215	0,654**	0,710**	-0,326
HMW	0,873**	0,915**	0,740**	0,312	0,554**	0,861**	0,059	0,635**	0,761**	-0,439*
LMW	0,794**	0,810**	0,628**	0,001	0,501*	0,858**	0,259	0,624**	0,667**	-0,274
Glia/Glut	0,077	-0,231	0,289	0,581**	0,312	-0,175	-0,541**	-0,311	0,094	-0,404
LMW/HMW	-0,630**	-0,652**	-0,588**	-0,570**	-0,416	-0,559**	0,184	-0,448*	-0,603**	0,484*
Glia/LMW	0,228	-0,048	0,41	0,700**	0,377	-0,029	-0,531*	-0,163	0,228	-0,483*
Glia/HMW	-0,354	-0,626**	-0,157	0,105	-0,024	-0,515*	-0,310	-0,548**	-0,327	-0,002
HMW 10	0,862**	0,911**	0,750**	0,443	0,602**	0,826**	-0,046	0,557**	0,766**	-0,500*
HMW 12										
HMW 1	0,734**	0,890**	0,573	0,106	0,333	0,731**	0,232	0,479	0,473	-0,101
HMW 7ab	0,827**	0,684**	0,747**	0,261	0,564**	0,746**	0,095	0,507*	0,635**	-0,337
HMW 6										
HMW 8										
HMW 9	0,783**	0,882**	0,653**	0,264	0,445*	0,814**	0,145	0,622**	0,655**	-0,323
HMW 5	0,875**	0,853**	0,760**	0,576**	0,705**	0,730**	-0,202	0,495*	0,742**	-0,569**
HMW 2										
x-HMW	0,878**	0,881**	0,783**	0,359	0,537**	0,845**	0,052	0,605**	0,747**	-0,437*
y-HMW	0,786**	0,905**	0,587**	0,189	0,540**	0,818**	0,070	0,641**	0,722**	-0,402
HMW 5+10	0,891**	0,896**	0,774**	0,537**	0,681**	0,785**	-0,146	0,531*	0,769**	-0,555*
HMW 2+12										
HMW 6+8										
HMW 7+9	0,861**	0,855**	0,684**	0,15	0,580**	0,856**	0,149	0,658**	0,718**	-0,349
x-/y-HMW	-0,172	-0,382	0,069	0,235	-0,217	-0,29	-0,084	-0,342	-0,255	0,092

1996	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DWmax	DB	DW/DB
Glia	0,975**	0,454*	0,927**	0,455*	0,615**	0,346	-0,325	-0,086	0,549**	-0,530*
Glut	0,864**	0,639**	0,852**	0,494*	0,377	0,515*	-0,076	0,157	0,545*	-0,385
HMW	0,904**	0,358	0,949**	0,665**	0,499*	0,207	-0,451*	-0,235	0,481*	-0,579**
LMW	0,662**	0,685**	0,616**	0,28	0,193	0,603**	0,194	0,382	0,460*	-0,166
Glia/Glut	0,231	-0,209	0,155	-0,048	0,437*	-0,186	-0,377	-0,34	0,078	-0,26
LMW/HMW	-0,566**	0,037	-0,674**	-0,642	-0,471*	0,166	0,663**	0,530*	-0,258	0,567**
Glia/LMW	0,417	-0,179	0,403	0,219	0,492*	-0,207	-0,553**	-0,475*	0,165	-0,43
Glia/HMW	-0,447*	-0,077	-0,645**	-0,782**	-0,105	0,085	0,458*	0,360	-0,191	0,420
HMW 10	0,874**	0,22	0,899**	0,595**	0,595**	0,118	-0,601**	-0,389	0,526*	-0,681**
HMW 12										
HMW 1	0,877**	0,793**	0,840**	0,496	0,743**	0,602*	-0,081	0,274	0,618*	-0,431
HMW 7ab	0,862**	0,139	0,927**	0,639**	0,402	0,025	-0,533*	-0,372	0,333	-0,539*
HMW 6										
HMW 8										
HMW 9	0,879**	0,196	0,877**	0,515*	0,464*	0,051	-0,548*	-0,361	0,382	-0,578**
HMW 5	0,865**	0,154	0,906**	0,599**	0,532*	0,070	-0,583**	-0,406	0,452*	-0,625**
HMW 2										
x-HMW	0,870**	0,426	0,926**	0,692**	0,451*	0,262	-0,353	-0,14	0,463*	-0,512**
y-HMW	0,865**	0,18	0,882**	0,529*	0,539*	0,076	-0,598	-0,398**	0,467*	-0,651**
HMW 5+10	0,873**	0,177	0,909**	0,602**	0,557**	0,087	-0,593	-0,403**	0,480*	-0,647**
HMW 2+12										
HMW 6+8										
HMW 7+9	0,881**	0,162	0,921**	0,602	0,431	0,035	-0,546*	-0,373	0,356	-0,561*
x-/y-HMW	-0,113	0,303	-0,019	0,23	-0,264	0,231	0,427	0,402	-0,088	0,285

1997	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DWmax	DB	DW/DB
Glia	0,842**	0,696**	0,724**	0,604**	0,726**	0,574**	0,285*	0,397**	0,595**	-0,014
Glut	0,801**	0,791**	0,730**	0,397**	0,616**	0,778**	0,552**	0,654**	0,587**	0,218
HMW	0,779**	0,555**	0,723**	0,463**	0,571**	0,522**	0,271*	0,371**	0,516**	-0,011
LMW	0,735**	0,828**	0,644**	0,337**	0,603**	0,830**	0,631**	0,728**	0,573**	0,301*
Glia/Glut	-0,238	-0,387**	-0,303*	0,015	-0,120	-0,476**	-0,471**	-0,492**	-0,181	-0,328**
LMW/HMW	-0,091	0,315*	-0,124	-0,168	0,025	0,328*	0,422**	0,408**	0,015	0,391**
Glia/LMW	-0,164	-0,436**	-0,197	0,065	-0,125	-0,527**	-0,550**	-0,565**	-0,166	-0,415**
Glia/HMW	-0,297*	-0,109	-0,361**	-0,119	-0,117	-0,187	-0,103	-0,137	-0,166	0,008
HMW 10	0,617**	0,423**	0,532**	0,396**	0,607**	0,351*	0,074	0,156	0,548**	-0,164
HMW 12	0,872**	0,447	0,711**	0,661*	0,818**	0,491	0,159	0,282	0,523	-0,150
HMW 1	0,634**	0,595**	0,632**	0,260	0,494**	0,566**	0,480**	0,535**	0,38	0,229
HMW 7ab	0,727**	0,486**	0,646**	0,561**	0,589**	0,351*	0,025	0,141	0,553**	-0,254
HMW 6	0,598*	0,590*	0,569*	0,707**	0,597*	0,597*	0,449	0,504	0,247	0,318
HMW 8	0,702**	0,180	0,414	0,436	0,509	0,356	0,055	0,115	0,523	-0,112
HMW 9	0,548**	0,344**	0,577**	0,007	0,301	0,322*	0,137	0,208	0,403**	-0,050
HMW 5	0,606**	0,361*	0,615**	0,338*	0,430**	0,292*	0,057	0,129	0,448**	-0,153
HMW 2	0,848**	0,562	0,762**	0,651*	0,663*	0,56	0,393	0,491	0,359	0,148
x-HMW	0,743**	0,636**	0,739**	0,559**	0,544**	0,573**	0,320*	0,424**	0,531**	0,029
y-HMW	0,483*	0,157	0,362**	0,078	0,353**	0,191	0,059	0,108	0,251	-0,075
HMW 5+10	0,662**	0,422**	0,625**	0,395**	0,554**	0,346*	0,070	0,153	0,535**	-0,171
HMW 2+12	0,891**	0,541	0,774**	0,681*	0,747**	0,557	0,321	0,433	0,434	0,043
HMW 6+8	0,810**	0,428	0,586*	0,672*	0,670*	0,559*	0,266	0,338	0,504	0,079
HMW 7+9	0,699**	0,369*	0,581**	0,317*	0,522**	0,293*	0,036	0,138	0,442**	-0,200
x-/y-HMW	0,047	0,336**	0,153	0,372**	0,068	0,268*	0,176	0,210	0,201	0,070

1998	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DWmax	DB	DW/DB
Glia	0,644**	0,151	0,618**	-0,409**	0,532**	0,218	-0,362*	-0,238	0,450**	-0,445**
Glut	0,601**	0,767**	0,518**	0,251	0,431**	0,691**	0,129	0,353*	0,508**	-0,131
HMW	0,638**	0,566**	0,606**	0,284	0,264	0,468**	0,027	0,200	0,371*	-0,159
LMW	0,525**	0,751**	0,429**	0,229	0,413**	0,690**	0,162	0,380*	0,480**	-0,094
Glia/Glut	-0,164	-0,595**	-0,197	-0,530**	0,009	-0,528**	-0,401**	-0,514**	-0,181	-0,204
LMW/HMW	0,013	0,365	-0,041	0,085	0,200	0,392*	0,187	0,280	0,217	0,051
Glia/LMW	-0,156	-0,604**	-0,182	-0,494**	-0,018	-0,559**	-0,415**	-0,534**	-0,196	-0,211
Glia/HMW	-0,151	-0,450**	-0,198	-0,595**	0,167	-0,330*	-0,341*	-0,412**	-0,038	-0,211
HMW 10	0,447*	0,316	0,240	0,021	0,188	0,290	-0,234	-0,051	0,441*	-0,344
HMW 12	0,679*	0,721*	0,736*	0,478	0,491	0,505	-0,211	-0,034	0,768*	-0,395
HMW 1	0,269	0,205	0,244	0,064	0,036	0,099	0,145	0,211	-0,132	0,031
HMW 7ab	0,476**	0,319	0,462**	0,098	0,350*	0,164	-0,528**	-0,377*	0,569**	-0,564**
HMW 6	0,882	0,997	0,974	0,915	1,000**	1,000*	0,939	0,950	0,714	0,857
HMW 8	0,982	0,826	0,899	0,965	1,000**	0,761	0,513	0,544	0,995	0,342
HMW 9	0,558**	0,338	0,522**	-0,122	0,433*	0,324	-0,360*	-0,137	0,576**	-0,503**
HMW 5	0,397*	0,100	0,443*	0,118	0,205	0,016	-0,337	-0,282	0,278	-0,349
HMW 2	0,380	0,573	0,562	0,557	-0,327	0,516	0,417	0,512	0,388	0,292
x-HMW	0,620**	0,624**	0,653**	0,376*	0,293	0,558**	0,036	0,214	0,502**	-0,179
y-HMW	0,465**	0,311*	0,355*	0,069	0,155	0,201	0,003	0,118	0,08	-0,084
HMW 5+10	0,480**	0,243	0,380*	0,075	0,222	0,183	-0,320	-0,181	0,413*	-0,392**
HMW 2+12	0,638	0,760*	0,765*	0,591	0,215	0,589	0,063	0,228	0,702*	-0,120
HMW 6+8	1,000**	0,913	0,963	0,996	1,000**	0,864	0,658	0,685	0,962	0,505
HMW 7+9	0,478**	0,288	0,421**	0,041	0,250	0,100	-0,228	-0,091	0,151	-0,272
x-/y-HMW	-0,101	0,059	0,031	0,144	0,044	0,180	-0,050	-0,038	0,325*	-0,118

1999	RP	Sedi	FK	WA	VA	EE	DW	DWmax	DB	DW/DB
Glia	0,924**	0,779**	0,896**	0,786**	0,712**	0,603**	0,070	0,198	0,844**	-0,454*
Glut	0,781**	0,828**	0,770**	0,407	0,374	0,686**	0,489*	0,579**	0,537*	0,081
HMW	0,864**	0,800**	0,823**	0,539*	0,449*	0,520*	0,161	0,259	0,652**	-0,249
LMW	0,683**	0,760**	0,677**	0,320	0,322	0,695**	0,566**	0,645**	0,462*	0,187
Glia/Glut	0,042	-0,161	0,029	0,316	0,301	-0,185	-0,477*	-0,453	0,216	-0,527*
LMW/HMW	-0,371	-0,210	-0,324	-0,327	-0,220	0,052	0,361	0,324	-0,347	0,493*
Glia/LMW	0,140	-0,089	0,127	0,364	0,349	-0,184	-0,519*	-0,484*	0,269	-0,589*
Glia/HMW	-0,346	-0,378	-0,317	0,026	0,028	-0,180	-0,178	-0,197	-0,128	-0,088
HMW 10	0,811**	0,850**	0,730**	0,621**	0,597**	0,607**	0,175	0,329	0,714**	-0,308
HMW 12										
HMW 1	0,812**	0,744**	0,787**	0,456	0,593*	0,632**	0,380	0,458	0,729**	-0,176
HMW 7ab	0,852**	0,692**	0,824**	0,579*	0,540*	0,434	0,090	0,174	0,607**	-0,296
HMW 6										
HMW 8										
HMW 9	0,763**	0,665**	0,708**	0,349	0,276	0,457	0,192	0,233	0,580*	-0,177
HMW 5	0,751**	0,794**	0,724**	0,606**	0,479*	0,398	0,095	0,211	0,521*	-0,255
HMW 2										
x-HMW	0,836**	0,781**	0,844**	0,645**	0,400	0,448*	0,080	0,173	0,591**	-0,306
y-HMW	0,259	0,228	0,162	-0,059	0,193	0,254	0,185	0,216	0,264	0,043
HMW 5+10	0,811**	0,854**	0,759**	0,639**	0,555*	0,512*	0,136	0,274	0,633**	-0,291
HMW 2+12										
HMW 6+8										
HMW 7+9	0,852**	0,703**	0,802**	0,501*	0,488*	0,493*	0,154	0,235	0,649**	-0,262
x-/y-HMW	0,204	0,202	0,301	0,378	0,037	-0,042	-0,147	-0,136	0,035	-0,184

\*\* signifikant auf dem Niveau von  $\alpha < 0,01$  (2-seitig)

\* signifikant auf dem Niveau von  $\alpha < 0,05$  (2-seitig)



**(VI.) Multiple Vergleiche mittels Wilcoxon-Wilcox-Test**

Reihung und Differenzierung der Sorten aus den Datensätzen 1 bis 13 anhand der wichtigsten Kleberfraktionen sowie Parametern der Mehl-, Teig- und Backprüfung

[Rohprot. = Rohprotein im Mehl, Sedi. = Sedimentationswert, Volumen. = RMT-Volumenausbeute, Energie = Extensogramm-Energie]

**® Sorten in Pfeilrichtung nach abfallendem Fraktionsgehalt gereiht ®**

(Sorten mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich signifikant mit einem  $\alpha \leq 0,05$ )

**Datensatz 1**

	Rang		
	1	2	3
Gliadin	a Ambras	a Astron	b Batis
Glutenin	a Astron	a Ambras	a Batis
HMW	a Astron	a Ambras	a Batis
LMW	a Astron	a Ambras	a Batis
LMW/HMW	a Batis	a Astron	a Ambras
Glia/LMW	a Ambras	a Batis	a Astron
x-HMW	a Astron	a Ambras	a Batis
Rohprot.	a Ambras	a Astron	b Batis
Sedi.	a Ambras	ab Astron	b Batis
Volumen.	a Ambras	b Astron	b Batis
Energie	a Astron	a Ambras	b Batis
Dehnbarkeit	a Astron	a Ambras	a Batis

**Datensatz 2**

	Rang			
	1	2	3	4
Gliadin	a Tambor	a Ambras	a Carolus	a Batis
Glutenin	a Carolus	ab Ambras	b Tambor	b Batis
HMW	a Tambor	ab Ambras	ab Carolus	b Batis
LMW	a Ambras	ab Carolus	ab Tambor	b Batis
LMW/HMW	a Carolus	ab Batis	ab Ambras	b Tambor
Glia/LMW	a Tambor	a Batis	a Ambras	a Carolus
x-HMW	a Carolus	ab Ambras	ab Tambor	b Batis
Rohprot.	a Ambras	ab Carolus	ab Tambor	b Batis
Sedi.	a Carolus	ab Ambras	b Batis	b Tambor
Volumen.	a Carolus	ab Tambor	ab Ambras	b Batis
Energie	a Carolus	ab Ambras	b Batis	c Tambor
Dehnbarkeit	a Carolus	ab Ambras	ab Tambor	b Batis

**Datensatz 3**

	Rang		
	1	2	3
Gliadin	a Ambras	ab Rektor	b Pegassos
Glutenin	a Ambras	a Rektor	a Pegassos
HMW	a Ambras	ab Pegassos	b Rektor
LMW	a Rektor	ab Ambras	b Pegassos
LMW/HMW	a Rektor	ab Pegassos	b Ambras
Glia/LMW	a Ambras	a Pegassos	a Rektor
x-HMW	a Ambras	ab Pegassos	b Rektor
Rohprot.	a Ambras	ab Rektor	b Pegassos
Sedi.	a Ambras	a Rektor	a Pegassos
Volumen.	a Ambras	a Rektor	a Pegassos
Energie	a Ambras	a Rektor	a Pegassos
Dehnbarkeit	a Ambras	a Pegassos	a Rektor

## Datensatz 4

	Rang					
	1	2	3	4	5	6
Gliadin	a Tambor	a Ambras	a Carolus	a Astron	a Xanthos	a Batis
Glutenin	a Astron	a Carolus	a Ambras	a Tambor	a Batis	a Xanthos
HMW	a Tambor	a Astron	a Carolus	a Xanthos	a Ambras	a Batis
LMW	a Astron	ab Carolus	ab Ambras	ab Batis	ab Tambor	b Xanthos
LMW/HMW	a Astron	a Batis	a Carolus	a Ambras	a Xanthos	a Tambor
Glia/LMW	a Tambor	ab Xanthos	ab Ambras	ab Batis	ab Carolus	b Astron
x-HMW	a Carolus	a Astron	a Tambor	a Ambras	a Batis	a Xanthos
Rohprot.	a Ambras	a Carolus	a Astron	a Xanthos	a Tambor	a Batis
Sedi.	a Carolus	a Ambras	a Astron	a Batis	a Tambor	a Xanthos
Volumen.	a Carolus	a Tambor	a Ambras	a Astron	a Xanthos	a Batis
Energie	a Carolus	a Astron	a Ambras	a Batis	a Tambor	a Xanthos
Dehnbarkeit	a Carolus	a Tambor	a Ambras	a Astron	a Xanthos	a Batis

## Datensatz 5

	Rang					
	1	2	3	4	5	6
Gliadin	a Batis	a Ambras	a Tambor	a Aristos	a Carolus	a Winni
Glutenin	a Ambras	a Carolus	a Winni	a Tambor	a Batis	a Aristos
HMW	a Ambras	a Winni	a Tambor	a Carolus	a Batis	a Aristos
LMW	a Ambras	a Carolus	a Winni	a Tambor	a Batis	a Aristos
LMW/HMW	a Carolus	a Batis	a Aristos	a Ambras	a Tambor	a Winni
Glia/LMW	a Batis	a Aristos	a Tambor	a Winni	a Carolus	a Ambras
x-HMW	a Winni	a Ambras	a Carolus	a Tambor	a Batis	a Aristos
Rohprot.	a Ambras	ab Tambor	ab Carolus	ab Batis	ab Winni	b Aristos
Sedi.	a Ambras	ab Carolus	ab Winni	ab Tambor	ab Batis	b Aristos
Volumen.	a Ambras	a Tambor	a Carolus	a Batis	a Aristos	a Winni
Energie	a Ambras	a Carolus	a Winni	a Batis	a Tambor	a Aristos
Dehnbarkeit	a Carolus	a Ambras	a Tambor	a Winni	a Batis	a Aristos

## Datensatz 6

	Rang					
	1	2	3	4	5	6
Gliadin	a Tambor	a Petrus	a Carolus	a Astron	a Ambras	a Batis
Glutenin	a Astron	a Carolus	a Batis	a Ambras	a Tambor	a Petrus
HMW	a Tambor	a Petrus	a Carolus	a Astron	a Ambras	a Batis
LMW	a Astron	a Carolus	a Ambras	a Batis	a Tambor	a Petrus
LMW/HMW	a Astron	a Ambras	a Carolus	a Batis	a Tambor	a Petrus
Glia/LMW	a Petrus	a Tambor	a Ambras	a Batis	a Carolus	a Astron
x-HMW	a Carolus	a Petrus	a Tambor	a Batis	a Astron	a Ambras
Rohprot.	a Ambras	a Astron	a Petrus	a Carolus	a Tambor	a Batis
Sedi.	a Ambras	a Astron	a Carolus	a Tambor	a Batis	a Petrus
Volumen.	a Carolus	a Ambras	a Tambor	a Petrus	a Astron	a Batis
Energie	a Astron	a Ambras	a Carolus	a Batis	a Tambor	a Petrus
Dehnbarkeit	a Tambor	a Carolus	a Ambras	a Astron	a Petrus	a Batis

## Datensatz 7

	Rang			
	1	2	3	4
Gliadin	a Aron	ab Batis	ab Piko	b Pegassos
Glutenin	a Aron	a Batis	a Pegassos	a Piko
HMW	a Batis	a Aron	a Piko	a Pegassos
LMW	a Aron	a Batis	a Pegassos	a Piko
LMW/HMW	a Aron	a Pegassos	a Piko	a Batis
Glia/LMW	a Piko	a Batis	a Pegassos	a Aron
x-HMW	a Pegassos	a Batis	a Piko	a Aron
Rohprot.	a Aron	a Piko	a Pegassos	a Batis
Sedi.	a Aron	a Piko	a Batis	a Pegassos
Volumen.	a Aron	a Pegassos	a Batis	a Piko
Energie	a Aron	a Piko	a Pegassos	a Batis
Dehnbarkeit	a Aron	a Pegassos	a Batis	a Piko

## Datensatz 8

	Rang							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Gliadin	a Astron	a Ambras	a Aristos	a Tambor	a Petrus	a Batis	a Carolus	a Winni
Glutenin	a Carolus	a Ambras	a Astron	a Winni	a Tambor	a Batis	a Aristos	a Petrus
HMW	a Winni	a Tambor	a Ambras	a Carolus	a Astron	a Petrus	a Batis	a Aristos
LMW	a Carolus	a Astron	a Ambras	a Winni	a Tambor	a Batis	a Aristos	a Petrus
LMW/HMW	a Carolus	a Astron	a Aristos	a Ambras	a Batis	a Winni	a Tambor	a Petrus
Glia/LMW	a Petrus	a Aristos	a Tambor	a Batis	a Astron	a Ambras	a Winni	a Carolus
x-HMW	a Winni	a Carolus	a Ambras	a Tambor	a Batis	a Astron	a Petrus	a Aristos
Rohprot.	a Astron	a Ambras	a Carolus	a Batis	a Aristos	a Tambor	a Petrus	a Winni
Sedi.	a Ambras	a Astron	a Winni	a Carolus	a Petrus	a Batis	a Aristos	a Tambor
Volumen.	a Carolus	a Ambras	a Tambor	a Astron	a Petrus	a Batis	a Aristos	a Winni
Energie	a Astron	a Ambras	a Carolus	a Winni	a Batis	a Aristos	a Tambor	a Petrus
Dehnbarkeit	a Carolus	a Ambras	a Astron	a Tambor	a Aristos	a Winni	a Petrus	a Batis

## Datensatz 9

	Rang			
	1	2	3	4
Gliadin	a Carolus	a Xanthos	a Piko	a Apollo
Glutenin	a Carolus	a Piko	a Xanthos	a Apollo
HMW	a Xanthos	a Piko	a Carolus	a Apollo
LMW	a Carolus	a Piko	a Xanthos	a Apollo
LMW/HMW	a Carolus	a Piko	a Xanthos	a Apollo
Glia/LMW	a Apollo	a Xanthos	a Piko	a Carolus
x-HMW	a Xanthos	a Carolus	a Piko	a Apollo
Rohprot.	a Xanthos	a Carolus	a Piko	a Apollo
Sedi.	a Carolus	a Xanthos	a Piko	a Apollo
Volumen.	a Carolus	a Xanthos	a Piko	a Apollo
Energie	a Carolus	a Piko	a Xanthos	a Apollo
Dehnbarkeit	a Carolus	a Xanthos	a Apollo	a Piko

**Datensatz 10**

	Rang		
	1	2	3
Gliadin	a WG	ab BL	b VE
Glutenin	a WG	ab BL	b VE
HMW	a WG	ab BL	b VE
LMW	a WG	ab BL	b VE
LMW/HMW	a VE	ab WG	b BL
Glia/LMW	a BL	ab VE	b WG
x-HMW	a WG	a BL	a VE
Rohprot.	a WG	ab BL	b VE
Sedi.	a WG	ab BL	b VE
Volumen.	a WG	a BL	a VE
Energie	a WG	ab BL	b VE
Dehnbarkeit	a WG	ab BL	b VE

**Datensatz 11**

	Rang		
	1	2	3
Gliadin	a WG	b BL	b VE
Glutenin	a WG	a BL	a VE
HMW	a WG	ab VE	b BL
LMW	a BL	a WG	a VE
LMW/HMW	a BL	a VE	a WG
Glia/LMW	a WG	a VE	a BL
x-HMW	a WG	ab VE	b BL
Rohprot.	a WG	a BL	a VE
Sedi.	a BL	a VE	a WG
Volumen.	a WG	ab BL	b VE
Energie	a WG	a BL	a VE
Dehnbarkeit	a WG	ab BL	b VE

**Datensatz 12**

	Rang		
	1	2	3
Gliadin	a 1999	a 1998	b 1997
Glutenin	a 1998	ab 1999	b 1997
HMW	a 1998	ab 1999	b 1997
LMW	a 1998	ab 1999	b 1997
LMW/HMW	a 1998	a 1999	a 1997
Glia/LMW	a 1999	a 1997	a 1998
x-HMW	a 1998	a 1999	a 1997
Rohprot.	a 1998	a 1998	a 1997
Sedi.	a 1998	ab 1999	b 1997
Volumen.	a 1998	a 1999	a 1997
Energie	a 1998	a 1999	a 1997
Dehnbarkeit	a 1998	ab 1999	b 1997

## Datensatz 13

	Rang		
	1	2	3
Gliadin	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig
Glutenin	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig
HMW	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig
LMW	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig
LMW/HMW	<b>a</b> flachgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> tiefgründig
Glia/LMW	<b>a</b> mittelgründig	<b>a</b> flachgründig	<b>a</b> tiefgründig
x-HMW	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig
Rohprot.	<b>a</b> tiefgründig	<b>a</b> mittelgründig	<b>a</b> flachgründig
Sedi.	<b>a</b> tiefgründig	<b>a</b> mittelgründig	<b>a</b> flachgründig
Volumen.	<b>a</b> tiefgründig	<b>a</b> mittelgründig	<b>a</b> flachgründig
Energie	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig
Dehnbarkeit	<b>a</b> tiefgründig	<b>ab</b> mittelgründig	<b>b</b> flachgründig