

## Erstellung eines Leitfadens zur Verarbeitung und zum Anbau von ökologischem Dinkel

Developing a guideline for cultivation and processing of organic spelt

**FKZ: 06OE029 und 06OE347**

**Projektnehmer (06OE029):**

Bioland e.V. Geschäftsstelle  
Kaiserstraße 18, 55116 Mainz  
Tel.: +49 6131 23979-0  
Fax: +49 6131 23979-27  
E-Mail: [info@bioland.de](mailto:info@bioland.de)  
Internet: <http://www.bioland.de>

**Projektnehmer (06OE347):**

Max Rubner-Institut  
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide  
Schützenberg 12, 32756 Detmold  
Tel.: +49 5231 741-0  
Fax: +49 5231 741-100  
E-Mail: [poststelle@mri.bund.de](mailto:poststelle@mri.bund.de)  
Internet: <http://www.mri.bund.de>

**Autoren:**

Münzing, Klaus; Selig, Simone; Unbehend, Günther; Kähler, Anke; Plaumann, Susanne; Meyer, Carsten

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

**Integrierter Abschlussbericht  
zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt**

**Erstellung eines Leitfadens zur Verarbeitung  
und zum Anbau von ökologischem Dinkel**

Förderkennzeichen 06OE347  
Projektpartner Max-Rubner-Institut  
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide  
Schützenberg 12  
32756 Detmold



Förderkennzeichen 06OE029  
Projektpartner Bioland e. V.  
Kaiserstr. 18  
55116 Mainz



Ansprechpartner: Dr. Münzing, Dr. Seling, Dipl. Ing. Unbehend  
für das MRI  
Dipl. Ing. agr. Gregor Pöpsel, Anke Kähler  
für den Bioland e. V.

Projektlaufzeit: 01.04.2007 – 31.08.2009

Stand: 31.08.2009

# Inhalt

1	Einleitung.....	1
2	Ziele und Aufgabenstellung.....	1
3	Planung und Ablauf des Projektes .....	2
4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	2
5	Vorgehen und Ergebnisse .....	3
5.1	Literatur- und Marktrecherche und Definition des Anforderungsprofils (AP1).....	3
5.2	Beschaffung des Probenmaterials und Ermittlung von Anbaudaten der Dinkelproben (AP 2 & 7).....	4
5.3	Aufbereitung der Proben und Ermittlung von qualitätsfördernden Vermahlungsparametern (AP 3).....	5
5.3.1	Probenaufbereitung und sensorische Beurteilung .....	5
5.3.2	Ermittlung der Analysedaten der Dinkelproben.....	5
5.3.3	Qualitätsfördernde Vermahlungsparameter .....	13
5.3.3.1	Mahlverfahren der Vollkornmehlherstellung.....	14
5.3.3.2	Rohstoffqualität der ausgewählten Dinkelpartien .....	16
5.3.3.3	Äußere Qualitätsmerkmale der hergestellten Vollkornmehle .....	17
5.3.3.4	Technofunktionale Eigenschaften der hergestellten Vollkornmehle ...	20
5.3.3.5	Wirkung der Mahlverfahren auf das Backergebnis bei Vollkornmehl .	25
5.3.3.6	Beurteilung der qualitätsfördernden Vermahlungsparameter für Vollkornmehl nach Sorten.....	30
5.3.3.7	Wirkung der Mehltreifeverfahren bei Dinkelmehl Type 630 auf das Backergebnis .....	31
5.3.3.8	Schlussfolgerungen zur Wirkung von Mehltreifeverfahren auf Dinkelmehl Type 630 .....	38
5.3.4	Empfehlungen für die Vollkornmehlherstellung.....	39
5.4	Erarbeitung eines Standardbackversuches (AP 4).....	41
5.5	Ermittlung der sortenspezifischen Verarbeitungseigenschaften (AP 5 & 8).....	44
5.5.1	Backverhalten von Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn.....	44
5.5.2	Backverhalten von Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn	45
5.5.3	Backverhalten von Dinkeltypenmehlen verschiedener Dinkelsorten (Ernte 2006).....	47
5.5.4	Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen der Sorte Franckenkorn .....	48
5.5.5	Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn .....	50
5.5.6	Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen verschiedener Dinkelsorten (Ernte 2006) .....	51
5.5.7	Beurteilung des Backverhaltens von sortenreinen Dinkeltypen- und Dinkelvollkornmehlen .....	52
5.5.7.1	Beurteilung des Backverhaltens von Dinkeltypenmehlen.....	53
5.5.7.2	Beurteilung des Backverhaltens von Dinkelvollkornmehlen .....	53
5.5.8	Korrelationen zwischen den Ergebnissen aus Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl (Zu AP4) .....	54
5.6	Auswertung der Anbaudaten und Erstellung von Anbauempfehlungen (AP 9 & 11).....	56
6	Zusammenfassung.....	60
7	Literaturverzeichnis .....	61
8	Übersicht über die realisierten Veröffentlichungen .....	64

# Tabellen

Tab. 1: Zusammenstellung der eingeschickten Dinkel-Proben .....	4
Tab. 2: Qualitätsmerkmale der verwendeten Dinkelherkünfte.....	16
Tab. 3: Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Franckenkorn, hoher Proteingehalt) .....	17
Tab. 4: Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Franckenkorn, niedriger Proteingehalt).....	18
Tab. 5: Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Oberkulmer Rotkorn, hoher Proteingehalt) .....	19
Tab. 6: Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Oberkulmer Rotkorn, niedriger Proteingehalt).....	21
Tab. 7: Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Franckenkorn, Proteingehalt 14, 6 % TS) .....	26
Tab. 8: Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Franckenkorn, Proteingehalt 11,3 % TS) .....	26
Tab. 9: Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Oberkulmer Rotkorn, Proteingehalt 16,2 % TS) .....	27
Tab. 10: Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Oberkulmer Rotkorn, Proteingehalt 13,9 % TS) .....	28
Tab. 11: Mehltreifeverfahren (Ergebnisübersicht) Sorte Franckenkorn .....	31
Tab. 12: Mehltreifeverfahren (Ergebnisübersicht) Sorte Oberkulmer Rotkorn.....	32
Tab. 13: Bio-Standardbackversuch, Dinkelmehl Type 630 (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn).....	34
Tab. 14: Wirkung der Mehltreifeverfahren auf die Backqualität der Type 630 (Franckenkorn), ohne Acerolazusatz .....	35
Tab. 15: Wirkung der Mehltreifeverfahren auf die Backqualität der Type 630 (Oberkulmer Rotkorn), ohne Acerolazusatz.....	36
Tab. 16: Wirkung der Mehltreife auf die Backqualität der Type 630 (Franckenkorn/Oberkulmer Rotkorn), Bio-Standardbackversuch ohne Acerolazusatz (Frischmehl).....	36
Tab. 17: Wirkung der Mehltreife auf die Backqualität der Type 630 (3 Monate abgelagert/20 °C) (Franckenkorn/Oberkulmer Rotkorn) , Bio-Standardbackversuch ohne Acerolazusatz .....	37
Tab. 18: Wirkung der Mehltreifeverfahren bei Dinkelmehl Type 630 auf die Backqualität mittels Prallverfahren (Franckenkorn/Oberkulmer Rotkorn) Bio-Standardbackversuch, ohne Acerolazusatz .....	38
Tab. 19: Qualitätsstufen zur Beurteilung des Backverhaltens von Dinkeltypenmehlen (Type 630) .....	42
Tab. 20: Qualitätsstufen zur Beurteilung des Backverhaltens von Dinkelvollkornmehlen.....	43
Tab. 21: Gewichtungsfaktoren zur Berechnung der Qualitätszahl .....	43
Tab. 22: Beurteilung des Backverhaltens von Dinkeltypen- und Dinkelvollkornmehlen nach Qualitätszahl.....	43
Tab. 23: Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Typenmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Franckenkorn (FK).....	56

Tab. 24: Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Typenmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Oberkulmer Rotkorn (OR).....	56
Tab. 25: Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Vollkornmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Franckenkorn (FK).....	57
Tab. 26: Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Vollkornmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Oberkulmer Rotkorn (OR).....	57

## Abbildungen

Abb. 1: Kernaussbeuten der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	5
Abb. 2: Mineralstoffgehalt der Kerne der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	6
Abb. 3: Proteingehalte der Kerne der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	6
Abb. 4: Feuchtklebergehalte der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007.....	6
Abb. 5: Gehalt an wasserlöslichen Proteinen der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	7
Abb. 6: Spezifischer Feuchtklebergehalt der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	7
Abb. 7: Glutenindex der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	7
Abb. 8: SDS-Sedimentationswert der beiden Dinkelsorten Frankenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007 .....	8
Abb. 9: Beispielhafter Vergleich zwischen Farinogrammen mit Weizenmehl (Type 550) und mit Dinkeltypenmehl der Sorte Franckenkorn (8415/47) .....	9
Abb. 10: Beispielhafter Vergleich zwischen Farinogrammen mit Weizenmehl (Type 550) und mit Dinkeltypenmehl der Sorte Oberkulmer Rotkorn (8503/47) .....	10
Abb. 11: Mittels Brabender-Farinographen ermittelte Qualitätszahlen an Dinkeltypenmehlen aus den Sorten Franckenkorn (*) und Oberkulmer Rotkorn (**) der Ernten 2006 und 2007. Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte .....	10
Abb. 12: Beispielhafter Vergleich zwischen Extensogrammen mit Weizenmehl (Type 550) und mit Dinkeltypenmehl der Sorte Franckenkorn (8415/47) .....	11
Abb. 13: Beispielhafter Vergleich zwischen Extensogrammen mit Dinkeltypenmehlen (Type 630) unterschiedlicher Qualität der Sorte Franckenkorn .....	11
Abb. 14: Ausgewählte Kenndaten rheologischer Untersuchungen an Weizenhandelsmehlen (*) und Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Franckenkorn (**) der Ernten 2006 und 2007. Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte .....	12
Abb. 15: Standard-Mahlverfahren mittels Bühler-Mahlautomat MLU-202 und Labor-Kleieschleuder, Typ MLU-302 sowohl für die Dinkelmehltype 630 als auch ohne Kleieschleuder für die Herstellung von Vollkornmehl nach dem Kurzmahlverfahren. ....	13
Abb. 16: Standard-Mahldiagramm für Dinkel-Vollkornmehl mit 12 Mahlungen (Vermahlung A) .....	14
Abb. 17: Übersicht der Mahlverfahren für die Vollkornmehlherstellung aus Dinkel .....	15

Abb. 18: Wirkung der Mahlverfahren auf die Oxidationsanfälligkeit von Dinkelvollkornmehlen (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn) mit und ohne Nachzerkleinerung.....	22
Abb. 19: Wirkung der Mahlverfahren auf die Oxidationsintensität von Dinkel-Vollkornmehlen (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn) mit und ohne Nachzerkleinerung.....	24
Abb. 20: Verkleisterungswärmen unterschiedlich behandelte Mehle (Type 630) im Vergleich .....	33
Abb. 21: Wirkung der Reifeverfahren auf die Oxidations-Induktionszeit von Dinkelmehl Type 630 .....	34
<b>Abb. 22:</b> Fließschema Bio-Backversuch für Dinkeltypenmehle (Type 630).....	41
Abb. 23: Fließschema Bio-Backversuch für Dinkelvollkornmehle .....	42
Abb. 24: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 47).....	44
Abb. 25: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 47).....	44
Abb. 26: Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle der Dinkelsorte Franckenkorn der Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 47). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte.....	45
Abb. 27: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 13) und 2007 (n = 45) .....	45
Abb. 28: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 13) und 2007 (n = 45) .....	46
Abb. 29: Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn der Ernten 2006 (n = 13) und 2007 (n = 45). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte .....	46
Abb. 30: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 8) .....	47
Abb. 31: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 8) .....	47
Abb. 32: Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle verschiedener Sorten der Ernte 2006 (n = 8). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte .....	48
Abb. 33: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 49).....	48
Abb. 34: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 49).....	49
Abb. 35: Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle der Dinkelsorte Franckenkorn der Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 49). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte.....	49
Abb. 36: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 12) und 2007 (n = 52) .....	50
Abb. 37: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 12) und 2007 (n = 52) .....	50
Abb. 38: Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle aus der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn der Ernten 2006 (n = 12) und 2007 (n = 52). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte .....	51
Abb. 39: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 11).....	51

Abb. 40: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 11) .....	52
Abb. 41: Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 11). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte .....	52
Abb. 42: Korrelation (R = 0,699) zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl der Ernte 2006 (n = 35) .....	54
Abb. 43: Korrelation (R = 0,736) zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl der Ernte 2007 (n = 91) .....	54
Abb. 44: Korrelation (R = 0,741) zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl der Ernte 2006 und 2007 (n = 126) .....	55

# 1 Einleitung

Im vorliegenden Abschlussbericht wird das Projekt zur Erstellung eines Leitfadens zum Anbau und zur Verarbeitung von ökologischem Dinkel von seiner Zielsetzung bis zu den Resultaten für beide Projektpartner zusammenhängend dargestellt. Vorgehen und Ergebnisse, die bereits im Zwischenbericht ausführlich dargestellt wurden, werden hier nur zusammenfassend erwähnt.

## 2 Ziele und Aufgabenstellung

Ziel des Projekts war es, die Produktionssicherheit beim Einsatz von Dinkelmahl-erzeugnissen zu erhöhen und optimierte Verarbeitungsverfahren zur Verbesserung der Produktqualität zu erarbeiten. Damit soll ein Beitrag dazu geleistet werden, den Absatz von in Deutschland erzeugtem Dinkel zu stärken. Auch die Anbauseite wurde berücksichtigt, um den Landwirten vermitteln zu können, welche Anbaumaßnahmen ergriffen werden sollten, um gefragte Qualitäten zu erzeugen. Ausgangspunkt waren die spezifischen Qualitätseigenschaften des Dinkels. Sie sollten sowohl auf Dinkel allgemein bezogen wie auch sortenspezifisch besondere Berücksichtigung finden.

Damit trägt das Vorhaben zum Abbau von Wissensdefiziten bei und gibt Wachstumsimpulse durch:

- Verbesserung der Qualität ökologisch erzeugter Produkte
- Erforschung und Weiterentwicklung handwerklicher Verarbeitungsmethoden
- Entwicklung und Verbesserung spezieller Technologien, Zutaten, Zusatz- und Hilfsstoffe für die Verarbeitung ökologischer Erzeugnisse
- Überprüfung der Qualitätsveränderung von Bioprodukten durch verschiedene Verfahren der Verarbeitung sowie Ableitung von Verbesserungsvorschlägen
- Branchenanalyse entlang der Wertschöpfungskette
- Austausch und Bündelung von Wissen und Erfahrung zwischen Forschung, Beratung und Praxis

Wie bereits im Projektantrag beschrieben findet sich die Fragestellung unter Punkt 2.1.1 innerhalb des Themenkomplexes „Ökologische Lebensmittel, Ernährung“ der aktuellen Ausschreibung wieder.

Aus dem genannten Ziel ergeben sich folgende Aufgaben:

- Erfassung von Ist- und Zielzustand im Bereich Dinkel-Gebäckqualität (Brot + Brötchen)
- Erfassung und Auswertung von Anbaudaten
- Sammlung von Probenmaterial sowie dessen Analyse und Untersuchung im Backversuch
- Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden und –maßstäben
- Weiterentwicklung optimierter Mahl- und Backverfahren
- Erarbeitung von Anbau- und Verarbeitungsempfehlungen
- Bestimmung von Qualitätsparametern und Basisspezifikationen für Speisedinkel
- Erstellung des Projektberichts, Veröffentlichung der Ergebnisse



### **3 Planung und Ablauf des Projektes**

Das Projekt wurde wie im Antrag angegeben und laut Zwischenbericht angepasst für einen Projektzeitraum von 18 Monaten angelegt und in seinem Verlauf auf eine Laufzeit von 24 Monaten verlängert. Damit wurde einerseits Verschiebungen im Projektablauf sowie den Bedürfnissen der Praxis Rechnung getragen. So werden die Ergebnisse erst im Februar/März veröffentlicht, um das Forum wichtiger Fachmessen und eine für Bäcker arbeitsärmere Zeit ausnutzen zu können. Der Ablauf des Projektes hat sich dessen ungeachtet weitestgehend am vorgegebenen und im Antrag beschriebenen Arbeitsplan orientiert.

Wie im Zwischenbericht beschrieben wurde in Anpassung an aktuelle Erfordernisse im Projekt die Anzahl und Sortenvorgabe für die Proben geändert sowie das Probengewicht erhöht. Auf den Besuch von Praxisbetrieben wurde zugunsten von Telefoninterviews verzichtet. Der Test ausgewählter optimierter Backverfahren unter Praxisbedingungen fand nicht statt. Ebenso wurden anders als im Zwischenbericht beschrieben die Anbaudaten nicht probenspezifisch im Zusammenhang mit den regionalen Klimadaten ausgewertet. Genaue Erläuterungen hierzu folgen in den jeweiligen Abschnitten.

### **4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Der im Antrag ausführlich dargestellte Stand des Wissens, an den angeknüpft wurde, stellt sich wie folgt dar: Dinkel ist ein Getreide mit extremer Sorteninhomogenität und weichem fließendem Kleber. Seine Klebereigenschaften lassen eine 1:1 Umsetzung von Weizentechnologien nicht zu und erschweren seine Verarbeitung mit modernen Maschinen. In der Praxis werden verschiedene Strategien verfolgt, damit umzugehen: A) Dinkel wird unter mehrfacher Aufarbeitung und verlängerter Teigruhezeit verarbeitet, wie in regionaltypischen Rezepten aus der Zeit der großen Verbreitung des Dinkels in Süddeutschland überliefert. B) Mithilfe von reduzierter Wassergabe, Mischung mit anderen Getreidearten oder – wie im Projektverlauf festgestellt - z. T. hohen Sauerteigzugaben wird versucht, den Dinkel an die eigenen Verarbeitungs- und Produkthanforderungen anzupassen. Im Projekt wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt. Die verwendete Literatur ist im Literaturverzeichnis aufgeführt.

## **5 Vorgehen und Ergebnisse**

Im Folgenden werden die Projektergebnisse gegliedert nach Arbeitspaketen (vgl. Antrag u. Zwischenbericht) dargestellt. Material und Methoden, die zugrunde lagen, werden jeweils im Zusammenhang dargestellt. Ebenso werden die Ergebnisse direkt auf ihren Verwendbarkeit und ihren Nutzen hin bewertet.

### **5.1 Literatur- und Marktrecherche und Definition des Anforderungsprofils (AP1)**

Die im Projektantrag aufgeführte sowie weitere recherchierte Literatur wurde vom Projektbearbeiter Herrn Frank Luhmann gezielt auf bäckereitechnologische Ergebnisse hin ausgewertet.

Insgesamt 71 Gebäckproben und ausgefüllte Fragebogen von ökologisch verarbeitenden Bäckereibetrieben wurden nach den DLG 5-Punkte-Schemata für Brot oder Kleingebäck sensorisch beurteilt (vgl. Zwischenbericht Kap. 1.1). Dinkeltypische Problemfelder wurden identifiziert. In fünf Telefoninterviews wurden Betriebe ausführlich zu ihren Angaben im Fragebogen befragt. Aus den Resultaten entstand ein Anforderungsprofil für ökologische Dinkelbackwaren, das die Grundlage für die Entwicklung von Bio-Standardbackversuchen für Dinkel bildet. Es wurde festgelegt, dass die entstehenden Gebäcke anhand des DLG 5-Punkte-Schemas mit abgewandelten Bewertungsmaßstäben beurteilt werden sollen. Das Anforderungsprofil sieht ein Volumen von 90% im Vergleich zum entsprechenden Weizengebäck vor.

## 5.2 Beschaffung des Probenmaterials und Ermittlung von Anbaudaten der Dinkelproben (AP 2 & 7)

Wie in Tabelle 1 dargestellt, konnten aus den Ernten 2006 und 2007 insgesamt 158 Praxis-Dinkelproben akquiriert werden, vorwiegend der Sorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn. Davon sind 151 Proben von der Menge her ausreichend, um alle Mahl- und Backversuche durchzuführen.

**Tab. 1: Zusammenstellung der eingeschickten Dinkel-Proben**

Sorten	Anzahl der Proben der Ernte 2006			Anzahl der Proben der Ernte 2007		
	Gesamt	ausreichende Probenmenge f. Mahl- u. Backversuche	zu entspelzende Proben	Gesamt	ausreichende Probenmenge f. Mahl- u. Backversuche	zu entspelzende Proben
Franckenkorn	23	22	10	53	50	45
Oberkulmer Rotkorn	14	13	7	54	53	51
Samir	3	3	3	--	--	--
Sirino	2	1	1	2	2	1
EP 1 H	2	2	2	--	--	--
Alkor	2	2	2	--	--	--
Titan	1	1	1	--	--	--
Tauro	1	1	1	--	--	--
Schwabenspelz	1	1	1	--	--	--
Summe	49	46	28	109	105	97

Im Projekt wurden wie im Zwischenbericht beschrieben die Anbaudaten der Praxis-Dinkelproben erhoben. Wie bereits dort festgestellt, machen die Landwirte zwischen den beiden Sorten keine Unterschiede im Anbau hinsichtlich Standortvoraussetzungen (Boden), Fruchtfolgestellung, Bodenbearbeitung, Einbringung von Untersaaten, Saatzeitpunkt und –menge sowie Beikrautregulierung auszumachen. Auch beim Ertrag gab es keine deutlichen Unterschiede. Tendenziell lag dieser bei der Sorte Franckenkorn höher.

## 5.3 Aufbereitung der Proben und Ermittlung von qualitätsfördernden Vermahlungsparametern (AP 3)

Die Abteilungen Müllerei (Herr. Dr. Münzing) und Analytik (Frau Dr. Seling) im Max-Rubner-Institut beschrieben die Dinkelproben sensorisch und analytisch. Darüber hinaus wurden dort verschiedene Mahlverfahren erprobt und alle Proben vermahlen. Im Kapitel 5.3.1 wird die Probenaufbereitung erläutert. Die Analysedaten werden in Kapitel 5.3.2 dargestellt. Die Vermahlungsverfahren sowie die – mit Hilfe der später dargestellten Standardbackversuche - erarbeiteten Vermahlungsempfehlungen werden im Zusammenhang erläutert in Kapitel 5.3.3. Die Beurteilung der Einzelproben anhand der Standardbackversuche sowie die darauf aufbauenden Optimierungsversuche und Verarbeitungsempfehlungen erfolgen in Kapitel 5.5.

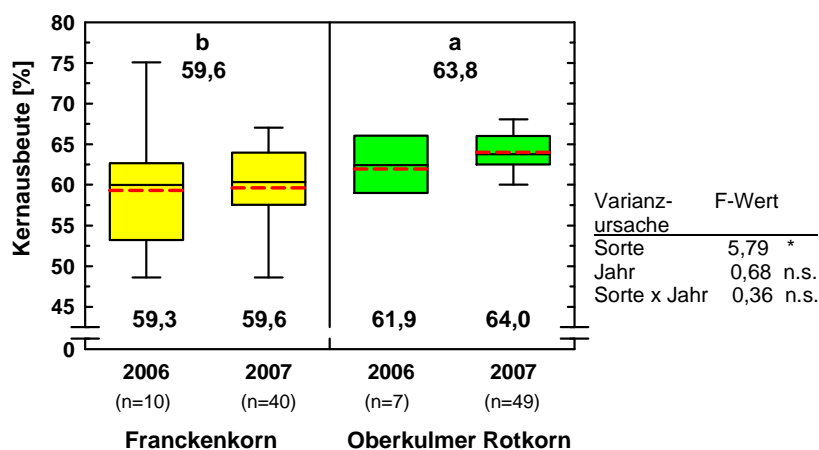
### 5.3.1 Probenaufbereitung und sensorische Beurteilung

Nach der Probenreinigung erfolgte als erstes, sofern erforderlich, die Entspelzung der Rohware, wie in Abschnitt 5 des Zwischenberichts vom 30.11.2007 ausführlich erläutert. An den eingeschickten Dinkelkernen bzw. an den im Labor entspelteten Kernen wurde das **Geschmacks-** und **Aromaprofil** eines jeweils frisch hergestellten Vollkornschrötes mit Hilfe eines Panels bestehend aus sechs Personen erstellt.

Die Verarbeitung von Öko-Dinkel zu Lebensmitteln mit gehobenem Genusswert wird sich an den Eigenschaften des Genotyps orientieren müssen. Daher ist es das Ziel, die genotypisch verankerten wertbestimmenden Eigenschaften des Dinkels (z.B. Geschmack- und Aromapotentiale), die prägend für die geschmackliche Vorzüglichkeit des Endprodukts sein können, bereits am Rohstoff zu charakterisieren. Bei Unterschieden im Geschmacks- und Aromaprofil besteht die Möglichkeit, durch Rohstoffauswahl und weitere spezifische Qualitätslenkungsmaßnahmen in der Verarbeitung die Erwartungen und Anforderungen an Dinkelprodukte leichter zu erfüllen. Diese betreffen z.B. die Oxidation und Reifung der Dinkelmehle.

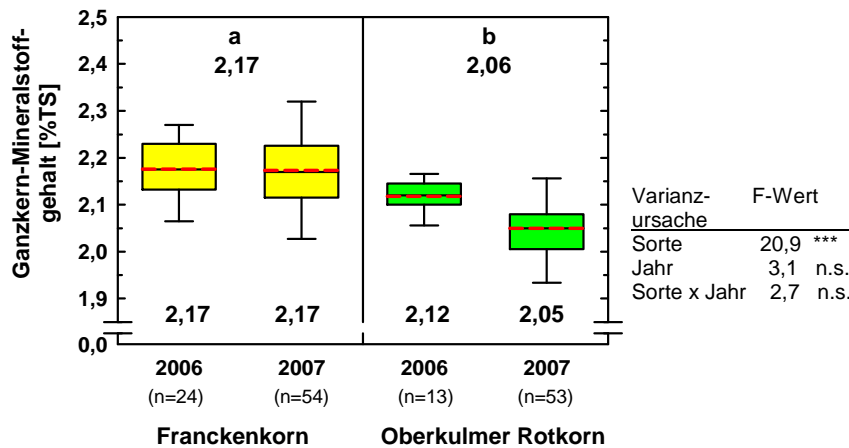
### 5.3.2 Ermittlung der Analysedaten der Dinkelproben

Für die Bewertung der Rohstoffqualität von Spelzweizen steht zunächst die Kernaussbeute im Vordergrund. Statistisch ließ sich ein gewisser Unterschied zwischen den beiden Sorten feststellen (), wobei Oberkulmer Rotkorn mit durchschnittlich 64 % eine signifikant höhere Kernaussbeute erreichte als Franckenkorn mit 60 %. Die große Schwankungsbreite von 53,9 – 71,7 % bei Oberkulmer Rotkorn und 36,8 – 76,1 % bei Franckenkorn relativiert den Sortenunterschied etwas und lässt weitere Einflussfaktoren vermuten. Ein Einfluss des Erntejahres ließ sich statistisch nicht feststellen.



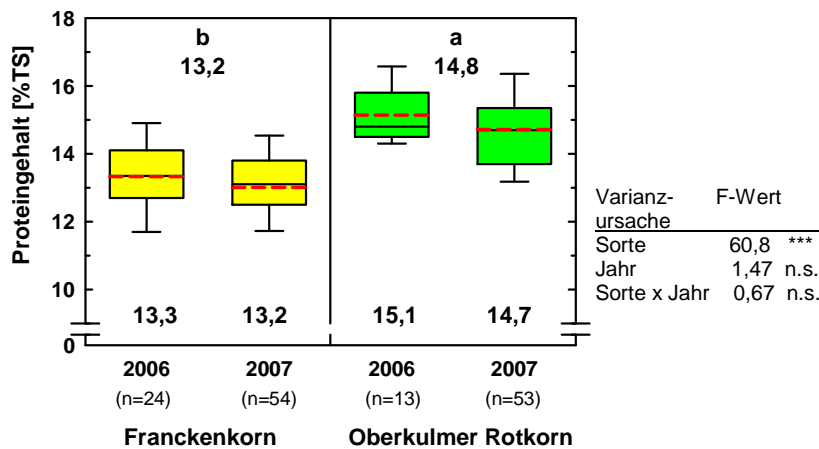
**Abb. 1: Kernaussbeuten der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007**

Des Weiteren bestand ein signifikanter Unterschied im Mineralstoffgehalt der Kerne zwischen den beiden Sorten (Abb. 2) wohingegen sich ein Einfluss des Erntejahres statistisch nicht belegen ließ. Kerne der Sorte Franckenkorn wiesen dabei – unabhängig vom Erntejahr – mit 2,17 %TS einen signifikant höheren Mineralstoffgehalt auf als die der Sorte Oberkulmer Rotkorn mit durchschnittlich 2,06 %TS.



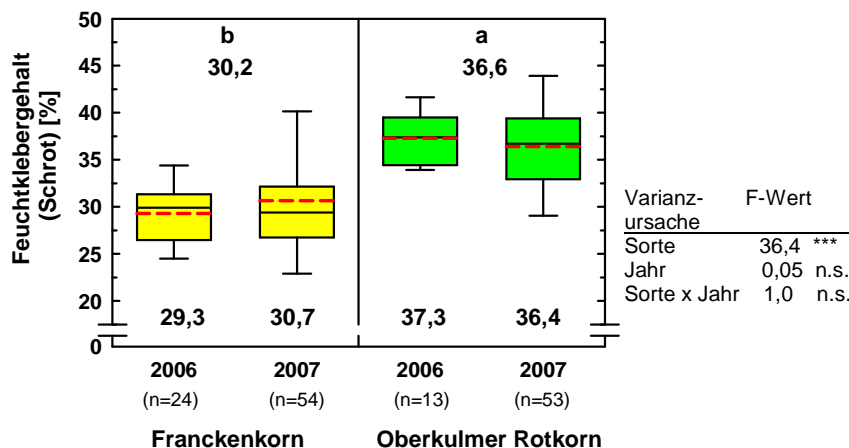
**Abb. 2:** Mineralstoffgehalt der Kerne der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007

Ein deutlicher Unterschied bestand zwischen den Sorten im Proteingehalt (Abb. 3), wobei Oberkulmer Rotkorn mit durchschnittlich 14,8 %TS (Spannweite: 12,4 - 17,3 %TS) signifikant höhere Gehalte aufwies als Franckenkorn mit 13,2 %TS (Spannweite: 11,1 - 16,1 %TS).



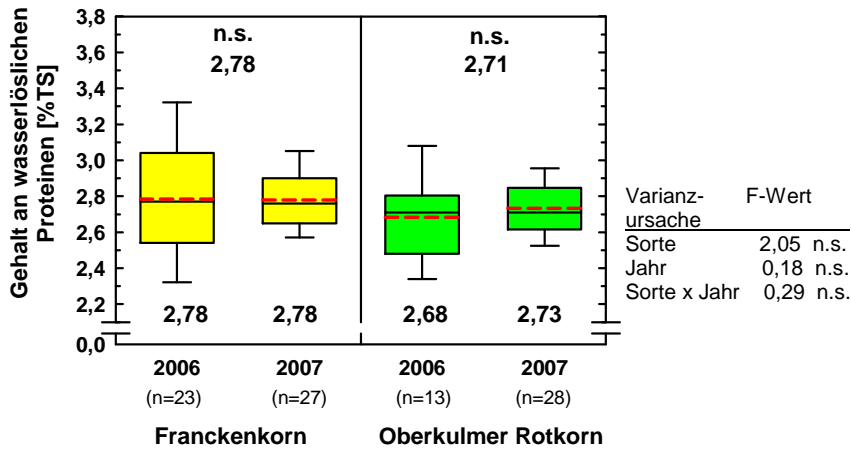
**Abb. 3:** Proteingehalte der Kerne der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007

Die unterschiedlichen Proteingehalte machten sich auch deutlich in den Klebergehalten der Sorten bemerkbar (Abb. 4). Im Durchschnitt lag der Feuchtklebergehalt bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn bei 36,6 % und bei Franckenkorn bei 30,2 %.

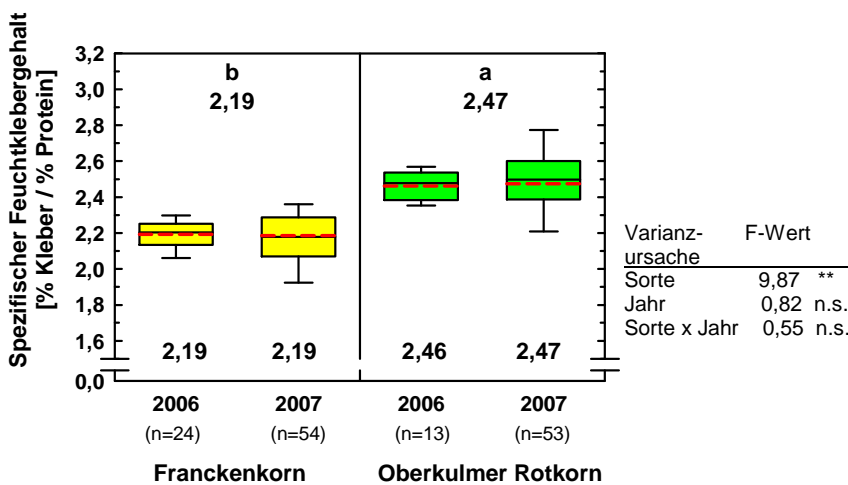


**Abb. 4:** Feuchtklebergehalte der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007

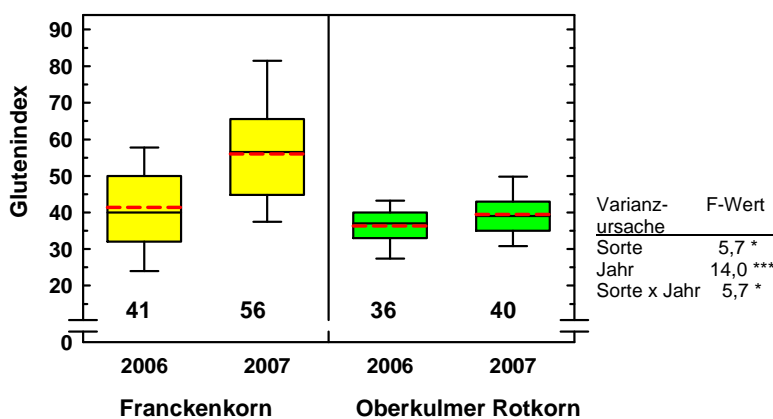
Hinsichtlich des Gehaltes an wasserlöslichen Proteinen bestand absolut gesehen kein Unterschied zwischen den Sorten oder den Jahren (Abb. 5). In Zusammenhang mit dem Gesamt-Proteingehalt betrachtet bedeutet dieses, dass die Sorte Oberkulmer Rotkorn einen höheren Anteil nicht-wasserlöslicher Proteine aufweist als die Sorte Franckenkorn. Die Interpretation, dass bei Oberkulmer Rotkorn ein größerer Anteil der Proteine an der Kleberbildung beteiligt ist, wird bestätigt durch die Darstellung der spezifischen Klebergehalte, d.h. die Klebermenge bezogen auf die Proteinmenge. Oberkulmer Rotkorn weist mit 2,5 einen signifikant höheren spezifischen Feuchtklebergehalt auf als Franckenkorn mit 2,2 (Abb. 6).



**Abb. 5:** Gehalt an wasserlöslichen Proteinen der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007



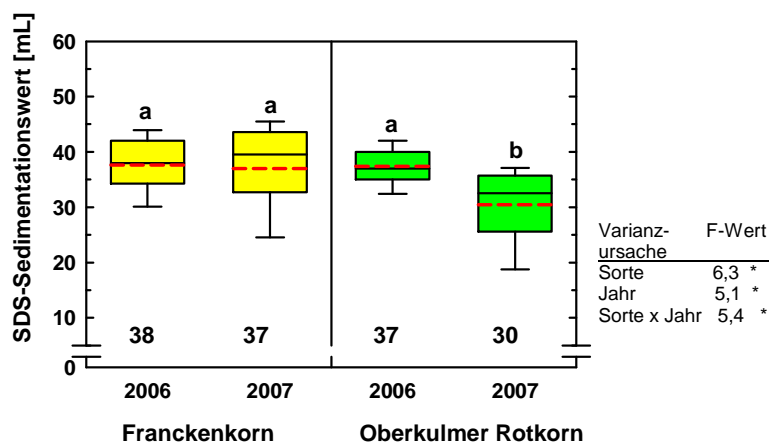
**Abb. 6:** Spezifischer Feuchtklebergehalt der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007



**Abb. 7:** Glutenindex der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007

Die Beschaffenheit der Kleber, ausgedrückt in Form des Glutenindex, wurde sowohl durch die Sorte wie auch durch das Anbaujahr signifikant beeinflusst (Abb. 7). Die weicheren Klebereigenschaften der Sorte Oberkulmer Rotkorn waren im Jahr 2006 nur tendenziell und in 2007 deutlicher zu erkennen.

Die Charakterisierung der Proteinqualität anhand des SDS-Sedimentationswertes zeigte nur geringfügige Unterschiede zwischen den Sorten und Jahren (Abb. 8). Bei der Sorte Franckenkorn lagen die SDS-Sedimentationswerte in 2006 und 2007 auf gleichem Niveau, welches auch von der Sorte Oberkulmer Rotkorn im Jahr 2006 erreicht wurde. Letztere wies lediglich im Jahr 2007 im Durchschnitt etwas niedrigere SDS-Sedimentationswerte.



**Abb. 8:** SDS-Sedimentationswert der beiden Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in den Erntejahren 2006 und 2007

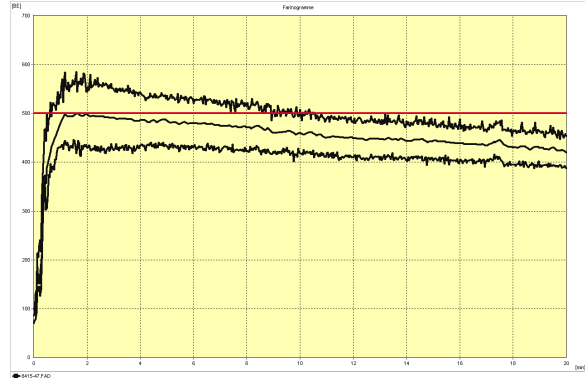
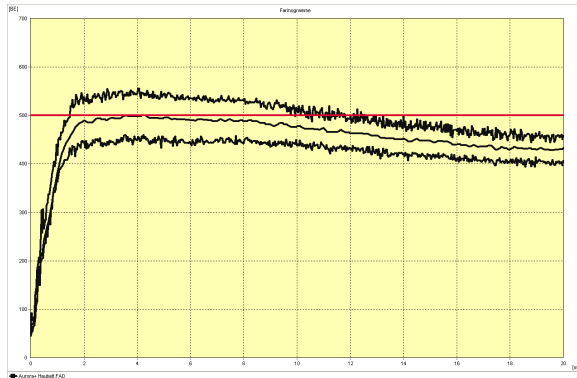
Die im Durchschnitt höheren Protein-, Feuchtkleber-, und spezifischen Feuchtklebergehalte der Sorte Oberkulmer Rotkorn finden sich im praktischen Backversuch jedoch nicht in höheren Backvolumina wider – weder bei dem Backversuch mit der Mehlmtype 630 (siehe Abb. 29) noch mit dem Vollkornmehl (siehe Abb. 38). Auch Korrelationsanalysen – getrennt für die beiden Sorten – erbrachten höchstens nur schwache Zusammenhänge (d.h. Bestimmtheitsmaße < 0,3) zwischen den hier untersuchten Charakteristika der Rohware und den Ergebnissen im Backversuch.

Die – insbesondere im Bereich des Weichweizens gängigen – Methoden zur Charakterisierung der Proteinquantität und Proteinqualität können zwar beim Dinkel verwendet werden, jedoch lassen die Analysenwerte – selbst bei Kenntnis der untersuchten Sorte – keine relativ zuverlässigen Einschätzungen der mutmaßlichen Backqualität zu.

Neben diesen analytischen Untersuchungen wurden rheologische Methoden zur Charakterisierung der Proben herangezogen. In Forschung, Entwicklung und Qualitätssicherung werden mit Hilfe rheologischer Untersuchungsmethoden die Rohstoffeigenschaften von Getreide und Getreidemahlerzeugnissen erfasst. Dabei scheinen nach gegenwärtigem Kenntnisstand Untersuchungen mittels Brabender-Farinographen und Brabender-Extensographen auch für Dinkelmahlerzeugnisse erfolgsversprechende standardisierte Untersuchungsmethoden darzustellen. Die Vorteile dieser im Besonderen bei Weizen sehr weitverbreiteten Untersuchungsmethoden liegen im geringen Materialbedarf und in der schnellen Versuchsdurchführung. Die Untersuchungsergebnisse sollen schon vor Erzeugung der Mühlenmischung, jedoch spätestens vor Auslieferung an die Backwarenhersteller erste Verarbeitungshinweise für die bäckeryische Praxis liefern. Vielfach

münden diese Untersuchungsergebnisse auch in die Erstellung von Rohstoffspezifikationen und stellen damit Mindestanforderungen beim Wareneinkauf dar.

Die rheologischen Untersuchungen wurden in Anlehnung an die ICC-Standardmethoden 115/1 (Farinograph) und 114/1 (Extensograph) an allen Dinkeltypenmehlen der Ernten 2006 und 2007 durchgeführt. An Dinkelvollkornmehlen wurden die Wasseraufnahmen der Mehle



im Farinographen ermittelt.

Weizenmehl (Type 550)		Dinkelmehl (Type 630)	
Konsistenz [BE]	503	Konsistenz [BE]	492
Wasseraufnahme (500 BE) [%]	60,5	Wasseraufnahme (500 BE) [%]	53,0
Wasseraufnahme (14,0 %) [%]	60,1	Wasseraufnahme (14,0 %) [%]	52,5
Teigentwicklungszeit [min]	4,3	Teigentwicklungszeit [min]	1,7
Stabilität [min]	10,2	Stabilität [min]	9,8
Teigerweichung [BE]	22	Teigerweichung [BE]	40
Teigerweichung (ICC) [BE]	60	Teigerweichung (ICC) [BE]	55
Farinograph Qualitätszahl	111	Farinograph Qualitätszahl	81

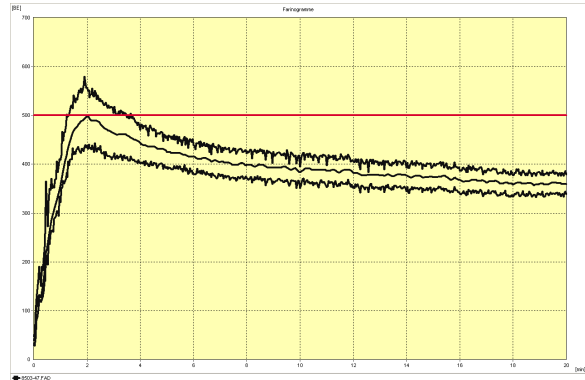
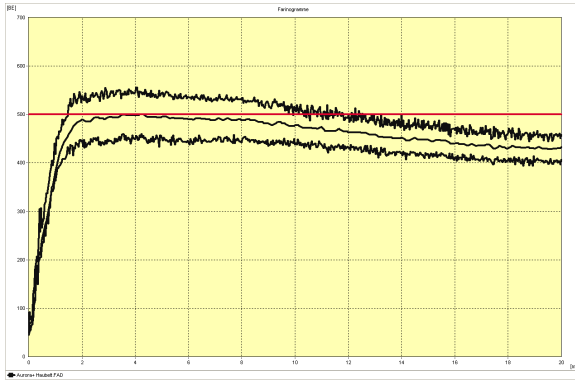
**Abb. 9:** Beispielhafter Vergleich zwischen Farinogrammen mit Weizenmehl (Type 550) und mit Dinkeltypenmehl der Sorte Franckenkorn (8415/47)

In der Abb. 9 wird aufgezeigt, dass Modellteige mit Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Franckenkorn zu Modellteigen mit Typenmehlen aus Weichweizen vergleichbare rheologische Eigenschaften besitzen können.

Die folgende Abbildung weist die mittels Farinographen erfassten Unterschiede in Knetkurven von Modellteigen aus Weizentypenmehl und Dinkeltypenmehl der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus. Die rheologischen Untersuchungen geben erste Hinweise darauf, dass die mit Typenmehlen aus der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn erstellten Modellteige eine geringere Teigstabilität bei einer deutlich erhöhten Teigerweichung im Vergleich zu Weizenmehlteigen ausweisen dürften.

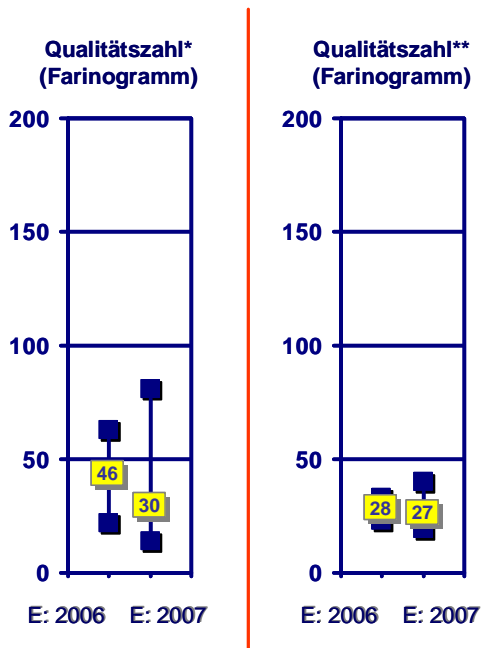
Die mittels Brabender-Farinographen ermittelten Qualitätszahlen weisen bei Modellteigen aus der Dinkelsorte Franckenkorn im Vergleich zur Sorte Oberkulmer Rotkorn eine größere Streuung auf, wenngleich die mittleren Qualitätszahlen bei der Ernte 2007 auf vergleichbarem Niveau lagen. Deutlichere Unterschiede zeigten sich an dem Prüfmaterial aus der Ernte 2006.





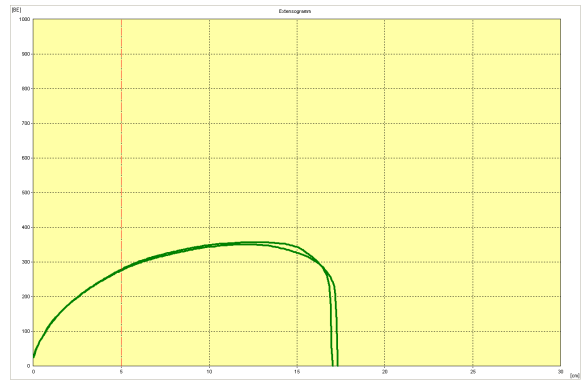
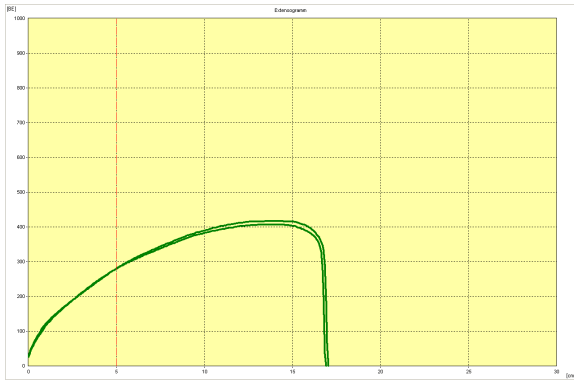
Weizenmehl (Type 550)		Dinkelmehl (Type 630)	
Konsistenz [BE]	503	Konsistenz [BE]	520
Wasseraufnahme (500 BE) [%]	60,5	Wasseraufnahme (500 BE) [%]	58,6
Wasseraufnahme (14,0 %) [%]	60,1	Wasseraufnahme (14,0 %) [%]	58,0
Teigentwicklungszeit [min]	4,3	Teigentwicklungszeit [min]	2,0
Stabilität [min]	10,2	Stabilität [min]	2,2
Teigerweichung [BE]	22	Teigerweichung [BE]	116
Teigerweichung (ICC) [BE]	60	Teigerweichung (ICC) [BE]	124
Farinograph Qualitätszahl	111	Farinograph Qualitätszahl	28

**Abb. 10:** Beispielhafter Vergleich zwischen Farinogrammen mit Weizenmehl (Type 550) und mit Dinkeltypenmehl der Sorte Oberkulmer Rotkorn (8503/47)



**Abb. 11:** Mittels Brabender-Farinographen ermittelte Qualitätszahlen an Dinkeltypenmehlen aus den Sorten Franckenkorn (\*) und Oberkulmer Rotkorn (\*\*) der Ernten 2006 und 2007. Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

Die Dehnungseigenschaften von Modellteigen aus Dinkeltypenmehlen der Ernten 2006 und 2007 sollten mittels Brabender Extensogramm ermittelt werden. Während diese Untersuchungsmethode bei allen Dinkelmehlen (Type 630) der Sorte Franckenkorn anwendbar war, musste die Versuchsdurchführung bei allen Modellteigen aus der Sorte Oberkulmer Rotkorn erfolglos abgebrochen werden. Die Teigeigenschaften ließen eine Erfassung von Belastungs-Dehnungskurven im Extensographen nicht zu.



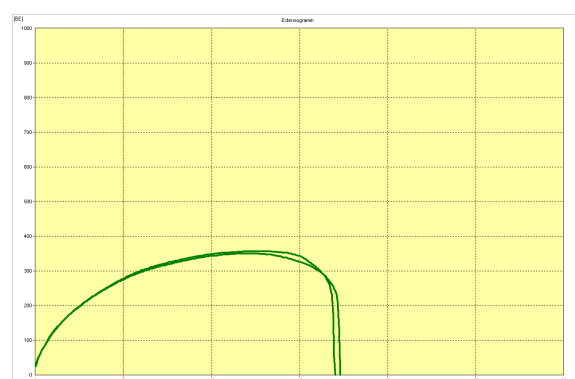
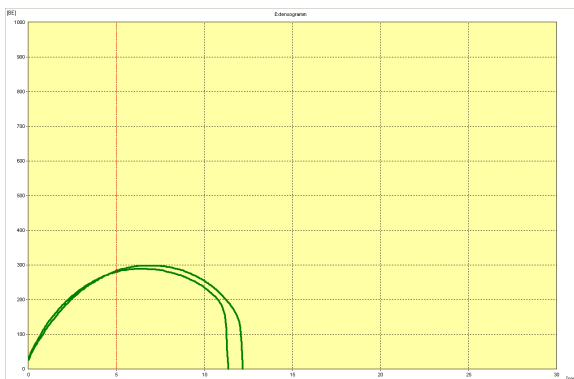
### Weizenmehl (Type 550)

Messung nach	135 min
Wasseraufnahme:	58 %
Energie [cm <sup>2</sup> ]:	95
Dehnwiderstand [BE]:	280
Dehnbarkeit [mm]:	170
Maximum [BE]:	412
Verhältniszahl:	1,6

### Dinkelmehl (Type 630)

Messung nach	135 min
Wasseraufnahme:	50,5 %
Energie [cm <sup>2</sup> ]:	87
Dehnwiderstand [BE]:	276
Dehnbarkeit [mm]:	172
Maximum [BE]:	353
Verhältniszahl:	1,6

**Abb. 12:** Beispielhafter Vergleich zwischen Extensogrammen mit Weizenmehl (Type 550) und mit Dinkeltypenmehl der Sorte Franckenkorn (8415/47)



### Dinkelmehl (Type 630) 8412/47

Messung nach	135 min
Wasseraufnahme:	46 %
Energie [cm <sup>2</sup> ]:	48
Dehnwiderstand [BE]:	282
Dehnbarkeit [mm]:	118
Maximum [BE]:	293
Verhältniszahl:	2,5

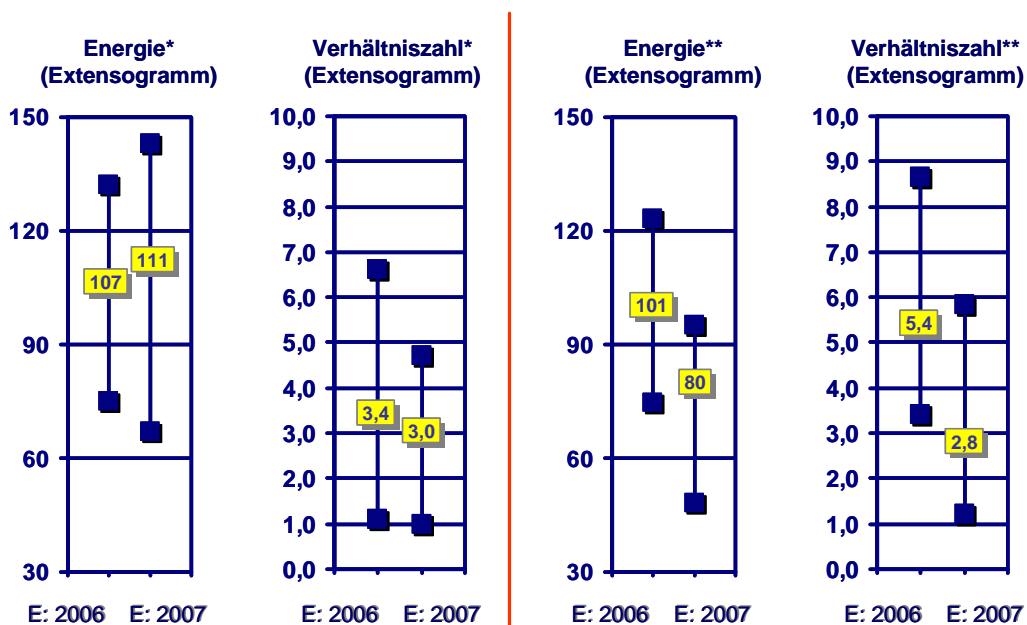
### Dinkelmehl (Type 630) 8415/47

Messung nach	135 min
Wasseraufnahme:	50,5 %
Energie [cm <sup>2</sup> ]:	87
Dehnwiderstand [BE]:	276
Dehnbarkeit [mm]:	172
Maximum [BE]:	353
Verhältniszahl:	1,6

**Abb. 13:** Beispielhafter Vergleich zwischen Extensogrammen mit Dinkeltypenmehlen (Type 630) unterschiedlicher Qualität der Sorte Franckenkorn

Die vorab dargestellten Messkurven sollen die möglichen Qualitätsunterschiede sortenreiner Dinkeltypenmehle aus der Dinkelsorte Franckenkorn und damit erste Hinweise auf zu erwartende Unterschiede im Backverhalten repräsentieren.

Das folgende Diagramm (Abb. 14) zeigt die an Weizenhandelsmehlen der Type 550 und die an Dinkeltypenmehlen (Type 630) im Brabender-Extensographen ermittelten Untersuchungsergebnisse. Besonders deutlich sind die mit „Energie“ bezeichneten Unterschiede in den Flächen unter den Dehnungskurven im Extensogramm des Erntejahres 2007. Die im Extensogramm erfassten Verhältniszahlen deuten für das Erntejahr 2006 bei Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Franckenkorn auf eine gewisse „Kürze“ in den viskoelastischen Teigeigenschaften hin. Dabei ist ferner zu berücksichtigen, dass es sich bei den Weizenhandelsmehlen um mit Ascorbinsäure behandelte Mehle, und bei den Dinkelmehlen um unbehandelte Typenmehle handelt, wodurch die Rohstoffcharakteristika noch deutlicher herausgestellt werden können.



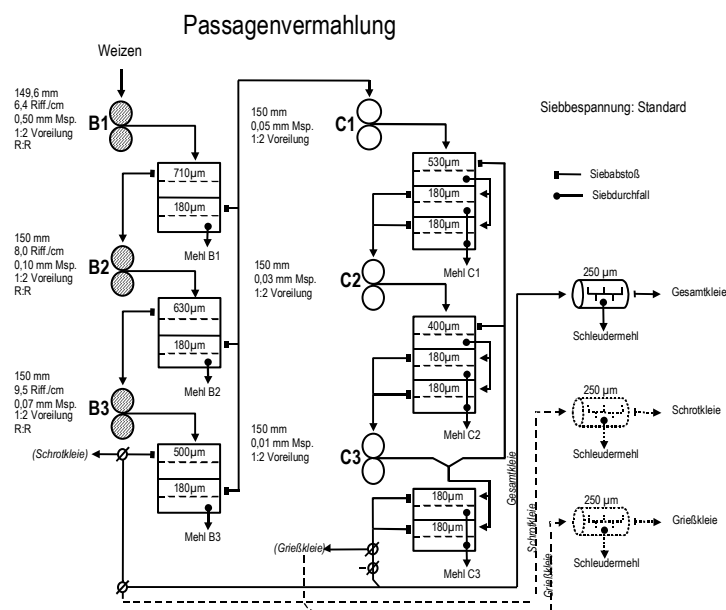
**Abb. 14:** Ausgewählte Kenndaten rheologischer Untersuchungen an Weizenhandelsmehlen (\*) und Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Franckenkorn (\*\*) der Ernten 2006 und 2007. Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

Da Vollkornmehlteige stofflich komplexer zusammengesetzt sind als Typenmehlteige und rheologische Messungen ein möglichst homogenes Stoffsystem voraussetzen, sind Belastungs-Dehnungsmessungen an derartigen Modellteigsystemen mit Dinkelvollkornmehlen nach orientierenden Vorversuchen nicht weiter durchgeführt worden. Neben möglichen Schwierigkeiten in der Ergebnisinterpretation ist gleichfalls zu bedenken, dass schon bei Modellteigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn die Bestimmung viskoelastischer Eigenschaften nicht möglich und demzufolge kein zusätzlicher Erkenntnisgewinn nach Dehnversuchen von Dinkelvollkornmehlteigen im Brabender-Extensographen zu erwarten war.

5.3.3 Qualitätsfördernde Vermahlung

### 5.3.3 Qualitätsfördernde Vermahlungsparameter

Die qualitätsfördernden Verarbeitungsparameter sind zu evaluieren. Unter qualitätsfördernde Parameter werden die technisch organisatorischen Maßnahmen der Qualitätslenkung bei der Verarbeitung von Dinkel verstanden. Zur Festlegung von qualitätswirksamen Handlungsweisen in der Verarbeitung müssen die dinkeltypischen Eigenschaften oder Funktionalitäten, die letztlich den Genuss- und Geschmackswert begrenzen oder bestimmen, bekannt sein und beachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die im Rohdinkel verankerten Qualitätsdeterminanten für die Lebensmittelqualität durch die Anbau- und Erntebedingungen je nach phänotypischer Stabilität variieren. Bei der Umwandlung von Rohdinkel in hochwertige Lebensmittel müssen die Bedingungen der **Schälung** und **Vermahlung** so gelenkt werden, dass die qualitätsbestimmende Funktionalität von Dinkel im Mittelpunkt steht. Unter den Ansprüchen des Forschungsvorhabens, einen Leitfaden zur Verarbeitung und zum Anbau von ökologischem Dinkel zu erstellen, ist dieser Ansatz eine besondere prozesstechnische und organisatorische Herausforderung, da bislang weder für die Schälung von Dinkel noch für die Herstellung der Dinkel-Mehltype 630 standardisierte Methoden existieren, die einen Vergleich der Ergebnisse zulassen. Vor diesem Hintergrund wurden für die ersten Verarbeitungsschritte der Schälung und Vermahlung Standardverfahren für Dinkel entwickelt (siehe Zwischenbericht vom 30.11.2007). Das Standard-Mahlverfahren für Dinkel ist nach folgendem Schema durchzuführen:

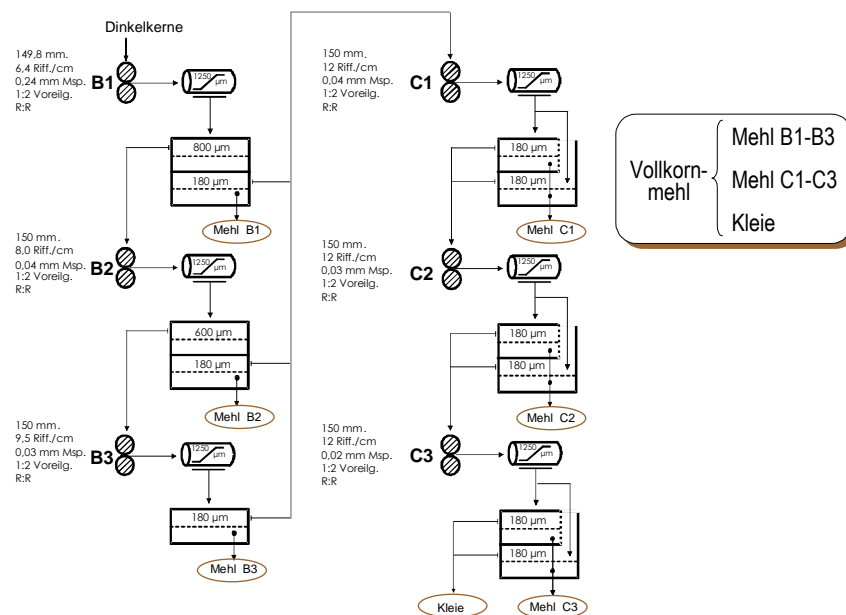


**Abb. 15:** Standard-Mahlverfahren mittels Bühler-Mahlautomat MLU-202 und Labor-Kleieschleuder, Typ MLU-302 sowohl für die Dinkelmehltype 630 als auch ohne Kleieschleuder für die Herstellung von Vollkornmehl nach dem Kurzmahlverfahren.

### 5.3.3.1 Mahlverfahren der Vollkornmehlherstellung

Im weiteren Verlauf des Vorhabens wird der qualitätsfördernde Einfluss durch praxisübliche mahltechnische Modifikationen auf Dinkelbrot untersucht. Dazu wurde das neue Mahlverfahren (Abb. 15), wie im Zwischenbericht vom 30.11.2007 beschrieben, für die Herstellung von Typenmehl, aber auch für Dinkelvollkornmehl (dort als Kurzmahlverfahren B bezeichnet) verwendet. Für Dinkelvollkornmehl wurde ein mit 12 Mahlungen (6 Riffelwalzen-Passagen + 6 unterstützende Prallmaschinen) ausgestattetes Diagramm als das eigentliche Vollkornmehl-Standardmahlverfahren entwickelt (Abb. 16).

Nach den Erfahrungen mit Weizen stellt dieses Diagramm ein für Weizenvollkornmehl vorteilhaftes Mahlverfahren dar, bei dem die Kleie weitgehender zerkleinert wird als im Kurzmahlverfahren B. Neben diesen beiden Mehlpassagen-Mahlverfahren wurde für die Versuche ein Kombinationsmahlverfahren gewählt, bei der die nach dem Kurzmahlverfahren B fraktionierten B-Mehle (B1 + B2 + B3) und Grießmehle (C1 + C2 + C3) in einer Prallstufe nachzerkleinert und dann mit der Schrot- und Grießkleie zu einem Vollkornmehl zusammengeführt wurden. Dieses Verfahren zur Vollkornmehlherstellung wird als Vermahlung C bezeichnet. Das Kurzmahlverfahren B zielt auf die geringere Stärkebeschädigung und griffigere Mehle ab, das Kombinationsverfahrens C fördert indes die Bildung von hoch aufgelösten feinen bis wolligen Mehlen, die mechanische Stärkebeschädigung und in der Phase der Teigbereitung die Wasseraufnahme.



**Abb. 16:** Standard-Mahldiagramm für Dinkel-Vollkornmehl mit 12 Mahlungen (Vermahlung A)

Darüber hinaus wurden zwei weitere typische Zerkleinerungsverfahren für die handwerkliche Vollkornmehlherstellung eingesetzt, die auch in Biobäckereien häufiger Anwendung finden. Dies sind das Prallmahlverfahren (Typ Mühlomat 100 nach Lechner) mit vorgelegtem 500 µm Sieb und die Zyklonschleifmühle (Typ Zentrofan). Die Bewertung der fünf unterschiedlichen Verfahren der Vollkornmehlherstellung erfolgte an den jeweiligen Mahlprodukten durch vergleichende Charakterisierung der mahltechnisch und backtechnisch relevanten Ergebnisse.

---

Vermahlung <b>A</b> :	Standardmahlverfahren als 6-stufige Passagenvermahlung mit insgesamt 12 Zerkleinerungsschritten (6 Riffelwalzen und 6 unterstützend arbeitende Prallauflöser) (Bühler MLU 202, technisch erweitert).
Vermahlung <b>B</b> :	Kurzmahlverfahren als 6-stufige Passagenvermahlung mit insgesamt 6 Zerkleinerungsschritten (3 Riffelwalzen und 3 Glattwalzen) (Bühler MLU 202).
Vermahlung <b>C</b> :	Kombination aus Passagen- und Prallvermahlung, wie <b>B</b> , jedoch zusätzlich mit Endospermmehl-Prallung (Hosokawa-Alpine Sichtertermühle ZMP 50)
Vermahlung <b>D</b> :	Prallmahlverfahren (Typ Mühlomat 100): die Endfeinheit ergibt sich aus der Kornhärte, Sieblochung und Prallgeschwindigkeit.
Vermahlung <b>E</b> :	Zyklon-Schleifmühle (Typ Zentrofan): die Endfeinheit ergibt sich aus dem spezifischen Gewicht der sich auflösenden Partikel, den Fliehkräften und der Steinrauhigkeit.

---

**Abb. 17:** Übersicht der Mahlverfahren für die Vollkornmehlherstellung aus Dinkel

In dieser orientierenden Studie wurden vier heimische Öko-Dinkelherkünfte aus dem Bio-land-Anbau aus dem Erntejahr 2007 von unterschiedlichen Anbaustandorten verwendet. Von beiden Sorten (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn) wurde jeweils eine Probe mit hohem und eine mit niedrigem Proteingehalt ausgewählt. Die unterschiedlichen Dinkelherkünfte wurden kornanalytisch untersucht (Tab. 2) und nach den beschriebenen Vermahlungsprinzipien sortenrein zu unterschiedlichen Vollkornmehlen und zu dem Mehl der Type 630 vermahlen. Die Mahlprodukte wurden analytisch und backtechnologisch nach Standardmethoden bewertet. Bei den Typenmehlen wurde zusätzlich die Wirkung der Mehltreife auf die technofunktionalen Eigenschaften und das Backverhalten untersucht.

### 5.3.3.2 Rohstoffqualität der ausgewählten Dinkelpartien

Die Dinkelkerne aus den Sorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn unterscheiden sich in den Protein- und Klebergehalten und in der Kornhärte, im Mineralstoffgehalt, in der Fallzahl und Eiweißqualität, die durch den SDS-Sedimentationswert und durch den Glutenindex charakterisiert werden (Tab. 2). Die Qualität entsprach weitgehend den Erwartungen an diesen Rohstoff, allerdings liegen die Gelbpigmentgehalte auf einem für Dinkel recht hohen Niveau von ca. 0,45 mg/100 g TS. In der äußeren Beschaffenheit und im Geschmacks- und Aromaprofil wurden alle Proben als dinkeltypisch beurteilt.

**Tab. 2:** Qualitätsmerkmale der verwendeten Dinkelherkünfte

Dinkel-Vollkornmehl quantitative und qualitative Daten	Rohstoffe für Dinkel-Vollkornmehl und -Typenmehl, Ernte 2007			
	Franckenkorn FK		Oberkulmer Rotkorn OR	
	8415/47	8422/47	8503/47	8510/47
Kornanalytische Werte				
NIR Kornhärte	47	45	50	49
Mineralstoffgehalt, % TS	2,37	2,15	2,07	2,06
Fallzahl, s	362	345	232	321
Proteingehalt, % TS	14,6	11,3	16,2	13,9
Klebergehalt, % [ICC 155]	33,3	21,8	42,6	31,0
Gluten-Index [ICC 155]	43	32	36	41
SDS-Sedimentationsvolumen, mL	53	49	38	20
Relatives SDS-Sedi., mL *)	3,6	4,3	2,3	1,5
Gelbpigmentgehalt, mg/100g TS	0,426	0,475	0,458	0,464






\*) SDS-Sedimentationsvolumen / Proteingehalt

Die vier Dinkelherkünfte haben insgesamt für die Verarbeitung zu Brot unproblematische Qualitätswerte, weshalb sie für die Studie als geeignet ausgewählt worden sind. Der Proteingehalt der Ertragssorte Franckenkorn ist mit 11,3 % TS niedrig, jedoch für ökologische Anbaubedingungen nicht ungewöhnlich. Da es sich bei den Auswahlproben nur um vier Einzelherkünfte aus dem Erntejahr 2007 handelt, hat dieser Teil der Studie im wissenschaftlichen Erklärungswert nur einen eingeschränkten orientierenden Charakter. Die realen Verhältnisse in der Praxis können bekanntlich nicht mit vier Proben reflektiert werden. Hier geht es vielmehr um erkennbare Trends, aus denen sich Handlungsempfehlungen für den richtigen Umgang mit Dinkel ableiten lassen.

### 5.3.3.3 Äußere Qualitätsmerkmale der hergestellten Vollkornmehle

Die in den folgenden vier Tabellen aufgestellten Werte der Vollkornmehle unterstreichen, dass die Qualität und Eigenschaften der in Tabelle 2 aufgeführten Vollkornmahlerzeugnisse durch einige weitere Kriterien ergänzt werden können, die für die Qualität der daraus herzustellenden Backwaren relevant sein dürften. Dies sind technofunktionale Beschaffenheitsmerkmale, die im unterschiedlichen Maße durch die ausgewählten charakteristischen Zerkleinerungs- und Vermahlungsprinzipien geprägt werden.

**Tab. 3:** Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Franckenkorn, hoher Proteingehalt)

Franckenkorn / FK Proteingehalt: 14,6 % TS						
Mahlverfahren		Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710µm) %		4,2	22,4	▶ **	2,4	**
Siebanalyse (> 250µm) %		19,0	29,8	▶ **	36,6*	**
spez. Schüttgewicht, g / L		506	498	465	555	470
WRC, %		99,7	112,8	125,8	104,9	102,2
DSC	Desintegrationswärme, J/g TS	7,3	8,1	7,6	7,6	6,6
OIT / min (sotherm185°C)		4,1	3,4	3,0	7,4	13,5
Oxidationsintensität, mW/g		13,3	21,2	26,4	4,5	10,3






\* halbe Aufgabemenge da Siebe teilweise verstopfen; \*\* Siebe verstopfen vollständig, keine Werte

In Tabelle 3 und 4 sind die spezifischen Eigenschaften der sortenreinen, nach Proteingehalten getrennten Dinkelvollkornmehle je nach Mahlverfahren gegenübergestellt. Bereits in der Eigenschaft der Mahlerzeugnisse unterscheiden sich die Genotypen Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn deutlich. Danach variieren innerhalb der angewandten Passagenmahlungen A und B die beiden Franckenkorn-Herkünfte sowohl in den Ergebnissen der Kontrollsiebung als auch der spezifischen Schüttgewichte dahingehend, dass bei hohem Proteingehalt etwas gröbere Mahlprodukte mit tendenziell geringerem spezifischen Gewicht gebildet werden als bei Franckenkorn mit geringem Kornproteingehalt. Indessen entstehen bei Oberkulmer Rotkorn bei Anwendung des Walzenmahlverfahrens solche Unterschiede nicht (Tab. 5 und 6). Hier gehen offenbar die Qualitätsmerkmale Kornhärte und Proteingehalt unterschiedlich ein.

Die Tabellen 3 und 4 verdeutlichen weiter, dass innerhalb einer bestimmten Inhaltsstoffzusammensetzung je nach angewandtem Mahlprinzip die Vollkornmehle sehr unterschiedliche Farb-Grundtöne ergeben, die mit der resultierenden Feinheit der Kleie in Zusammenhang stehen. Die Gegenüberstellung zeigt auch, dass im Vergleich zum Kurzmahlverfahren B das mit doppelt so vielen Zerkleinerungsstufen ausgestattete Standardverfahren A eine feinere Kleie liefert (geringere Rückhaltmengen auf den Kontrollsieben). Diese Aussage gilt für die Franckenkorn-Auswahlproben unabhängig vom Kornproteingehalt. Die Farbe der Vollkornmehle unterscheidet sich bei feiner Kleie im Grundton von bräunlich (Standardverfahren A) nach hellbeige bis weißlich (Kurzmahlverfahren B) bei gröberer Kleie (siehe Abbildungen in den Tabellen).



**Tab. 4:** Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Franckenkorn, niedriger Proteingehalt)

Franckenkorn / FK Proteingehalt: 11,3 % TS						
Mahlverfahren		Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710 µm) %		5,2	19,0	→ **	3,1	**
Siebanalyse (> 250 µm) %		18,4	26,2	→ **	44,0*	**
spez. Schüttgewicht, g / L		531	525	477	561	463
WRC, %		98,6	101,3	128,5	98,3	96,3
DSC	Desintegrations-Wärme, J/g TS	7,8	7,7	8,0	7,9	7,3
OIT / min (isotherm 185°C)		3,6	3,6	2,9	6,9	19,2
Oxidations-Intensität, mW/g		20,5	24,2	23,1	6,5	11,9

\* halbe Aufgabemenge da Siebe teilweise verstopfen; \*\* Siebe verstopfen vollständig, keine Werte






Dass die auf Hammer- oder Prallmühlen zerkleinerten Mahlerzeugnisse bekanntlich höhere Schüttgewichte aufweisen als solche mit Mahlwalzenstühlen hergestellte, bestätigen die vorliegenden Ergebnisse aus dem Prallmühlenversuch D (Tabellen 3 - 6). Dieses Zerkleinerungssystem wird in vielen kleineren Öko-Betrieben (Mühlen wie Bäckereien) verwendet. Im Gegensatz zur Zyklonschleifmühle E (Zentrofan-Mühle) können hier Chargen bis zu 300 kg problemlos und effizient zu feinem Vollkornmehl verarbeitet werden. Nach den Siebanalysen haben Prallmühlen D Vollkornmehle einen hohen Dunstanteil (>250 µm). Die Kleien sind im Vergleich zum Kurzmahlverfahren B, aber auch zum Standardmahlverfahren A feiner, was seine Entsprechung in dem bräunlichen Grundton dieses Vollkornmahlerzeugnisses bei beiden Dinkelsorten findet (siehe Abbildungen in Tab. 3 - 6).

Die für Franckenkorn festgestellten Eigenschaften der Dinkelvollkornmehle werden in ähnlicher Weise auch bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn bestätigt. Danach ergeben sich im Standardmahlverfahren A stets feinere Kleiefractionen gegenüber dem Kurzverfahren B. Auch hier ist der Grundton der Vollkornmehle in Abhängigkeit der Kleiefinheit so verändert, dass das Prallmühlen-Vollkornmehl einen bräunlichen Grundton aufweist. Im Vergleich dazu ist bei den mittels Zyklonschleifmühle hergestellten FK- und OR- Vollkornmehlen der Grundton heller, trotz der feinen Kleieteilchen, die in diesen Vollkornmehlen nicht mehr erkennbar sind. Der helle Grundton wird vornehmlich durch das in der Zyklonschleifmühle E ultrafein zerkleinerte Endosperm geprägt (Tab. 3 - 6).

Einen Sonderfall für die Vollkornmehlherstellung stellt die Kombinationsvermahlung C dar, bei der die Walzen-Endospermmehle geprallt werden, bevor sie mit den Kleiefractionen zu einem Vollkornmehl wieder vereint werden. Bei diesen Vollkornmehlen scheiterte aus technischen Gründen die Erfassung der Grobfractionen, da auf dem Sieb so genannte kugelige Aufbauagglomerate entstanden, die den Klassifizierungsvorgang störten (Tab. 3 - 6). Außerdem setzten sich die Siebe infolge der hohen Mehlfeinheit nach kurzer Zeit zu. Der auffällige hell-weißliche Grundton dieser Vollkornmehle ist ebenfalls durch die sehr hohe Feinheit des Endospermmehls zu erklären, da bei sonst gleicher Eigenschaft feine Partikel mehr Licht reflektieren und daher heller wirken. Um auch bei den Vollkornmehlen aus der Kombinationsvermahlung C Werte für die Anteile an Grob- und Feinkleie zu erhalten, können die Siebrückhalte aus dem Kurzmahlverfahren B herangezogen werden, da dieser Anteil an

Schrot und Grießkleie dem C-Vollkornmehl weitgehend entspricht (Tab. 3 - 6). Im Vergleich zu den Vollkornmehlen aus dem Kurzmahlverfahren B fallen die Kleiepartikel aus der Kombinationsvermahlung C bei dem sehr hellen Grundton der fein zerkleinerten Endospermfraktion des Vollkornmehls visuell deutlicher ins Auge.

**Tab. 5:** Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Oberkulmer Rotkorn, hoher Proteingehalt)

Oberkulmer Rotkorn / OR Proteingehalt: 16,2 % TS						
Mahlverfahren		Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710 µm) %		4,2	17,5	→ **	1,6	**
Siebanalyse (> 250 µm) %		17,9	25,5	→ **	42,0*	**
spez. Schüttgewicht, g / L		538	514	454	558	429
WRC, %		95,8	98,1	112,6	95,0	96,8
DSC	Desintegrationswärme, J/g TS	7,2	8,0	7,7	7,7	7,0
OIT / min (isotherm 185°C)		3,6	3,7	3,0	6,1	8,3
Oxidations-Intensität, mW/g		32,2	37,0	21,5	18,4	44,1

\* halbe Aufgabemenge da Siebe teilweise verstopfen; \*\* Siebe verstopfen vollständig, keine Werte

Der Grundsatz, dass auf Mahlwalzen niedrigere Mahlerzeugnis-Schüttgewichte erreicht werden als auf Hammer- oder Prallmühlen, bestätigt sich in dieser Vermahlungsstudie auf eindeutige Weise. So entstehen durch die Prallvermahlung D eher scharfkantige kompakte Partikel, die unabhängig von der ausgewählte Dinkelsorte und -qualität als Partikelkollektiv ein sehr hohes spezifisches Schüttgewicht erlangen. Umgekehrt verringert sich das spezifische Schüttgewicht beträchtlich durch die Kombination des Walzenmahlverfahrens mit ergänzender Prallung der Passagenmehle (Vermahlung C). In der taktilen oder haptischen Wahrnehmung werden solche Vollkornmehle als luftig locker und wollig wahrgenommen. Diese Eigenschaft scheint von der ausgewählten Dinkelsorte oder -qualität unabhängig zu sein, da kaum Sortenunterschiede zu bemerken waren (Tab. 3 - 6).

Luftig lockere bis wollige Dinkel-Vollkornmehle werden ebenfalls durch Anwendung des abrasiv wirkenden Zyklonschleifprinzips erreicht, bei der das Mahlgut durch gezielte strömungstechnische Verwirbelung mit der Prozessluft an einem unbewegten ringförmigen Mahlstein bearbeitet wird. Dabei reibt sich das Getreidekorn von außen nach innen so lange an dem rauen Mahlstein ab, bis letztlich die Partikel ein spezifisches Gewicht und eine Feinheit erlangen, dass sie mit der Luft aus dem Mahlsystem abtransportiert werden. Durch den innigen Kontakt der einzelnen Feinpartikel mit dem Sauerstoff der Prozessluft soll es zur Oxidation kommen, die nach Praxisberichten die Eigenschaft des oft problematischen weichen Dinkelklebers optimieren. Da dieses außergewöhnliche Mahlverfahren den Bedarf an ascorbinsäurehaltigen Teigzusätzen (z.B. Acerolakirschsafteflösung) wie bei einer natürlichen Mehltreifung senkt, hat es den Charakter eines „Reifemahlverfahrens“.

#### 5.3.3.4 Technofunktionale Eigenschaften der hergestellten Vollkornmehle

Die mechanische Strukturauflösung des Einzelkorns wird in den technofunktionalen Eigenschaften reflektiert, die mit der Wasseraufnahme und dem Oxidationsverhalten im Zusammenhang stehen. Durch die mechanische Desintegration bei der Zerkleinerung verändern beispielsweise die hydrokolloidal wirkenden Quellstoffe und die Stärke ihre Wasserbindungseigenschaft. Dies lässt sich mit der Water-retention-capacity (WRC) darstellen. Hierbei wird das Mehl im deutlichen Wasserüberschuss bei Raumtemperatur angerührt, zentrifugiert und die überstehende Flüssigkeit dekantiert. Das Wasserrückhaltevermögen wird gravimetrisch bestimmt.

Während die siebanalytischen Werte und das spezifische Schüttgewicht weitgehend ähnlich sind, ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Dinkelsorten im quellstoff- und stärkebedingten Wasserrückhaltevermögen (WRC). Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Sorte Oberkulmer Rotkorn stets geringere Werte als die Sorte Franckenkorn anzeigt. Da dies für alle hergestellten Vollkornmehle gilt, liegt die Ursache hierfür in den höheren Stärkegehalten der Sorte Franckenkorn.





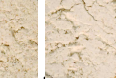
Bedingt durch die beim kombinierten Walzen-/Prallverfahren (Vermahlung C) hervorgerufene Feinauflösung des Endosperms ergaben sich bei den vier Dinkelvollkornmehlen höchste Werte für das WRC-Wasserrückhaltevermögen (Tab. 3 - 6). Methodenbedingt sprechen beim WRC-Verfahren vornehmlich die hydrokolloidalen Eigenschaften der Quellstoffe und der Stärke an. Da die Hydratation der Mehlpartikel bei dieser Methode im Wasserüberschuss erfolgt, entsteht keine Konkurrenz um das verfügbare Wasser, und eine Teig- und Kleberbildung wird verhindert. Somit ergänzt die WRC-Methode die im Vollkornbackversuch ermittelte Wasseraufnahme, bei der eine Teig- und Kleberbildung stattfindet. In Verbindung mit der Feinauflösung der Endospermmehle durch die Prallvermahlung (Tab. 3) zeigt FK-Vollkornmehl mit 14,6 % Proteingehalt eine Übereinstimmung in dem erhöhten WRC-Wert mit der erhöhten Teigausbeute.

Bei der härteren Sorte Oberkulmer Rotkorn gelang mit dem gleichen Mahlprinzip C hingegen die Übereinstimmung der WRC-Wasseraufnahme mit der backtechnischen Teigausbeute nicht (Tab. 5 - 6), obwohl auch hier die sehr niedrigen Schüttgewichte der Vollkornmehle eine hohe Strukturauflösung des Endosperms und eine hohe Teigausbeute erwarten ließen. Die im Backversuch sensorisch ermittelten Teigausbeuten (Tab. 9 und 10) waren eher unauffällig und reflektieren damit nicht die im WRC-Test festgestellte hohe Hydratation der feinen Mehlpartikel. Im Gegensatz hierzu brachte aber das Vollkorn-Standardmahlverfahren A leichte Vorteile in der bäckerisch ermittelten Teigausbeute (Tab. 9 - 10), obwohl hier wiederum die WRC-Wasserbindung der OR-Vollkornmehle aus dem Standardmahlverfahren A eigentlich nur durchschnittlich ausgefallen waren (Tab. 5 - 6).

Diese Diskrepanz macht deutlich, dass die für das Backgeschehen von Dinkel-Vollkornbrotten wirksamen Zusammenhänge zwischen dem Hydratationspotenzial der Mehlpartikel und der Wasseraufnahme bei der Teigbereitung von sehr komplexer Art sind. Hier sind die besonderen Herausforderungen zu sehen, bei denen auch sortenabhängige Einflüsse zu berücksichtigen sind. So tritt bei den OR-Vollkornmehlen mit den höheren Protein- und Klebergehalten gegenüber Franckenkornmehlen für die Wasseraufnahme die Bedeutung der mechanischen Strukturauflösung der Endospermfraktion und der Stärke in den Hintergrund. Bei der protein- und kleberschwächeren Ertragsorte Franckenkorn kann angesichts der höhe-

ren Stärkegehalte hingegen die Förderung der Hydratation Vorteile für die Wasseraufnahme im Teigbildungsprozess haben, was auch in den Ergebnissen zum Ausdruck kommt (Tab. 7 - 8). Dies wäre ein wichtiges Argument für eine sortenspezifische Dinkelvermahlung.

**Tab. 6:** Wirkung der Mahlverfahren auf technofunktionale Eigenschaften der Vollkornmehle (Oberkulmer Rotkorn, niedriger Proteingehalt)

Oberkulmer Rotkorn / OR Proteingehalt: 13,9 % TS						
Mahlverfahren		Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle E	Zyklonschleifmühle D
Siebanalyse (> 710 µm) %		3,7	16,6	→ **	1,3	**
Siebanalyse (> 250 µm) %		17,3	25,1	→ **	43,9*	**
spez. Schüttgewicht, g / L		529	512	461	582	450
WRC, %		95,2	98,7	100	94,9	92,9
DSC	Desintegrations-Wärme, J/g TS	7,5	7,7	6,8	7,4	6,3
OIT / min (isotherm 185°C)		4,5	4,5	2,8	11,2	12,5
Oxidations-Intensität, mW/g		14,5	23,0	15,5	14,2	37,0

\* halbe Aufgabemenge da Siebe teilweise verstopfen; \*\* Siebe verstopfen vollständig, keine Werte

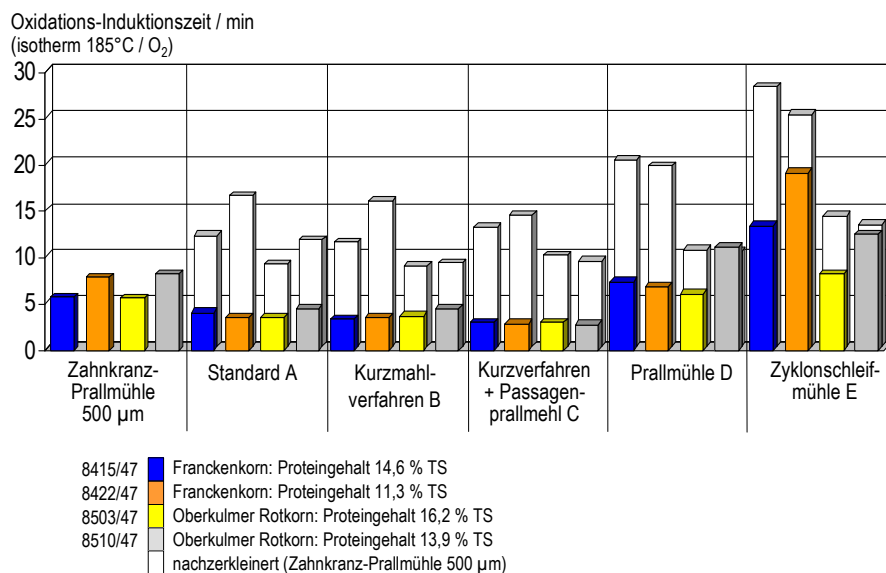
Bei den Zyklonschleifmühlen-Vollkornprodukten konnten erste Hinweise auf eine partielle Desintegration der Stärkekristalliten (partieller Verlust der nativen übermolekularen Struktur) bei allen vier Dinkelherkünften gefunden werden. Bei den nach dem Mahlverfahren E hergestellten Vollkornfeinmehlen wurden für die vollständige Stärkeverkleisterung stets die niedrigsten Desintegrationswärmen benötigt (Tabelle 3 - 6), da durch die vorangegangene Vermahlungsarbeit bereits ein Teil des übermolekularen Ordnungszustandes der Stärke aufgelöst war. Kennzeichnend für die Zyklonschleifmühlenprodukte war auch, dass nunmehr nicht nur die stärkereichen FK-Vollkornmehle leicht erhöhte Teigausbeuten erlangten, sondern auch die Mahlprodukte der Sorte Oberkulmer Rotkorn (Tab. 7 - 10). Damit tritt ein weiterer Aspekt in den Vordergrund, der bislang so noch nicht zu erkennen war: Verbesserung der Protein- und Kleberfunktionalität durch das Mahlverfahren, insbesondere bei protein- und kleberreichen Vollkornmehlen.

Während die Kombinationsvermahlung C die höchste Produktfeinheit für das proteinreiche FK-Vollkornmehl lieferte (Tab. 3), wurden bei OR-Vollkornmehl mittels Zyklonschleifmühle E das geringste spez. Schüttgewicht infolge der höchsten Strukturauflösung (Tab. 5) und im Backversuch eine überragende Teigausbeute erreicht (Tab. 9). Dabei ist offenbar der Proteingehalt ein weiterer Faktor, denn die OR-Vollkornmehle mit hohem Proteingehalt (Tab. 9) zeigten allgemein bessere Differenzierungen in den Teigausbeuten als bei niedrigem Proteingehalt (Tab. 10). Dies deutet an, dass das Potenzial für eine mahl- und backtechnische Optimierung bei einem höheren Protein- und Kleberniveau ausgeprägter sein kann als bei niedrigem Niveau.

Indessen scheint die Sorte Franckenkorn selbst bei sehr niedrigeren Proteingehalten ein gutes Optimierungspotenzial zu besitzen. Aus den vorliegenden Beobachtungen ergibt sich, dass die WRC-Wasserretention ein Indikator für die Feinauflösung der Vollkornmehle, insbesondere des stärkereichen Endosperms ist. Hierauf sprechen insbesondere die Vollkornmehle der vom Korn her weicheren Sorte Frankenkorn an. Trotz dieser Zusammenhänge ist die Wirkung der unterschiedlichen Mahlprinzipien auf die Wasseraufnahme von Dinkel-

Vollkornmehlen noch nicht vollständig erfasst und für eine abschließende Bewertung in dieser Orientierungsstudie zu komplex (weiterer Forschungsbedarf).

Die für das Backgeschehen wirksamen Teigeigenschaften werden bei der Herstellung der Vollkornmahlerzeugnisse durch die Art und Intensität der mechanischen Energieeinleitung beim Zerkleinerungsprozess modifiziert. Wesentliche Einflüsse kann dabei der in der Prozessluft beteiligte Sauerstoff haben. Hinweise aus der Praxis, dass weiche Dinkelteige mit nachlassenden Dehneigenschaften durch vorangehende Fluidisierung des Mehls (abhängig von Mehlfinheit und Sauerstoffangebot) backtechnisch optimiert werden können, gehen in die gleiche Richtung. Daher wurde nachfolgend an den vier Dinkelherkünften (Tab. 2) das durch den Vollkornmahlprozess induzierte Oxidationsverhalten geprüft. Dazu wurden die Mahlerzeugnisse in einem Wärmestrom-Zwillingskalorimeter nach der Dynamischen-Differenz-Kalorimeter Methode (DDK, engl. DSC) durch die Bestimmung der Oxidationsinduktionszeit (OIT) und der Oxidationsintensität charakterisiert. Beide Merkmale sind aufgrund der exothermen Oxidationsreaktion selektiv nachzuweisen.



**Abb. 18:** Wirkung der Mahlverfahren auf die Oxidationsanfälligkeit von Dinkelvollkornmehlen (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn) mit und ohne Nachzerkleinerung

Die Oxidationsinduktionszeiten der im den Walzenmahlverfahren A, B und im Kombinationsverfahren C (Walzen-/Prallvermahlung) hergestellten FK- und OR-Vollkornmehle liegen bei sehr ähnlichen niedrigen Werten, die für eine hohe Oxidationsbereitschaft stehen (Tab. 3 - 6, Abb. 18). Demzufolge zeigen die Vollkornmehle durch die mechanische Beanspruchung im Zuge ihrer Herstellung bei den nachfolgend im Wärmestromkalorimeter eingestellten Messbedingungen unter Sauerstoffatmosphäre bei konstant 185 °C bereits nach wenigen Minuten exotherme Oxidationsreaktionen. Da Reaktionen nicht nur von der Beschaffenheit der Dinkelsorte sondern vor allem von den Handlungsweisen bei der Herstellung der Vollkornmehle abhängen, sind die im Oxidationstest ermittelten Werte wichtige Indikatoren für die Bewertung der vorangegangenen Mahlprozesse. Das Prozessgeschehen bei der Zerkleinerung wird hierdurch transparenter. Die durch eine niedrige Induktionszeit angezeigte hohe Oxidationsbereitschaft wird also durch prozessbedingte Ereignisse oder das Ausbleiben von Ereignissen im Zuge der Vermahlung verursacht. Aus den Ergebnissen in den Tabellen 3 - 6 und in Abbildung 18 ist abzuleiten, dass die Walzenmahltechnik

gegenüber den anderen Verfahren ein besonders schonendes Bearbeitungsprinzip für die Dinkel-Zerkleinerung darstellt, da die OIT-Werte dieser Proben sehr niedrig sind.

Dass vorangegangene mahltechnische Eingriffe das Oxidationsverhalten bestimmen, zeigen auch die Resultate der Vollkornmehl-Nachbehandlung mittels Zahnkranzmühle. Der hohe Lufteintrag bei dieser Laborzerkleinerung dürfte oxidationsrelevante Stoffgruppen des Dinkels beeinflussen. Diese als Zusatzversuch angelegte „Nachzerkleinerung“ der A-, B- und C-Vollkornmehle führt in der Tat gegenüber den prä-existierenden OIT-Werten zu abweichenden höheren Werten. Demzufolge wird nunmehr ein durch die Nachbehandlung oxidationsstabilerer Status der Vollkornmehle erreicht (Abb. 18). Diese im Wärmestromkalorimeter gemessene geringere Oxidationsbereitschaft wird überwiegend als Folge des mahlprozessbedingten Verlustes an natürlichen oxidationsempfindlichen Substanzen, wie z.B. die in den Gelbpigmentgehalten des Dinkels zusammengefassten  $\beta$ -Carotinoide (vornehmlich Lutein) interpretiert.

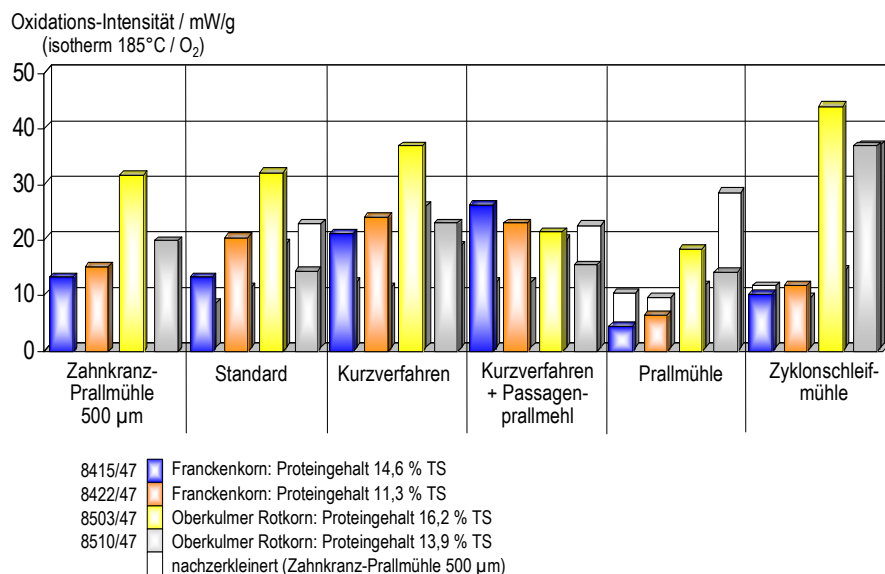
Durch die spezielle Nachzerkleinerung oxidieren die Vollkornmehle im Kalorimeter nun erst nach 8 - 16 min (2. Säulenreihe in Abb. 18). Insgesamt ergeben sich durch diese Zusatzversuche mit der Zahnkranzprallmühle bei nahezu sämtlichen Vollkornmehlen durch die intensiven mechanischen Einwirkungen unter Beteiligung von Luftsauerstoff höhere OIT-Werte, gleichbedeutend mit einer nunmehr geringeren Oxidationsbereitschaft. Gleichzeitig zeigt dieses Experiment klare Unterschiede bei Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn in der Oxidationsanfälligkeit auf. Danach erlangt FK-Vollkornmehl durch ausgeprägte prozessbedingte Oxidationsreaktionen in der Zahnkranzmühle stets eine höhere Oxidationsinduktionszeit als das OR-Vollkornmehl, das in dem Zusatzversuch nur schwach auf den Luftsauerstoff reagiert hat. Hieraus ist abzuleiten, dass die hergestellten protein- und kleberreichen OR-Vollkornmehle eine vergleichsweise geringere Anfälligkeit gegenüber Sauerstoff besitzen als die Produkte der Vergleichssorte Franckenkorn.

Dass Prallmühlenverfahren generell einen starken oxidationsfördernden Einfluss haben, kommt in diesen Experimenten ebenfalls klar zum Ausdruck. Sowohl die Anwendung des Prallmahlverfahrens D als auch des Zahnkranz-Prallverfahrens ruft bei den FK- und OR-Vollkornmehlen eine geringere Oxidationsbereitschaft hervor (höhere OIT-Werte) (Tab. 3 - 6, Abb. 18). Das mit hohen Luftdurchsatzraten arbeitende Prallmahlverfahren D erreicht bei den Vollkornmehlen mehr als doppelt so hohe Induktionszeiten, wie die aus den Passagenvermahlungen A, B und C (Tab. 3 - 6). Hier bestätigt sich, dass durch die Prallung oxidationsempfindliche Stoffe abgebaut werden, die in der nachfolgenden OIT-Messung nicht mehr reagieren und auf diese Weise die Oxidationsbereitschaft senken (höhere Stabilität). Diese geringere Anfälligkeit der Vollkornmehle nach dem Prallmahlverfahren D gegenüber Sauerstoff ist ein Indiz für den stattgefundenen Oxidationsprozess bei der Herstellung der Produkte (Tab. 3 - 6).

Aus den hohen OIT-Werten der Vollkornmehle lässt sich weiter ableiten, dass die mittels Zyklonschleifmühle E ultrafein hergestellten Vollkornmehle (Zentrofan-Vermahlung) prägnante Oxidationsprozesse während der Herstellung erfahren haben müssen. Da dabei leicht oxidierbare Bestandteile des Dinkels abgebaut und verflüchtigt werden, ergeben sich im Zwillingsskalorimeter ausgeprägt hohe Oxidationsinduktionszeiten, die während des Oxidationstestes eine geringere Oxidationsanfälligkeit anzeigen (Abb. 18). Gerade in diesem Beispiel sind die deutlichen Unterschiede innerhalb der Dinkelsorten kennzeichnend: Hohe

Oxidationsempfindlichkeit der stärkereichen FK-Vollkornmehle und tendenziell höhere Oxidationsstabilität bei den OR-Vollmehlprodukten mit hohem Proteingehalt (Tab. 3 - 6).

Unklar an den Ergebnissen dieser Dinkel-Vollkornmehlstudie ist die Wirkung des Proteingehalts. Ob geringere Proteingehalte ein geringeres Oxidationspotenzial aufweisen und ob erhöhte Proteingehalte gar eine fördernde Wirkung auf mahltechnisch induzierte Oxidationsreaktionen ausüben, kann hier nicht abschließend geklärt werden. Allerdings muss in dem Zusammenhang auch erwähnt werden, dass in dem Ergebnis die Partikelfestigkeit und -feinheit eingeht, die bekanntlich ebenfalls mit dem Proteingehalt variiert. Da die Oxidation von Mehlpartikelchen in erster Linie eine Oberflächenreaktion darstellt, sind die während des Mahlprozesses stattfindenden oxidativen Umsetzungen von den Oberflächen-/Volumenverhältnissen der Mehl-Einzelpartikel abhängig. So besitzen sehr feine und weiche Vollkornmehlpartikel eine in der Summe größere Oberfläche, die mit Sauerstoff reagieren kann. Dies sind nach den bisherigen Erfahrungen Produkte mit niedrigen Proteingehalten und Mehlpartikel mit geringerer Festigkeit. In Kenntnis dieser Zusammenhänge wurde zur Angleichung der Partikelgrößenverteilungen die Nachzerkleinerung mittels einer Labormühle (Retzsch-Zahnkranz-Prallmühle) für alle Vollkornmehle vorgenommen (Abb. 18 und 19).



**Abb. 19:** Wirkung der Mahlverfahren auf die Oxidationsintensität von Dinkel-Vollkornmehlen (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn) mit und ohne Nachzerkleinerung

Die Oxidationsintensität ist eine weitere spezifische Größe für das Oxidationsverhalten bei Vollkornmehlen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3 – 6 zusammengestellt. Auffällig sind die in den meisten Fällen gegenüber FK-Vollkornmehlen niedrigeren Oxidationsinduktionszeiten der ultrafeinen Vollkornmehle der Sorte Oberkulmer Rotkorn mit hohem Proteingehalt (Abb. 18), aber gleichfalls bei wesentlich höheren Oxidationsintensitäten (Abb. 19). Vollkornmehle, die mittels der Zyklonschleifverfahren E hergestellt wurden, oxidieren im Wärmestromkalorimeter bereits nach 8,3 min und erreichen dabei mit 44,1 mW/g eine mehr als dreifach höhere Oxidationsintensität als die Werte der entsprechenden FK-Vollkornmehle (Tab. 5, Abb. 19). Damit wird deutlich, dass OR-Vollkornmehle sehr intensiv und heftiger als Frankenkorn oxidieren können, wenn ein derartiges Mahlverfahren angewandt wird und die



Bedingungen wie im Kalorimetertest gegeben sind. Da solche Temperaturen nur beim Backen im Krustenbereich der Gebäcke erreicht werden, ist die direkte Übertragbarkeit der Resultate hier nicht gefragt. Vielmehr kommt es darauf an, über das prinzipielle Oxidationsverhalten von Vollkornmehlen die qualitätswirksamen Einflüsse zu beschreiben.

Die hohe Oxidationsintensität der OR-Vollkornmehle mit hohem Proteingehalt ist auch bei den anderen Mahlungen zu erkennen, insbesondere bei den Passagenvermahlungen **A**, **B** und dem Kombinationsverfahren **C** (Tab, 5, Abb. 19). Interessant ist beim kombinierten Mahlverfahren **C**, dass OR-Vollkornmehl meist geringere Intensitäten der Oxidation erkennen lässt gegenüber dem Vollkornmehl der Sorte Franckenkorn (Tab. 3 - 6). Eine geringere Intensität der OR-Vollkornmehle könnte bedeuten, dass die oxidationsempfindlichen Stoffe und Antioxidantien nicht durch die mechanische Einwirkung abgebaut werden, so dass im Oxidationstestverfahren im Kalorimeter das prä-existierende Oxidationspotenzial weitgehend erhalten ist. Dieser Erklärungsansatz spricht ebenfalls für eine leicht höhere Oxidationsstabilität der Sorte Oberkulmer Rotkorn.











In Abbildung 19 wird die Intensität der Oxidationsreaktion der Dinkelvollkornmehle nach den unterschiedlichen Vollkornmehl-Herstellungsprozessen gezeigt. Die daran angeknüpfte Nachzerkleinerung mittels Zahnkranz-Prallmühle führt dazu, dass durch die zusätzliche mechanische Beanspruchung unter Luftsauerstoff die meisten Vollkornmehle aus dieser Versuchsreihe unter den Werten der prä-existierenden Oxidationsintensitäten liegen. Dies bedeutet, dass in den meisten Fällen durch die intensive Zerkleinerung eine Senkung des Oxidationspotenzials eingetreten ist. Einige Ausnahmewerte sind bei den OR-Vollmehlen mit dem schwächeren Proteingehalt von 13,9 % gemessen worden (Abb. 19). Ob das Oxidationsverhalten der Vollkornmehle möglicherweise direkt mit dem Proteingehalt oder nur indirekt über die entsprechend variierende Partikelfinheit in Zusammenhang zu bringen ist, kann die vorliegende Studie noch nicht beantworten. Die Ergebnisse zeigen aber klar, dass sowohl Sortenunterschiede aber auch unterschiedliche Handlungsweisen bei der Herstellung von Vollkornmehlen das Oxidationsverhalten beeinflussen.

#### *5.3.3.5 Wirkung der Mahlverfahren auf das Backergebnis bei Vollkornmehl*

Generell können qualitätswirksame mechanische Einflüsse bei der Herstellung von Vollkornmehl auf backtechnologische Merkmale wie Teigausbeute, Teigelastizität, Volumenausbeute und Krumenbeschaffenheit einwirken, wenn diese bei der Vermahlung prägnant sind. Eine weitere Voraussetzung ist auch, dass der Vollkornbackversuch für diesen Zweck eine ausreichende Präzisierung erlaubt. Aus der Verarbeitung von hellen Mehlen weiß man, dass das Backgeschehen in der Hauptsache durch die Wirkungsbeziehung von Eiweißgehalt und Eiweißqualität (SDS-Sedimentationswert) determiniert wird. Bereits in diesen Merkmalen zeigen die vier Dinkelherkünfte eine beträchtliche Varianz (Tab. 2). Während Franckenkorn mit hohen relativen SDS-Sedimentationswerten sein Qualitätspotenzial einbringt, sind es bei Oberkulmer Rotkorn eher die hohen Protein- und Klebergehalte. Mit Blick auf die Zielsetzung des Forschungsvorhabens, einen Leitfaden zur Verarbeitung und zum Anbau von ökologischem Dinkel zu erstellen, ist allein die hohe Varianz in der Qualität eine Herausforderung, die aber durchaus dem realen Qualitätsaufkommen an Öko-Dinkel im Erntejahr 2007 entspricht. Dass aber, wie in den vorherigen Abschnitten gezeigt wurde, die qualitätswirksamen technofunktionalen Eigenschaften sortenabhängig unterschiedlich das Backgeschehen bestimmen, macht allgemeine Handlungsempfehlungen besonders schwierig.













**Tab. 7:** Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Franckenkorn, Proteingehalt 14,6 % TS)

					
Mahlverfahren	Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710 µm) %	4,2	22,4	**	2,4	**
Siebanalyse (> 250 µm) %	19,0	29,8	**	36,6*	**
spez. Schüttgewicht, g / L	506	498	465	555	470
Teigausbeute	162,7	163,6	165,1	163,3	165,3
Teigelastizität	normal	etw. kurz	etw. kurz	normal	normal
<b>Gärzeit, 50 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	444	400	420	432	420
Krumenbeschaffenheit	fast weich	etw. fest	fast weich	etw. fest	etw. fest
Krumenelastizität					
					
<b>Gärzeit, 70 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	490	428	460	440	456

\*Siebe teilweise verstopft, halbe Aufgabemenge; \*\* Siebe vollständig verstopft; keine Werte

Auffällig sind in den Bio-Vollkornbackversuchen die ermittelten Teigausbeuten aller Vollkornmehle (Tab. 7 - 10). Die auf manuelle Prüfung der Teigkonsistenz basierenden Teigausbeuten stehen nicht in der erwarteten Relation zu den Protein- und Klebergehalten. Um eine vergleichbare Bezugsbasis zu erhalten, können die in den Tabellen 7 - 10 angegebenen Teigausbeuten rechnerisch durch die jeweiligen Proteingehalte dividiert werden. Bei dieser Vorgehensweise ergeben sich bei allen FK- und OR-Vollkornmehlen theoretische Teigausbeuten, die jeweils bei den proteinschwächeren Proben höher liegen. Umgekehrt zeigen bei dieser Betrachtung die Vollkornmehle mit hohem Proteinniveau die niedrigsten Teigausbeuten. Danach verhält sich die Teigausbeute bei Vollmehlen in diesem Backversuch umgekehrt proportional zum Proteingehalt.






**Tab. 8:** Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Franckenkorn, Proteingehalt 11,3 % TS)

					
Mahlverfahren	Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710 µm) %	5,2	19,0	**	3,1	**
Siebanalyse (> 250 µm) %	18,4	26,2	**	44,0*	**
spez. Schüttgewicht, g / L	531	525	477	561	463
Teigausbeute	159,4	159,8	160,1	157,8	159,7
Teigelastizität	etw. kurz	kurz	kurz	etw. kurz	etw. kurz
<b>Gärzeit, 50 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	404	382	392	422	396
Krumenbeschaffenheit	fast weich	etw. fest	etw. fest	etw. fest	etw. fest
Krumenelastizität					
					
<b>Gärzeit, 70 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	444	404	352	422	420

\*Siebe teilweise verstopft, halbe Aufgabemenge; \*\*: Siebe vollständig verstopft; keine Werte

Diese Ergebnisse überraschen aufgrund ihrer Widersprüchlichkeit, wie auch die erwähnte Diskrepanz in der fehlenden Übereinstimmung der WRC-Wasseraufnahme und der backtechnischen Teigausbeute (siehe Abschnitt 5.3.3.4). Da aber alle Backversuche ohne Ausnahme diese Kernaussage stützen, dürften an der richtigen Durchführung der Versuche kaum Zweifel bestehen. Zur Erlangung einer hohen Treffsicherheit der bäckerischen Entscheidungen im Hinblick auf Handlungsempfehlungen sollten noch Versuche zur Präzisierung durchgeführt werden. Gleichwohl wird deutlich, dass die für das Backgeschehen von Dinkel-Vollkornbrot wirksamen Zusammenhänge zwischen den mahltechnisch bedingten Veränderungen der Hydratation der Mehlpartikel und der Wasseraufnahme bei der Teigbereitung von sehr komplexer Art sind. Dies lässt sich wohl auch nicht nach einfachen Erklärungsansätzen definieren, wie sie bei hellen Weizenmehlen möglich sind. Hier sind die besonderen wissenschaftlichen Herausforderungen zu sehen, bei denen auch sortenabhängige Einflüsse zu berücksichtigen sind (weiterer Forschungsbedarf).











**Tab. 9:** Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Oberkulmer Rotkorn, Proteingehalt 16,2 % TS)

					
Mahlverfahren	Standard A	Kurzverfahren B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710 µm) %	4,2	17,5	**	1,6	**
Siebanalyse (> 250 µm) %	17,9	25,5	**	42,0*	**
spez. Schüttgewicht, g / L	538	514	454	558	429
Teigausbeute	164,8	163,7	164,0	164,8	168,2
Teigelastizität	etw. geschm.	etw. geschm.	etw. geschm.	etw. nachlass.	nachlass.
<b>Gärzeit, 50 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	400	364	394	456	400
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	etw. fest	etw. fest	etw. fest	etw. fest
Krumenelastizität					
<b>Gärzeit, 70 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	384	340	340	422	388

\*Siebe teilweise verstopft, halbe Aufgabemenge; \*\*: Siebe vollständig verstopft; keine Werte

Insgesamt sind bei den OR-Vollkornmehlen die vom Protein- und Klebergehalt abhängigen Unterschiede in der Teigausbeute im Bio-Vollkornbackversuch schwächer ausgeprägt, wie der Vergleich der Ergebnisse in den Tabellen 9 und 10 verdeutlicht. Allerdings liegen bei den OR-Vollkornmehlen die Teigausbeuten im Vergleich zu den FK-Vollkornmehlen allgemein etwas höher (Tab. 7 - 10). Besonders deutlich wird dies, wenn die Teigausbeuten rechnerisch auf den Proteingehalt der Vollkornmehle bezogen werden (spezifische Teigausbeute).

**Tab. 10:** Wirkung der Mahlverfahren auf die Backqualität (Oberkulmer Rotkorn, Proteingehalt 13,9 % TS)

					
Mahlverfahren	Standard A	kurzverrannern B	Kurzverfahren B + Passagenprallmehl	Prallmühle D	Zyklonschleifmühle E
Siebanalyse (> 710 µm) %	3,7	16,6	**	1,3	**
Siebanalyse (> 250 µm) %	17,3	25,1	**	43,9*	**
spez. Schüttgewicht, g / L	529	512	→ 461	582	450
Teigausbeute	164,4	162,5	→ 163,4	161,5	163,3
Teigelastizität	normal	normal	normal	etw. geschm.	geschm.
<b>Gärzeit, 50 min</b>					
Backvolumen mL/100 g	432	406	406	440	418
Krumenbeschaffenheit	fast weich	fast weich	etw. fest	etw. fest	etw. fest
Krumenelastizität	gut				
<b>Gärzeit, 70 min</b>					
Backvolumen mL/100 g					
Backvolumen mL/100 g	442	404	390	408	434

\*Siebe teilweise verstopft, halbe Aufgabemenge; \*\* Siebe vollständig verstopft, keine Werte

Zusammenfassend können die Backergebnisse wie folgt interpretiert werden: Die Teigelastizität der FK-Vollkornmehle wurde allgemein mit normal bis etwas kurz und die OR-Mehle mit etwas geschmeidig bis normal bewertet. Sie verschlechterte sich etwas bei Franckenkorn mit fallendem Proteingehalt der Vollkornmehle (Tab. 7 - 8), während unter diesen Umständen bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn sich die Elastizität von etwas geschmeidig auf normal veränderte (Tab. 9 - 10). Damit zeigen die vier Dinkel ein sortentypisches Profil. Die Backvolumenausbeute bewegt sich unter Anwendung herkömmlicher Mahlverfahren mit 400 mL bis 444 mL für Dinkelvollkornmehl ebenfalls in einem normalen Bereich, bei einer Krumenbeschaffenheit von fast weich bis etwas fest, unabhängig von den jeweiligen Proteingehalten. Die Krumenelastizität aller aus dem Bio-Vollkornbackversuch hergestellten Vollkornbrote wurde als gut bezeichnet. Die Übergareversuche weisen im Sortenvergleich leichte Unterschiede auf. Danach sind die OR-Vollkornmehle weniger tolerant, während Franckenkorn teilweise noch hinreichend gute Ergebnisse bei Gärzeitverlängerung zeigt (Tab. 7 - 10).

Eine Differenzierung der durch das jeweilige Mahlverfahren induzierten Veränderungen, wie sie in den vorherigen Abschnitten detailliert beschrieben worden sind, konnte in den vorliegenden Ergebnissen der Vollkornbackversuche kaum gefunden werden. Demnach sind die festgestellten Unterschiede für Dinkelvollkornbrot nicht ausreichend prägnant oder nur wenig qualitätswirksam. Dennoch zeigen sich einige Unterschiede in den Backergebnissen, die auf das Mahlverfahren zurückgeführt werden können:

### Standardvermahlung A und Kurzmahlverfahren B

Die OR-Vollkornmehle aus den Passagenvermahlungen **A** und **B** führen im Bio-Vollkornbackversuch trotz deutlicher Unterschiede in den Protein- und Klebergehalten zu ähnlichen Teigausbeuten. Die Vermahlung nach dem Standardmahlverfahren **A** erreicht unabhängig von der Dinkelsorte eine gegenüber dem Kurzmahlverfahren **B** höhere Feinheit der Mehl- und Kleiepartikel. Bei enzymarmen Dinkel wäre das Verfahren als positiv zu bewerten. Im

Falle einer erhöhten Enzymaktivität bietet sich aber auch das Kurzmahlverfahren **B** an, welches eine etwas gröbere Granulation des Vollkornmehls hervorruft. Die erzielten Volumenausbeuten liegen bei der Anwendung des Kurzmahlverfahrens **B** insgesamt niedriger als bei der Passagenstandardvermahlung **A**. FK-Vollkornmehle mit hohem Proteingehalt und OR-Mehle mit mittleren Proteingehalten erzielen überdurchschnittliche Backvolumina, wenn sie nach dem Passagenmahlverfahren **A** hergestellt worden sind.

### **Kurzmahlverfahren + Passagenmehlprallung C**

Die Kurzvermahlung mit zusätzlicher Passagenmehlprallung (Verfahren **C**) führt stets zu einem sehr lockeren Vollkornmehl, mit geringem spez. Schüttgewicht. Der Vorteil des Mahlverfahrens liegt in der meist überdurchschnittlichen Teigausbeute bei Vollkornmehlen der Sorte Franckenkorn, die mit einer geringeren Kornhärte ausgestattet ist. Mit diesem Verfahren werden Backvolumenausbeuten zwischen 392 bis 420 mL erzielt, die im Vergleich zum Passagenmahlversuch **A** etwas geringer sind. Auch bei der verlängerten Gärzeit auf 70 min differieren die ermittelten Volumenausbeuten wesentlich deutlicher, allerdings mit inakzeptablen Gebäckqualitäten (Tab. 13).

### **Prallmühlenverfahren D**

Das Prallmahlverfahren **D** mittels Mühlomat ist nicht mit herkömmlichen Prallmühlen vergleichbar, da sehr fein-griffige Vollkornmehle mit sehr feinen Kleien hergestellt werden. Dies kommt dem Dinkel-Vollkornmehlbrot sehr entgegen, wie die gut gelockerten Brotkrumen und überdurchschnittlichen Backvolumina zeigen. Der Anteil über 250 µm, der Dunst, ist meist sehr hoch und abhängig von der Kornhärte und vom Proteingehalt. Bei hohen Proteingehalten können Prallmühlenvollkornmehle unabhängig von der Sorte sehr ähnlich hohe Teigausbeuten und gut gelockerte Brotkrumen mit einem überragenden Backvolumen erzielen. Bei Franckenkorn mit niedrigen Proteingehalten bleiben die Teigausbeuten der Vollkornmehle unter dem Niveau des Vergleichsmahlverfahrens **A**. Dennoch sind dabei gute gelockerte Gebäcke mit Backvolumina von über 400 mL erreichbar. Vollkornmehle aus diesen Mahlverfahren sind meist unproblematisch zu Vollkornbrot zu verarbeiten, trotz sorten- und herkunftsabhängiger Unterschiede des Dinkels.

### **Zyklonschleifmühlenverfahren E**

Vollkornmehle aus dem Mahlverfahren **E** (Zentrofan-Mühle) weichen in der Partikelfinheit und im spezifischen Schüttgewicht deutlich von den anderen Vollkornmehlen ab. Bei der Zyklonschleifmühle wird das Getreide durch eine Zyklonströmung im Mahlraum von außen nach innen so lange aufgerieben, bis die zum Austragen erforderliche Mindestkorngröße des Mahlguts erreicht ist. Auch wenn die abgeriebenen Fein-Partikel nach ihrer Entstehung nicht länger im Wirkungsbereich der Mahlkammer bleiben, sondern in dem angeschlossenen Filter abgeschieden werden, sind für dieses Mahlverfahren ausgeprägte Oxidationsvorgänge und Stärkebeschädigungen kennzeichnend. Diese Wirkung erhöht die Teigausbeute insbesondere bei protein- und kleberreichen Qualitäten. Hier ist die Sorte Oberkulmer Rotkorn im Vorteil. Der Mahlgutdurchsatz hängt von der Feinheit und der Härte des Mahlguts ab. Die Zyklonschleifmühle erreicht bei Oberkulmer Rotkorn mit sehr hohen Proteingehalten feine bis wollige Vollkornmehle, die im Öko-Vollkornbackversuch sehr hohe Teigausbeuten und ein mittleres Backvolumen erzielen.

### 5.3.3.6 Beurteilung der qualitätsfördernden Vermahlungsparameter für Vollkornmehl nach Sorten

#### **Franckenkorn**

Die Sorte Franckenkorn erreicht mit hohem Proteingehalt die höchsten Teigausbeuten mit über 165 sowohl durch die Prallung der Endospermmehle im Mahlverfahren **C** als auch durch das Zyklonschleifmahlverfahren **E**. In diesem Fall wurden nur mittlere Volumenausbeuten von 420 mL/100 g erzielt. Im Vergleich zum Zyklonschleifverfahren **E**, bei der die Kleie auf Mehlfinheit reduziert wurde, liefert das Kurzmahlverfahren **C** und die daran angeschlossene Passagenmehlprallung hellere Mahlerzeugnisse. Die im Bio-Vollkorn-Backversuch ermittelten Krumenelastizitäten führten unabhängig vom Vollkorn-Mahlverfahren zu einer guten Bewertung. Überraschend ist, dass die deutlichen Unterschiede in der griffigen oder wolligen Mehlbeschaffenheit kaum in den Teig- und Krumeneigenschaften oder im erzielten Backvolumen reflektiert werden. Die Vollkornmehlherstellung mittels Mahlpassagenverfahren **A** bringt für diese Dinkelprobe das beste Backvolumen mit 444 mL/100 g.

FK-Vollkornmehle mit sehr niedrigem Proteingehalt (11,3 % TS) ließen sich im Prallmühlverfahren **D** sehr gut verarbeiten. Die Mahlprodukte konnten im Bio-Vollkorn-Standardbackversuch aufgrund ihrer besonders hohen Eiweißqualität (SDS-Sedimentationswerte) trotz begrenzter Protein- und Klebergehalte noch gute Teig- und Volumenausbeuten erzielen. Die Backvolumenwerte mit 422 mL/100 g zeugen von einem hohen Backpotenzial, dass sonst nur mit Proteingehalten von >14 % erreicht wird. Die Teigausbeuten der Vollkornmehle aus den anderen Mahlverfahren lagen in dieser Gruppe bei ca. 160. Mit Ausnahme der Vollkornmehle aus dem Kurzmahlverfahren **B** wurden Backvolumina um 400 mL/100 g gemessen. Die Krumenelastizität war bei einer normalen Gärzeit von 50 min bei allen Vollkornmahlverfahren als gut bewertet worden.

#### **Oberkulmer Rotkorn**

Das OK-Vollkornmehl mit einem Proteingehalt von 16,2 % erreicht mittels Prallmühle **D** das höchste Backvolumen von 456 mL/100 g, mittels Kurzmahlverfahren **B** aber nur eine unbefriedigende niedrige Volumenausbeute von 364 mL/100 g. Im Verhältnis zum Protein- und Klebergehalt sind die Teig- und Volumenausbeuten allerdings nur mäßig, vergleicht man die Werte mit der proteinschwächeren Variante der gleichen Dinkelsorte. Diese liefert mit einem Proteingehalt von 13,9 % trotz unterschiedlicher Vollkornmahlverfahren stets ähnlich gute Teigausbeuten, wobei auch hier mittels Vollkorn-Mahlverfahren **D** die höchste Volumenausbeute mit 440 mL erzielt wurde. Interessant ist bei den hohen Protein- und Klebergehalten der Sorte Oberkulmer Rotkorn auch, dass trotz sehr unterschiedlicher Vollkornmahlverfahren die Krumenbeschaffenheiten stets gleich mit etwas fest bewertet wurden.

### 5.3.3.7 Wirkung der Mehltreifungsverfahren bei Dinkelmehl Type 630 auf das Backergebnis

Von den beiden Dinkelsorten mit den unterschiedlichen Proteingehalten wurden auch die hellen Mehle der Type 630 nach dem Standardmahlverfahren mittels Bühler Mahlautomat MLU-202 und Laborkleieschleuder Typ MLU-302 hergestellt. Um die Bedeutung der Mehltreifung bei Dinkel näher zu untersuchen, wurde eine Nachprallung der sortenreinen Passagenmehle durchgeführt und ein Nachtreiferversuch im Vergleich dazu.

Zur Erstellung eines Leitfadens zur Verarbeitung von ökologischem Dinkel sind auch solche Aspekte aufzunehmen, die sich in den Handlungsweisen der Praxis spiegeln. Hinweise aus der Praxis, dass weiche und nachlassende Dehneigenschaften des Klebers durch eine vorangehende Fluidisierung des Mehls backtechnisch optimiert werden können, waren für die Durchführung dieser Mehltreifestudie ausschlaggebend. Hierzu wurden von den ausgewählten Dinkelproben drei Mehle mit vergleichbarer Zusammensetzung in einem unterschiedlichem Reifestatus miteinander verglichen:

Bezeichnung	Mehlherstellung	Zwischenlagerung
Frischmehl / F	Standardmehl Type 630	10 Tage / 10 °C
Reifemehl / R	Standardmehl Type 630	3 Monate / 20 °C
Prallmehl / P	Standardmehl Type 630, anschließend Prallung mittels Hosokawa / Alpine Sichter­mühle ZMP50	3 Monate / 20 °C

Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 11 für die Sorte Franckenkorn und Tabelle in 12 für die Sorte Oberkulmer Rotkorn zusammengestellt. Da die Standardvermahlung für die Type 630 jeweils für Frischmehl, Reifemehl und Prallmehl getrennt durchgeführt wurde, ergaben sich leicht unterschiedliche Mehlausbeuten. Damit ist die unterschiedliche Zusammensetzung dieser Mehle in dieser Vorgehensweise begründet. Da mit der Vermahlungsintensität auch Feuchtigkeitsverluste zunehmen, wurden nach der Mehltreifung die geringsten Feuchtigkeitsgehalte festgestellt.

**Tab. 11:** Mehltreifungsverfahren (Ergebnisübersicht) Sorte Franckenkorn

	Franckenkorn - 8415/47 Korn-Proteingehalt [14,6 % TS]			Franckenkorn - 8422/47 Korn-Proteingehalt [11,3 % TS]		
Daten quantitativ / qualitativ	Frischmehl	Reifemehl	Prallmehl	Frischmehl	Reifemehl	Prallmehl
Mehlausbeute, % Type 630	71,4	71,7	73,5	78,0	76,7	80,5
Schüttgewicht / g / L	500	520	436	539	524	432
H <sub>2</sub> O-Gehalt / % TS	13,5	12,9	11,2	13,4	12,6	10,3
Prot.- Gehalt / % TS	13,4	13,3	13,5	10,3	10,2	10,5
Klebergehalt / % [ICC 155]	34,1	33,3	32,3	24,0	24,5	23,0
Gluten-Index [ICC 155]	67	68	53	87	65	45
Klebergehalt / % [ICC 137]	34,0	30,8	29,8	23,5	20,2	21,0
SDS-Sediment.-wert. / mL	57,6	58,5	52,7	41,5	40,4	(30,5)
Oxidations-Induktionszeit / min	2,2	2,8	2,1	2,7	3,2	2,7
DSC Desintegrations-Wärme / J/g TS	9,8	9,6	9,2	10,0	10,1	9,9
WRC / %	81,9	81,8	83,3	79,7	78,4	79,9
Stärkebeschädigung AACC 76 -31/ lufttrocken	2,7	-	4,4	2,8	-	-

Hinweis: wegen höherem Materialverbrauch durch Wiederholungsmessungen konnten nicht sämtliche Proben untersucht werden.

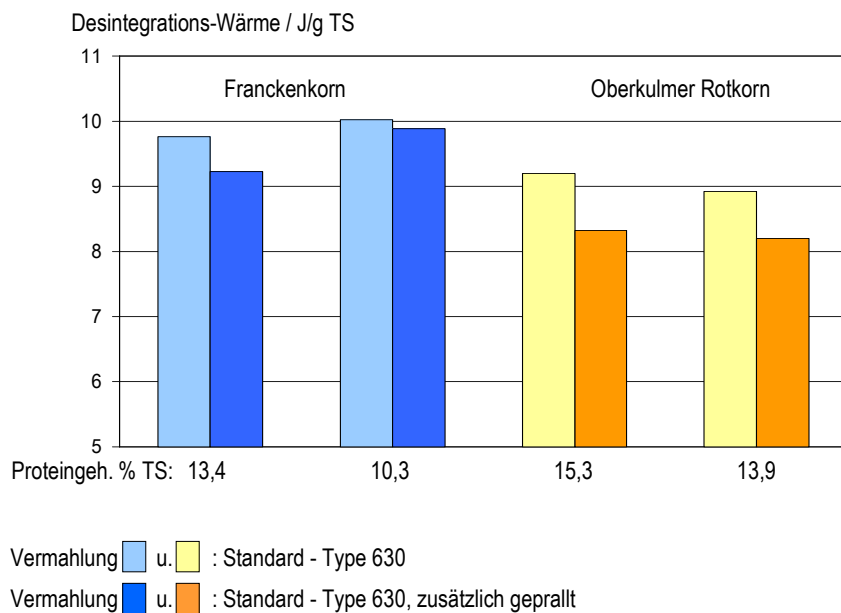
Die Hauptunterschiede in der Zusammensetzung der Mehle, aber auch in ihren technofunktionalen Eigenschaften, sind bei den Prallmehlen festzustellen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die hohe Feinheit der Prallmehle, erkennbar an den niedrigen spez. Schüttgewichten, die methodengerechte Bestimmung der Mehleigenschaften teilweise beeinträchtigte. Hiervon waren bei beiden Dinkelsorten besonders die Methoden Glutenindex [ICC 155] und SDS-Sedimentationswert betroffen. Beide Methoden lieferten bei den Dinkel-Prallmehlen Ergebnisse mit großen Schwankungen in der Wiederholbarkeit und dabei meist geringere Werte als die ungeprallten Vergleichsmehle (Tab. 11 - 12).

**Tab. 12:** Mehltreifungsverfahren (Ergebnisübersicht) Sorte Oberkulmer Rotkorn

Oberkulmer Rotkorn - 8503/47				Oberkulmer Rotkorn - 8510/47			
Korn-Proteingehalt [16,2 % TS]				Korn-Proteingehalt [13,9 % TS]			
Daten quantitativ / qualitativ	Frishmehl	Reifemehl	Prallmehl	Frishmehl	Reifemehl	Prallmehl	
Mehlausbeute, % Type 630	78,5	76,4	78,3	79,0	75,6	79,8	
Schüttgewicht / g / L	507	524	446	-	521	-	
H <sub>2</sub> O-Gehalt / % TS	13,3	12,5	10,2	12,9	12,4	10,3	
Prot.- Gehalt / % TS	15,3	15,3	15,3	13,9	12,7	13,8	
Klebergehalt / % [ICC 155]	44,2	54,1	51,4	39,5	36,2	37,4	
Gluten-Index [ICC 155]	10 <small>Siebe zu</small>	52	56	44 <small>Siebe verschmiert</small>	46	62	
Klebergehalt / % [ICC 137]	46,5	43,5	42,3	36,7	36,9	35,7	
SDS-Sediment.-wert / mL	46,1	44,2	41,1	46,8	39,7	44,2	
Oxidations-Induktionszeit / min	2,2	2,6	2,2	3,0	3,1	3,0	
DSC	Desintegrations-Wärme / J/g TS	9,2	8,9	8,3	8,9	9,6	8,2
WRC / %	81,9	81,7	83,8	80,1	82,0	81,0	
Stärkebeschädigung AACC 76 -31/ lufttrocken	3,1	-	-	2,7	-	4,8	

Hinweis: wegen höherem Materialverbrauch durch Wiederholungsmessungen konnten nicht sämtliche Proben untersucht werden.

Der Rückgang der spez. Schüttgewichte der Mehlype Type 630 durch Prallbehandlung war auch bei den OR-Typenmehlen festzustellen. Das höhere Volumen des Mehlpunkt-Kollektivs infolge der stärkeren Auflösung und der irregulären Verformung der Feinpartikel reflektiert diesen Rückgang. Damit erhöhen sich die Zugänglichkeit und das Rückhaltevermögen dieser Mehle für das Wasser (höhere WRC-Werte) im Vergleich zu den ungeprallten Mehlen. Dass bei der Auflösung der Mehl-Einzelpartikel während des Prallens nicht nur neue und größere Oberflächen entstehen, sondern auch Änderungen des übermolekularen Ordnungszustandes der Stärke, kann den Tabellen 11 und 12 entnommen werden. So sind die Desintegrationswärmen für den Verkleisterungsvorgang der Stärke bei den Prallmehlen – bis auf die Sorte Franckenkorn mit niedrigem Proteingehalt - deutlich reduziert (Tabelle 11 -12, Abb. 20).



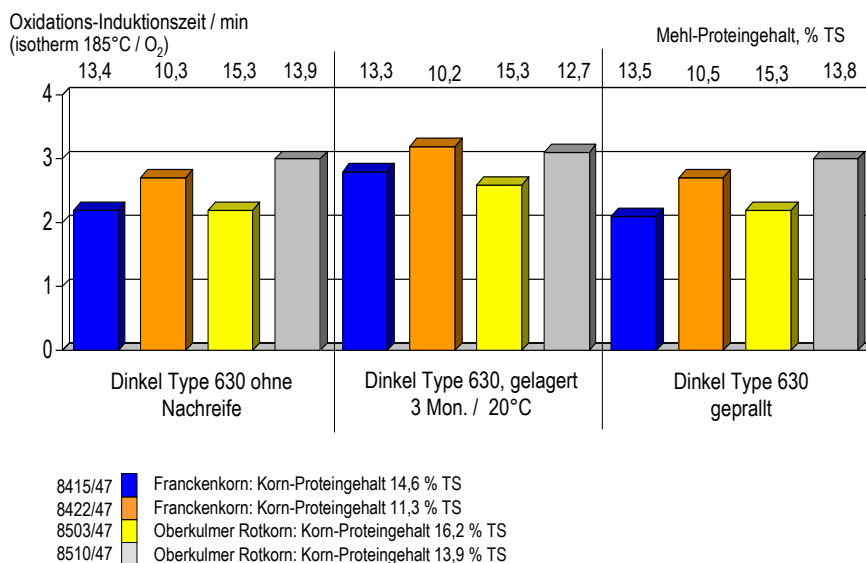
**Abb. 20:** Verkleisterungswärmen unterschiedlich behandelter Mehle (Type 630) im Vergleich

In Abbildung 20 ist der Verlust der Stärkestruktur durch das Prallverfahren anhand der geringeren Desintegrationswärmern gegenübergestellt. Besonders deutliche Verluste der übermolekularen Struktur der Stärke konnten bei Prallmehl von Oberkulmer Rotkorn aufgrund der höheren Partikelfestigkeit ermittelt werden. Indessen war eine durch Prallung bedingte Auflösung der Stärkestruktur bei dem proteinschwachen FK-Mehl kaum feststellbar. Die mit der Prallwirkung verursachte Stärkebeschädigung ist ebenfalls in den Tabellen 11 und 12 aufgeführt.

Die Proteingehalte der Mehle weichen bekanntlich von den Rohproteingehalten des Kornes ab (Abb. 25 - 26). Sie liegen um etwa 0,5 - 1 % unterhalb der Rohstoffwerte, je nach Mehlausbeute der Type 630. Eine Ausnahme von dieser Regel konnte bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn mit 13,9 % Proteingehalt festgestellt werden, bei der aufgrund von hohen Mehlausbeuten von fast 80 % die Proteingehalte der Mehle auf dem Niveau blieben.

In Abbildung 21 ist die Wirkung der Mehltreifungsverfahren auf die Oxidations-Induktionszeit (OIT) von Dinkelmehl dargestellt. Dabei ist insgesamt festzustellen, dass die Unterschiede vor allem proteinabhängig variieren. Nach der bisherigen Erkenntnislage reflektiert eine höhere Induktionszeit eine höhere Oxidationsstabilität der Mehle (geringere Oxidationsbereitschaft). Danach haben Mehle mit einem höheren Proteingehalt, da sie ein wenig früher die erwünschte Oxidationsreaktion im Zwillings-Wärmestromkalorimeter eingehen, eine etwas höhere Oxidationsbereitschaft im Vergleich zu den Mehlen der gleichen Sorte mit niedrigeren Proteingehalten. Anhand dieser Messdaten (siehe Tabelle 11 -12, Abb. 21) sind andere Einflüsse auf die OIT-Werte, wie z.B. durch Reifung oder durch Prallung, nicht festzustellen.





**Abb. 21:** Wirkung der Reifeverfahren auf die Oxidations-Induktionszeit von Dinkelmehl Type 630

Da im vorliegenden Fall das Standard Mahlverfahren zur Herstellung der Dinkelmehltype 630 quasi konstant war und da die geprellten und ungeprellten Typenmehle eine etwa ähnliche Oxidationsbereitschaft zeigen, sind die Unterschiede zwischen den Werten eher in der Mehlezusammensetzung begründet. Auffällig ist, dass Mehle der gleichen Dinkelsorte bei schwächerem Mehl-Proteingehalt stets höhere OIT-Werte anzeigen, infolge der beim Mahlprozess stattgefundenen Oxidationsprozesse. Damit wird klar, dass proteinarme Mehle eine stärkere Oxidationsbereitschaft aufweisen als Mehle mit einem höheren Proteingehalt. Diese Unterschiede sind selbst bei den gereiften und geprellten Mehlen noch sichtbar (Tab. 11 – 12, Abb. 7).


**Tab. 13:** Bio-Standardbackversuch, Dinkelmehl Type 630 (Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn)

	FK	FK	OR	OR	FK	FK	OR	OR
Korn-Proteingehalt, % TS	14,6	11,3	16,2	13,9	14,6	11,3	16,2	13,9
Teigausbeute	152,5	150,7	157,7	156,9				
Teigelastizität	etw. geschm.	normal	etw. nachlassend	geschm.				
Gärzeit, min	60				80			
Volumenausbeute, mL/100 g	524	496	514	496	568	552	510	540
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	etw. fest	fast weich	fast weich				
Krumenelastizität	gut							

In Tabelle 13 sind die Ergebnisse des Bio-Standardbackversuchs dargestellt. Die in den Tabellen 11 und 12 zusammengestellten Beschaffenheitsmerkmale der Mehle haben im Backversuch unter Verwendung des Ascorbinsäurepräparates Acerolakirschsäftlösung die erwarteten dinkeltypischen Qualitäten erbracht. Die ermittelten Teigausbeuten folgen einerseits

den Proteingehalten der Mehle, andererseits auch den Sorteneigenschaften. Dies gilt ebenso für die weiteren Merkmale des Backversuchs, einschließlich der ermittelten Backvolumenausbeute. Interessant ist, dass das Dinkelmehl Type 630 der Sorte Franckenkorn mit 10,3 % Proteingehalt und einen Feuchtklebergehalt mit nur 23,5 % einen ebenso hohen Backvolumenwert erreicht, wie das Dinkelmehl Type 630 der Sorte Oberkulmer Rotkorn mit 13,9 % Proteingehalt und einem Feuchtklebergehalt von 36,5 %. Damit wird deutlich, dass das Qualitätspotenzial nicht allein mit den Protein- und Klebergehalten beschrieben werden kann. Die hohe kleberrelevante Eiweißqualität, die durch den SDS-Sedimentationswert reflektiert wird, dürfte bei dem proteinschwachen FK-Typenmehl einen wichtigen Beitrag für das gute Backergebnis geliefert haben.

**Tab. 14:** Wirkung der Mehltreifungsverfahren auf die Backqualität der Type 630 (Franckenkorn), ohne Acerolazusatz

	Frischmehl		Prallmehl	Reifemehl		Prallmehl
Codierung	F	R	P	F	R	P
Mehl-Proteingehalt % TS	13,4	13,3	13,5	10,3	10,2	10,5
Teigausbeute	151,8	152,7	153,4	149,0	150,4	152,0
Teigelastizität	normal	normal	normal	etw. geschm.	etw. geschm.	geschm.
Gärzeit, 60 min						
Backvolumen, mL/100 g	374	376	390	320	336	360
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	etw. fest	etw. fest	fest	fest	fest
Krumenelastizität						
Gärzeit, 80 min						
Backvolumen, mL/100 g	380	370	370	328	340	312

In der Aufstellung in Tabelle 14 ist die Wirkung der Handlungsweisen dargestellt, die zu dem unterschiedlichen Mehltreifegrad geführt haben. Um die Nuancen dieser Wirkungen stärker hervortreten zu lassen, wurde beim Dinkel-Bio-Backversuch auf den Zusatz eines Ascorbinsäurepräparats (Acerola) verzichtet. Gegenübergestellt sind die Typenmehle der Sorte Franckenkorn mit niedrigem und hohem Proteingehalt nach unterschiedlichen Vorbehandlungen. Unabhängig vom Niveau der Proteingehalte fällt auf, dass die Teigausbeute mit zunehmender Reife steigt, ebenso die erzielten Backvolumina. Im Übergareversuch mit einer Gärzeit von 80 min sind diese Effekte allerdings nicht mehr erkennbar.

**Tab. 15:** Wirkung der Mehltreifungsverfahren auf die Backqualität der Type 630 (Oberkulmer Rotkorn), ohne Acerolazusatz

	Frishmehl	Reifemehl	Prallmehl	Frishmehl	Reifemehl	Prallmehl
Codierung	F	R	P	F	R	P
Mehl-Proteingehalt % TS	15,3	15,3	15,3	13,9	12,7	13,8
Teigausbeute	157,1	158,3	159,0	155,4	157,0	157,9
Teigelastizität	nachlassend	nachlassend	nachlassend	geschm.	geschm.	etw. geschm.
Gärzeit, 60 min						
Backvolumen, mL/100 g	344	348	378	358	392	406
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	etw. fest	etw. fest	etw. fest	etw. fest	etw. fest
Krumenelastizität						
Gärzeit, 80 min						
Backvolumen, mL/100 g	316	350	356	334	398	426

In ähnlicher Weise reflektieren die Ergebnisse der Oberkulmer Rotkorn Typenmehle 630 die Wirkung der Mehlvorbehandlung (Tab. 14). So nehmen hier ebenfalls unabhängig von den vorliegenden Mehlpoteingehalten die Teigausbeuten mit dem Reifegrad zu, aber auch die Backvolumina. Diese Zunahmen sind selbst noch im Übergareversuch mit einer Gärzeit von 80 min auf eindeutige Weise festzustellen. Die Aufstellungen der Typenmehl- Backversuche (Tab. 14 – 17) erlauben einen direkten Sortenvergleich bei der jeweiligen Mehlvorbehandlung.


**Tab. 16:** Wirkung der Mehltreife auf die Backqualität der Type 630 (Franckenkorn/Oberkulmer Rotkorn), Bio-Standardbackversuch ohne Acerolazusatz (Frishmehl)

	FK	FK	OR	OR	FK	FK	OR	OR
Teigausbeute	151,8	149,0	157,1	155,4				
Teigelastizität	normal	etw. geschm.	nachlassend	geschm.				
Gärzeit, min	60				80			
Backvolumen, mL/100g	374	320	344	358	380	328	316	334
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	fest	etw. fest	fast weich				
Krumenelastizität	gut							

Im Backversuch ohne Acerolazusatz zeigen die beiden Genotypen wie erwartet ihr ausgeprägtes sortentypisches Qualitätsprofil, wie es auch mit Zugabe eines Ascorbinsäurepräparates bereits vorgestellt wurde (Tab. 13). Danach reflektieren die ermittelten Teigausbeuten und die Backvolumina das Qualitätspotential der hergestellten Typenmehle ohne den Reifungsschritt (Tab. 16). Die Übereinstimmung im Qualitätsprofil ist sehr hoch, was für den

Öko-Backversuch als ein zuverlässiges Instrument der Qualitätsbewertung von Öko-Dinkel spricht. Wie im regulären Öko-Backversuch (Tab. 13) präsentiert hier das FK-Typenmehl 630 noch im Übergareversuch mit einer Gärzeit von 80 min eine hinreichende Gebäcklockerung und das höchste Backvolumen in dieser Messreihe, während die Brote aus den anderen Typenmehlen bereits suboptimale Gebäudeigenschaften signalisieren (Tab. 16).

**Tab. 17:** Wirkung der Mehltreife auf die Backqualität der Type 630 (3 Monate abgelagert/20 °C) (Franckenkorn/Oberkulmer Rotkorn), Bio-Standardbackversuch ohne Acerolazusatz

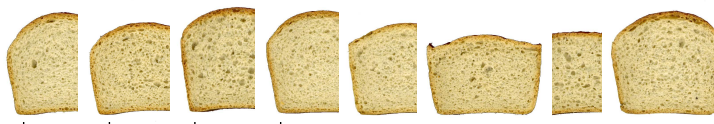


	FK	FK	OR	OR	FK	FK	OR	OR
Teigausbeute	152,7	150,4	158,3	157,0				
Teigelastizität	normal	etw. geschm.	nachlassend	geschm.				
Gärzeit, min	60				80			
Backvolumen, mL/100g	376	336	348	392	376	340	350	398
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	fest	etw. fest	fast weich				
Krumenelastizität	gut							

In Tabelle 17 werden die Backeigenschaften der nachgereiften Typenmehle der beiden Dinkelsorten vorgestellt. Durch den natürlichen Reifungsprozess nehmen mit den Teigausbeuten auch die Backvolumina bei beiden Dinkelsortenmehlen zu. Auffällig ist, dass die proteinschwächeren Varianten hierauf stärker reagieren als Typenmehle mit hohem Proteingehalt. Dieses Ergebnis steht in enger Relation mit der beobachteten erhöhten Oxidationsbereitschaft bei Typenmehlen mit geringerem Proteingehalt, gegenüber solchen mit einem höheren Proteinniveau (Abb. 7). Auch im Bereich der Vollkornmehlherstellung wurden diese Beobachtungen gemacht (Abschnitt 5.3.2.4)

Eine weitere Steigerung der Nachreife stellt das Verfahren der Prallbehandlung der Typenmehle dar. Durch diese „doppelte Vermahlung“ kommen die Einzelpartikel des Mehls stärker in Kontakt mit dem Luftsauerstoff, was die veränderten Teigeigenschaften erklären könnte. Gleichzeitig sorgt das Prallen für eine Stärkebeschädigung und damit für eine deutliche Erhöhung der Wasseraufnahmen in der Phase der Teigbereitung. Insbesondere die proteinschwächeren Mehle, wie sie im Öko-Landbau sehr häufig zu verarbeiten sind, können durch dieses mechanische Verfahren wesentlich aufgebessert werden. Dies trifft für beide Dinkelsorten zu, wie die Ergebnisse in Tabelle 18 unterstreichen.

**Tab. 18:** Wirkung der Mehltreifungsverfahren bei Dinkelmehl Type 630 auf die Backqualität mittels Prallverfahren (Franckenkorn/Oberkulmer Rotkorn) Bio-Standardbackversuch, ohne Acerolazusatz



	FK	FK	OR	OR	FK	FK	OR	OR
Teigausbeute	153,4	152,0	159,0	157,9				
Teigelastizität	normal	geschm.	nachlassend	etw. geschm.				
Gärzeit, min	60				80			
Backvolumen, mL/100g	390	360	378	406	376	312	356	426
Krumenbeschaffenheit	etw. fest	fest	etw. fest	fast weich				
Krumenelastizität	gut							

### 5.3.3.8 Schlussfolgerungen zur Wirkung von Mehltreifungsverfahren auf Dinkelmehl Type 630

Die Nachreife von Mehl hat bei Dinkel eine wichtige Bedeutung für die Ausbildung einer guten Backqualität. Durch die Nachreife werden die Wasseraufnahme bei der Teigbereitung gefördert und die Backvolumina. Es kommt zu einem insgesamt verbesserten Qualitätsprofil der Backeigenschaft. Die Nachreife ist entbehrlich, wenn im Dinkel Backversuch Ascorbinsäurepräparate (Acerola) eingesetzt werden, wie es der reguläre Bio-Backversuch für das Dinkelmehl der Type 630 vorsieht. Eine starke Beaufschlagung mit dem Sauerstoff der Luft, wie es im Mehl-Prallverfahren unter gleichzeitiger Zunahme der Stärkebeschädigung geschieht, zielt in die gleiche Richtung. Die mechanische Induzierung von Oxidationsreaktionen der kleberrelevanten Eiweißkomponenten kommt besser zur Wirkung, wenn sie bei protein- und kleberschwachen Dinkelmehlen durchgeführt wird. Bei diesen Qualitäten sind die Mehlpartikel weicher und verformbarer, was einer erhöhten Oberflächenreaktion mit dem Luftsauerstoff entgegen kommt. Die Erfahrungsberichte aus der Praxis werden in den Backergebnissen reflektiert und damit bestätigt. Durch das Prallen des Typenmehls können mehrere Vorteile vereint werden:

- höhere Wasseraufnahme als bei der herkömmlichen Mehlerarbeitung (ohne Nachreife aber mit Acerola- oder Ascorbinsäurezugabe),
- Reduzierung oder Verzicht auf Acerola in der Rezeptur
- Verbesserte Teiglockerung

Dennoch ist ein Backvolumen, wie es mit Ascorbinsäurepräparaten in Form von Acerolalösung möglich ist, nach dem derzeitigen Kenntnissstand über ein Prallverfahren nicht zu erreichen und erst recht nicht über ein natürliches Nachreifen.

### 5.3.4 Empfehlungen für die Vollkornmehlherstellung

Das backtechnische Verhalten von Vollkornmehlen hängt bekanntlich sehr stark von der Partikelgröße und Partikelform ab. Von Weizen und Roggen weiß man, dass zwischen Partikelgröße, Partikelform und Enzymaktivität einerseits und dem Backverhalten sehr enge Beziehungen bestehen. So resultieren die Lockerung und damit das Volumen eines Gebäckes in gewissem Maße auch aus der Größe der Mahlpartikel.

In der Vollkornmehlherstellung gilt allgemein, dass gut gelockerte Gebäcke mit hohem Volumen entscheidend von der Partikelverteilung in dem Vollkornmahlerzeugnis abhängen. Damit scheidet man Mühlen vom Typ Hammer-, Schlagkreuz- aber auch Prallmühlen aus, wenn man Mehle aus dem vollen Korn unter den o.g. Gesichtspunkten herstellen will. Die auf diesen Mühlen erzeugten Produkte sind in den meisten Fällen in der Korngrößenverteilung größer als Mehl, aber feiner als Feinschrot. Werden jedoch Siebsätze wie bei der im Test verwendeten Prallmühle eingesetzt, die in einem Bereich von 500 µm liegen, so können auch hohe Backvolumenausbeuten erzielt werden. Aufgrund des hohen Mehlkörperanteils im Getreide können sich allerdings während der Vermahlung die Lochungen der Siebe zusetzen, die Temperaturen im Mahlraum steigen. Wenn die frei werdende Feuchtigkeit dann nicht in entsprechendem Maße abgeführt wird, kommt es schließlich zu Verstopfungen und Verschanzungen bis hin zum Stillstand der Mühle. Um dies zu vermeiden, muss bei Anwendung solcher Zerkleinerungsprinzipien das Getreide ungenetzt und ausreichend trocken sein.

Bei der Vermahlung von Weizen ohne Vernetzung erzielt man im allgemeinen auf der Walzenmühle ca. 74 bis 78 % Mehl, ca. 15 bis 13 % Schrot-Kleie und ca. 9 bis 11 % Grießkleie. Auf diese Weise fallen bei der Vermahlung von Dinkel auf einer Walzenmühle Schrotkleien bzw. Kleie-/Mehlfraktionen an, die in der Korngröße noch über 2000 µm liegen können. Durch zusätzliche Prallauflöser werden jedoch insgesamt höhere Feinheiten auch bei den Kleien erzielt (Standardmahlverfahren A).

Durch die Anwendung des Prall-Prinzips lassen sich auch solche Fraktionen weiter zerkleinern bis hin zu einer Mehlfinheit, wie sie z.B. mittels der Zyklonschleifmühle ohne zusätzliche Prallverfahren möglich ist. Feinzerkleinerte Kleie im Vollkornmehl führt zu einem Brot, welches in der Krumenbeschaffenheit einem Brot aus Typenmehl gleicht. Ist die Kleie nicht fein zerkleinert, so wird sie optisch in der Krumpore wahrgenommen, ohne dass damit der Grundfarbton und die Helligkeit beeinträchtigt werden. Dies kommt besonders zum Ausdruck, wenn, wie in den Versuchen durchgeführt, nur die im Walzenmahlverfahren gewonnenen Mehle einem speziellen Prallverfahren unterzogen werden. Dieses Verfahren steigert insbesondere bei FK-Vollkornmehlen die Teigausbeuten, was in Erntejahren mit einem Auswuchsaufkommen allerdings auch Probleme bereiten kann.

Die partielle mechanische Desintegration der Stärke durch die Vollkornmehlherstellung mittels Zyklonschleifmühle erhöht die Wasseraufnahme bei der Teigbereitung. Bei Verwendung nicht geeigneter Rohstoffqualitäten (Dinkelsorten, deren Teigeigenschaften in Richtung „weich“, „geschmeidig“, „nachlassend“ einzustufen sind) kann dies zu Nachteilen in der Verarbeitung der Teige führen. Andererseits wirkt in diesem Verfahren die intensive Beaufschlagung der Feingutpartikel mit der Prozessluft in diesem Verfahren klebverbessernd, insbesondere bei Dinkelsorten, die einen weichen, eher unelastischen Kleber aufweisen wie z.B. die Sorte Oberkulmer Rotkorn.

In den Versuchen konnte insgesamt nachgewiesen werden, dass neben der Rohstoffqualität das Zerkleinerungsprinzip einen prägnanten Einfluss auf die Verarbeitungseigenschaften von Vollkornmehlen ausübt, insbesondere dann, wenn es zu einer weitgehenden Strukturauflösung der Kornbestandteile und zur Partikelverformung kommt. Bei Verwendung von enzymarmen Rohstoffen (hohe Fallzahlen) wie im vorliegenden Fall, ist Vollkornmehl mit hoher Partikelfeinheit wegen Vorteilen in der Wasseraufnahme, der Teigstruktur und Verarbeitung vorzuziehen. Bei Dinkel mit hoher Enzymwirkung (niedrige Fallzahlen) sollte das Vollkornmehl in der Struktur fein-griffiger und die Kleie etwas gröber gehalten werden, was mit den vorgestellten Mahlverfahren, bis auf das Verfahren mittels Zyklonschleifmühle, auf unterschiedlichem Wege gelingt.

Da die Betriebe aus Investitionsgründen nicht verschiedene Mahlprinzipien vorhalten können, empfehlen sich universelle Vermahlungsprinzipien, die gezielt auf Standort- (Erntejahr) und Sorteneinflüsse aber auch auf Kundenwünsche reagieren können. Dies sind in erster Linie bei großen Durchsätzen die herkömmliche Mehlmüllerei mit Mahlwalzen-Passagen (Mahlverfahren **A** und **B**) und für den im Bereich der Kleinmengen das Prallmahlverfahren **D**. In Spezialfällen kann aber auch das Zyklonschleifverfahren sehr gut für die Herstellung von gut backfähigen Vollkornmehlen eingesetzt werden.

## 5.4 Erarbeitung eines Standardbackversuches (AP 4)

Schon im Zwischenbericht zu diesem Forschungsprojekt vom 30.11.2007 wurden die Arbeiten zur Entwicklung von Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle der Type 630 und Dinkelvollkornmehlen beschrieben. In der Zwischenzeit wurden diese Materialprüfmethoden noch geringfügig verfeinert und zur Beschreibung des Backverhaltens von sortenreinen Dinkeltypenmehlen und Dinkelvollkornmehlen aus den Ernten 2006 und 2007 angewandt. In den folgenden beiden Abbildungen werden die Fließschemen zu diesen neu entwickelten Bio-Backversuchen aufgezeigt.

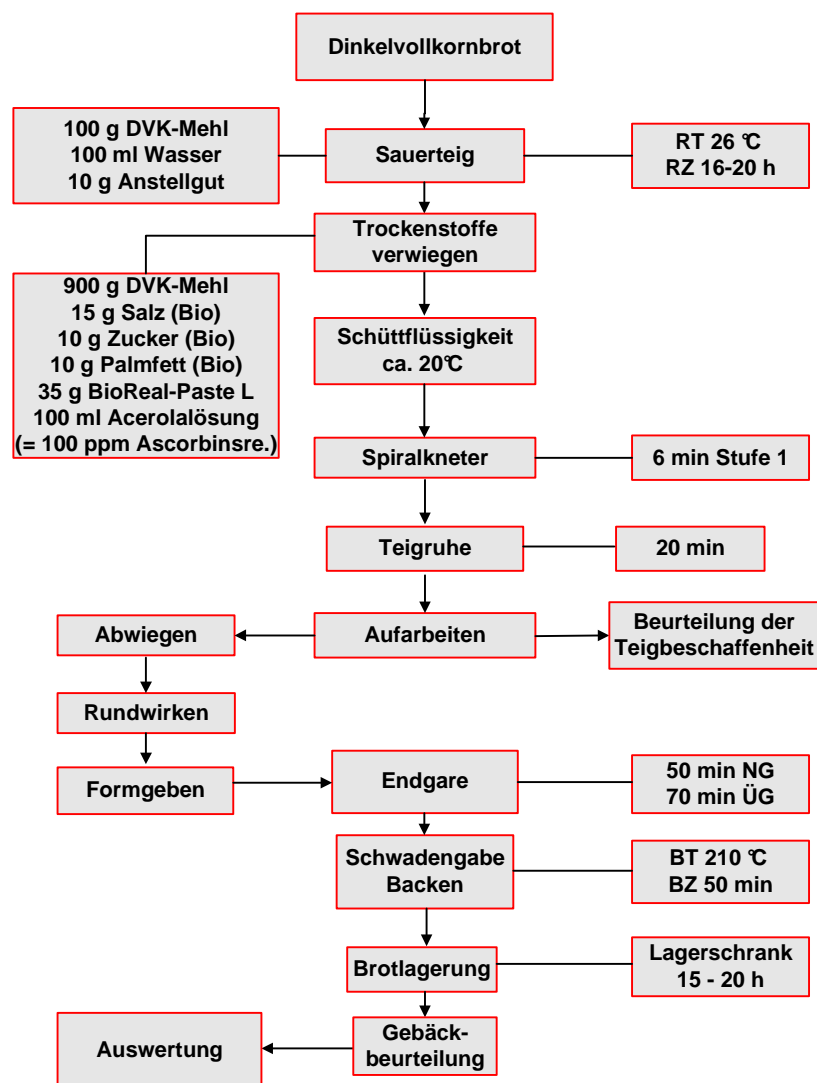


Abb. 22: Fließschema Bio-Backversuch für Dinkeltypenmehle (Type 630)

Nach Durchführung und Protokollierung der Versuchsdurchführung werden zur Beurteilung des Backverhaltens der Dinkelmahlerzeugnisse die Volumenausbeute der Brote gemessen, die Gärstabilität der Teige anhand der Gebäckform der Brote nach Normal- und Übergare bestimmt sowie die Krumenelastizität und die Krumenbeschaffenheit der Brote sensorisch beurteilt. Anhand vorgegebener Bewertungsstufen zu diesen Beurteilungsmerkmalen werden diese nach den in Tabelle 19 für Dinkeltypenmehle bzw. nach den in Tabelle 20 für Dinkelvollkornmehle in Qualitätsstufen eingestuft.



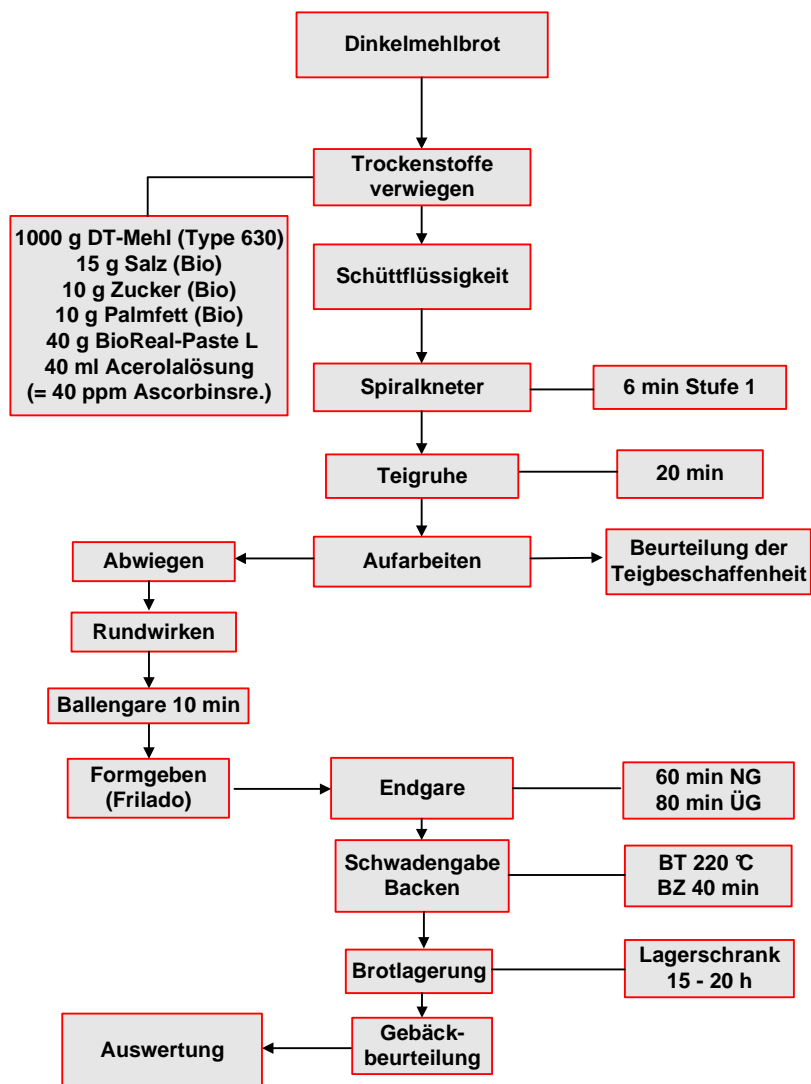


Abb. 23: Fließschema Bio-Backversuch für Dinkelvollkornmehle

Tab. 19: Qualitätsstufen zur Beurteilung des Backverhaltens von Dinkeltypenmehlen (Type 630)

Volumenausbeute (ml/100 g Mehl)	Gärstabilität	Krumenelastizität	Krumenbeschaffenheit	Qualitätsstufe
> 600	gut	gut	weich	5
560 - 600	noch gut	noch gut	fast weich	4
520 – 559	befriedigend	befriedigend	etwas fest	3
<520	nicht befriedigend	nicht befriedigend	fest	2

**Tab. 20:** Qualitätsstufen zur Beurteilung des Backverhaltens von Dinkelvollkornmehlen

Volumenausbeute (ml/100 g Mehl)	Gärstabilität	Krumenelastizität	Krumenbeschaffenheit	Qualitätsstufe
> 450	gut	gut	weich	<b>5</b>
400 - 450	noch gut	noch gut	fast weich	<b>4</b>
350 – 399	befriedigend	befriedigend	etwas fest	<b>3</b>
<350	nicht befriedigend	nicht befriedigend	fest	<b>2</b>

Die Qualitätsstufen zu den vier Beurteilungsmerkmalen werden unter Berücksichtigung ihrer technologischen Bedeutung mit den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Gewichtungsfaktoren multipliziert und so einer gewichteten Bewertung zugeführt.

**Tab. 21:** Gewichtungsfaktoren zur Berechnung der Qualitätszahl

Volumenausbeute (ml/100 g Mehl)	Gewichtungsfaktor
Volumenausbeute	<b>7</b>
Gärstabilität	<b>6</b>
Krumenelastizität	<b>4</b>
Krumenbeschaffenheit	<b>3</b>

Aus der Summe der gewichteten Einzelbewertungen, dividiert durch die Summe der Gewichtungsfaktoren wird die Qualitätszahl berechnet. Mit dieser Qualitätszahl wird das Backverhalten einer der in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Beurteilungsstufen zugeordnet.

**Tab. 22:** Beurteilung des Backverhaltens von Dinkeltypen- und Dinkelvollkornmehlen nach Qualitätszahl

Qualitätszahl	Backverhalten
4,75 – 5,00	<b>sehr gut</b>
4,30 – 4,70	<b>gut</b>
4,00 – 4,25	<b>befriedigend</b>
< 4,00	<b>nicht befriedigend</b>

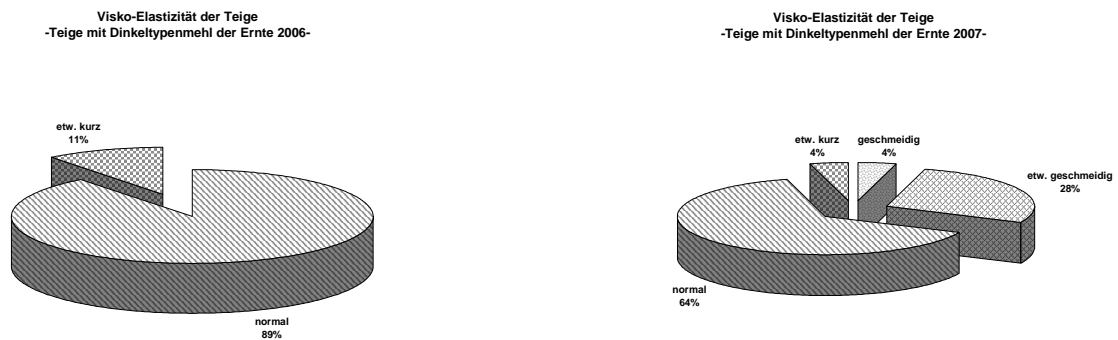
Korrelationen zwischen den Ergebnissen der Bio-Standardbackversuche für Dinkeltypenmehle und Dinkelvollkornmehle werden nach der Beurteilung des Backverhaltens der Getreidemahlerzeugnisse aus den Ernten 2006 und 2007 erstellt.

## 5.5 Ermittlung der sortenspezifischen Verarbeitungseigenschaften (AP 5 & 8)

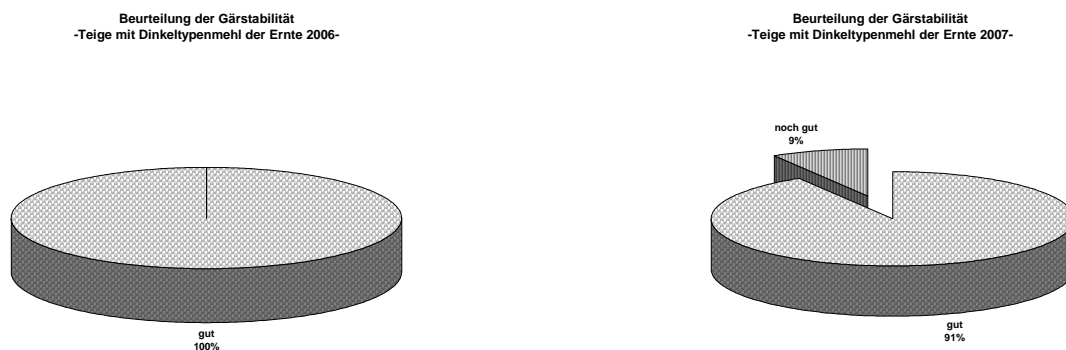
Aus der Ernte 2006 konnten 40 sortenreine Dinkeltypenmehle und 43 sortenreine Dinkelvollkornmehle in standardisierten Bio-Dinkelbackversuchen verbacken werden. Aus der Ernte 2007 standen 92 sortenreine Dinkeltypenmehle und 103 sortenreine Dinkelvollkornmehle zur Beurteilung des Backverhaltens mittels Bio-Standardbackversuchen zur Verfügung. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt aufgrund der vorliegenden Datenmenge und der besseren Übersichtlichkeit wegen vornehmlich grafisch in Diagrammen.

### 5.5.1 Backverhalten von Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn

Während im Backversuch mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn aus der Ernte 2006 nahezu 90 % der Teige normale Teigeigenschaften auswiesen, erhöhte sich mit der Ernte 2007 der Anteil an etwas geschmeidigen und geschmeidigen Teigeigenschaften bei Teigen aus Dinkeltypenmehlen. Dieser Trend war schon aus den im Brabender-Extensographen ermittelten, niedrigeren Verhältniszahlen (2006 = 5,4; 2007 = 2,8) ableitbar.



**Abb. 24:** Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 47)

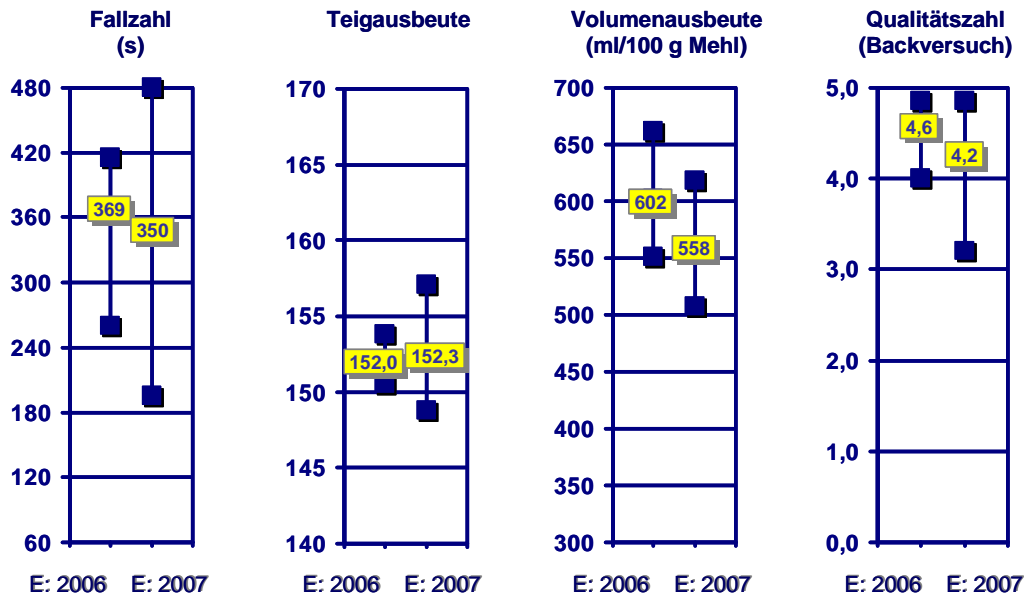


**Abb. 25:** Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 47)

Gleichfalls ging die Gärstabilität der Teige aus Dinkeltypenmehlen der Sorte Franckenkorn bedingt durch das Erntejahr etwas zurück, verblieb jedoch dennoch auf gutem bis sehr gutem Niveau.

Die an Typenmehlen ermittelten Fallzahlen waren in beiden Erntejahren auf gutem Niveau, unterlagen im Erntejahr 2007 jedoch einer größeren Streuung. Die Teigausbeute der Dinkelmehlteige unterschied sich zwischen den Erntejahren nur unwesentlich und liegt im Mittel

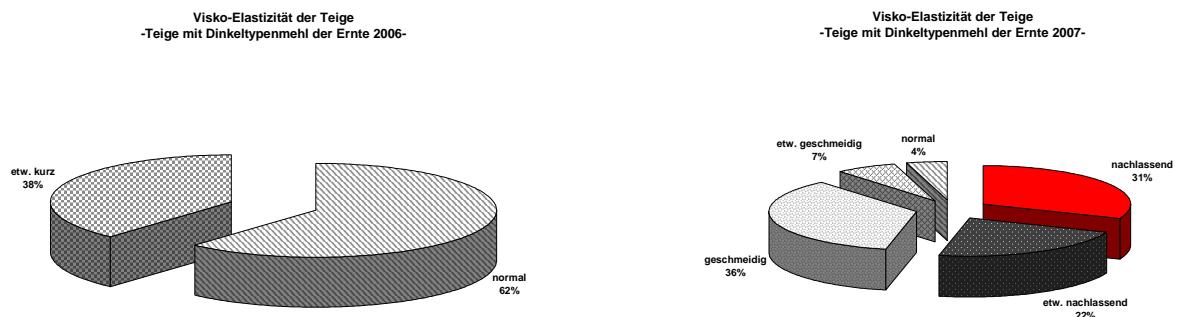
etwa 7 Teile unter der mit Weizenmehl der Type 550 erzielten Teigausbeute. Die Volumenausbeuten sind im Mittel für 2006 mit sehr gut und für 2007 mit befriedigend bis noch gut zu bewerten. Das mittlere Backverhalten der Dinkeltypenmehle aus der Sorte Franckenkorn ist für 2006 mit gut und für 2007 mit befriedigend zu bewerten.



**Abb. 26:** Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle der Dinkelsorte Franckenkorn der Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 47). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

### 5.5.2 Backverhalten von Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn

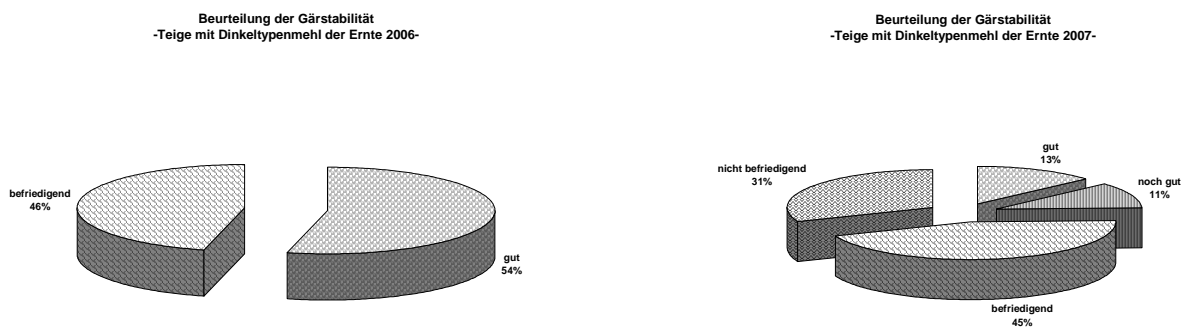
Bei nahezu 2/3 der Teige aus Dinkeltypenmehl der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus der Ernte 2006 wurde die Visko-Elastizität der Dinkelteige mit normal beurteilt, 38 % der Dinkelteige wurden mit etwas kurz charakterisiert. Wesentlich ungünstiger waren die Verarbeitungseigenschaften der Dinkeltypenmehle aus Oberkulmer Rotkorn im Erntejahr 2007. Die Visko-Elastizitäten von Dinkelteigen aus der Sorte Oberkulmer Rotkorn der Ernte 2007 wurden zu 22 % mit etwas nachlassend und zu 31 % mit nachlassend bewertet.



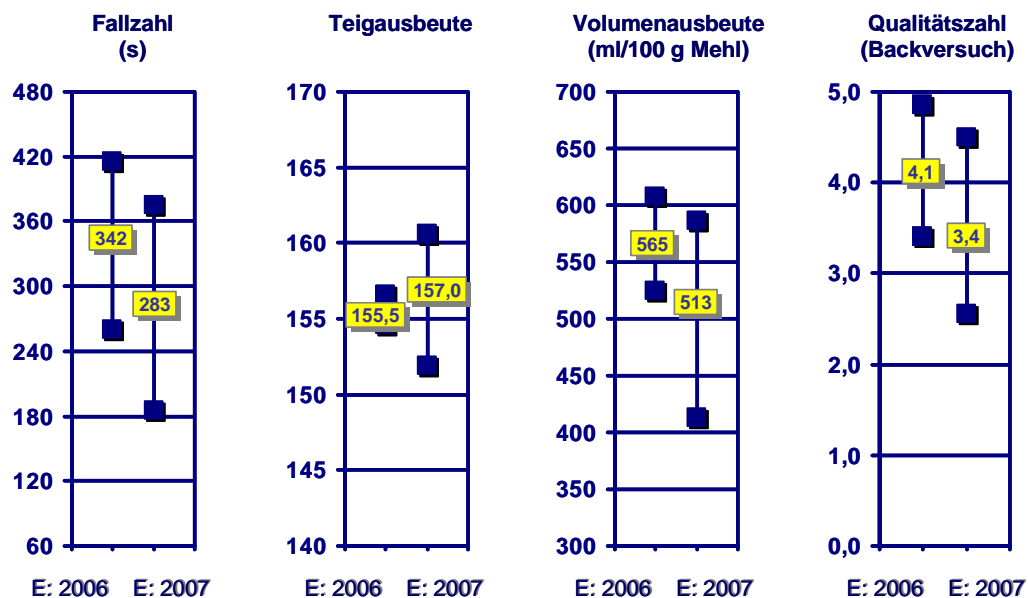
**Abb. 27:** Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 13) und 2007 (n = 45)

Bedingt durch in Richtung nachlassend tendierende Visko-Elastizitäten von Dinkeltypenmehlteigen der Sorte Oberkulmer Rotkorn der Ernte 2007 wird auch die Gärstabilität der

Teige deutlich negativ beeinflusst. Dies wird im nachfolgend aufgezeigten Vergleich deutlich. Ein Grund hierfür könnten die weniger guten Witterungsbedingungen während der Aufwuchs- bzw. der Erntephase sein.



**Abb. 28:** Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 13) und 2007 (n = 45)



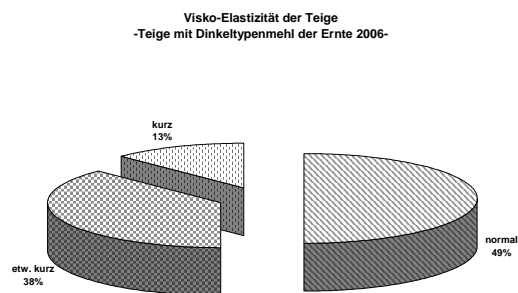
**Abb. 29:** Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn der Ernten 2006 (n = 13) und 2007 (n = 45). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

Die auf Umgebungseinflüsse störanfälligere Reaktion der Sorte Oberkulmer Rotkorn wird bei der Begutachtung der am Mehl gemessenen Fallzahlen bestätigt. Die mittlere Fallzahl der Dinkeltypenmehle lag in 2007 mit 283 s um mehr als 17 % unter der mittleren Fallzahl der mit Getreide der Ernte 2006 ermahlene Dinkelmehle. Trotzdem konnten Dinkeltypenmehle aus Oberkulmer Rotkorn in 2007 im Mittel 1,5 Teile mehr an Wasser binden. Die Volumenausbeute der im Bio-Standardbackversuch erbackenen Brote hat sich im Erntejahr 2007 um nahezu 10 % gegenüber dem Erntejahr 2006 reduziert, sodass letztlich das Backverhalten der Dinkeltypenmehle aus Oberkulmer Rotkorn in 2007 mit nicht befriedigend bewertet werden musste.

### 5.5.3 Backverhalten von Dinkeltypenmehlen verschiedener Dinkelsorten (Ernte 2006)

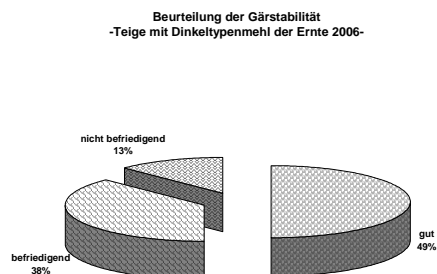
Aus der Ernte 2006 wurden neben den schon erwähnten Dinkelsorten ein Muster der Sorte Sirino, ein Muster der Sorte Schwabenspelz, drei Muster der Sorte Samir, ein Muster der Sorte Alko sowie zwei Stammmuster EP1H zu Dinkeltypenmehlen vermahlen und untersucht. In 2007 standen diese Muster nicht zur Verfügung. Die Ergebnisse werden unter „Verschiedene Sorten“ zusammengefasst, da der Probenumfang eine Einzelauswertung nicht zulässt.

Etwa die Hälfte der Dinkeltypenmehle aus den Prüfmustern zeigte im Bio-Standardbackversuch normale Teigeigenschaften. An der anderen Hälfte der Teige aus Dinkeltypenmehl wurden etwas kurze bzw. kurze Visko-Elastizitäten festgestellt.

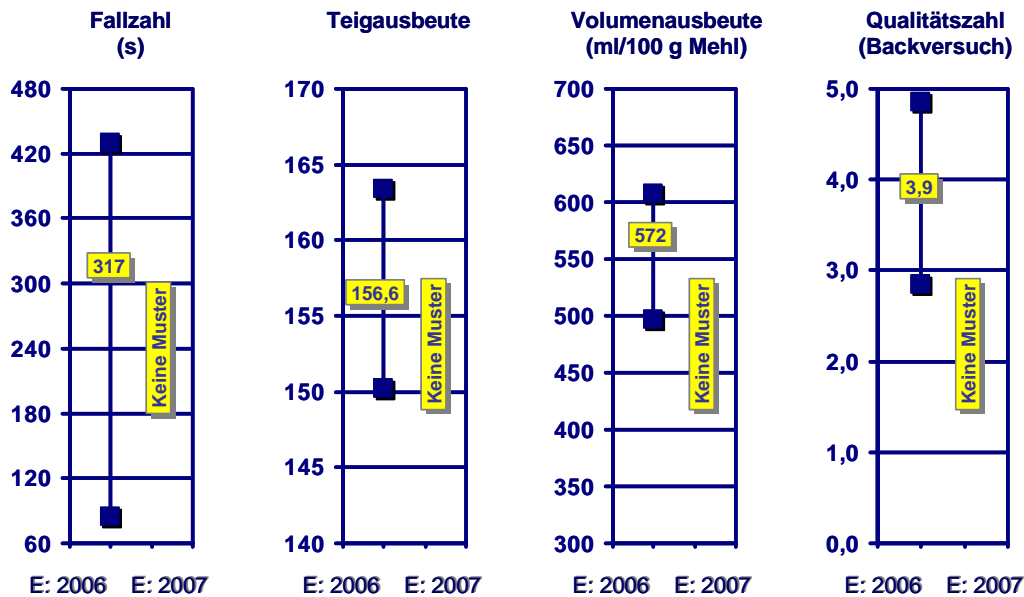


**Abb. 30: Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 8)**

Gleiche prozentuale Anteile ergeben sich auch in der Bewertung der Gärstabilität der Teige aus Dinkeltypenmehl.



**Abb. 31: Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkeltypenmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 8)**



**Abb. 32:** Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle verschiedener Sorten der Ernte 2006 (n = 8). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

Bei den Typenmehlen der verschiedenen Dinkelsorten aus der Ernte 2006 wurde zwar eine recht hohe mittlere Fallzahl mit 317 s errechnet, dabei ist jedoch die große Streubreite der Fallzahlen der Einzelmuster zu berücksichtigen. Die mit den Typenmehlen erzielbaren Teigausbeuten liegen im Mittel in etwa auf dem Niveau der mit Oberkulmer Rotkorn erzielbaren Teigausbeuten, besitzen jedoch ebenfalls eine größere sortenbedingte Streuung. Dagegen sind erzielbare Volumenausbeuten und das Backverhalten im Mittel mit nicht befriedigend zu beurteilen.

### 5.5.4 Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen der Sorte Franckenkorn

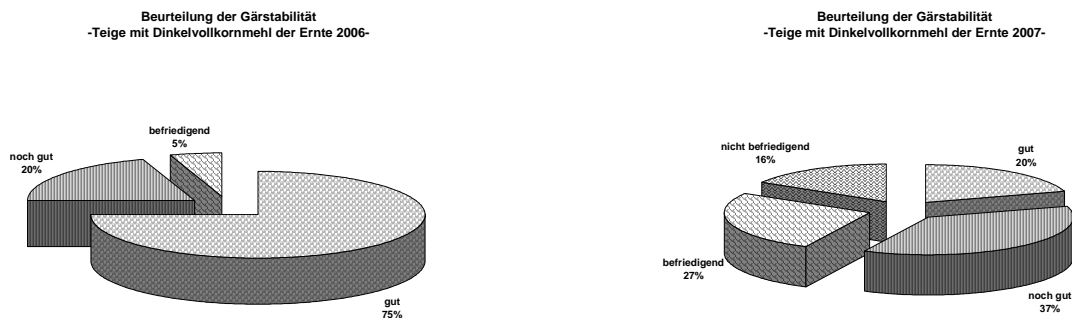
In Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle wurden die Teige mit Dinkel aus der Ernte 2006 zu 95 % mit normalen Visko-Elastizitäten, die Teige mit Dinkelvollkornmehlen der Ernte 2007 zu 80 % mit normalen Visko-Elastizitäten bewertet, jedoch besaßen 14 % der Teige etwas kurze Teigeigenschaften, woraus etwas schlechtere Gärstabilitäten bei den Teigen zu erwarten sind.



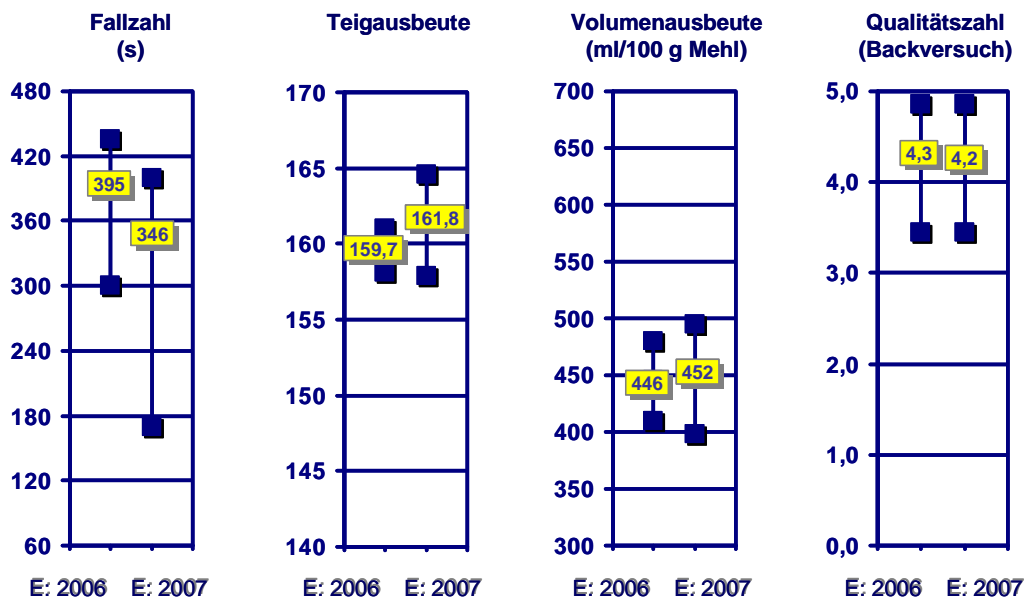
**Abb. 33:** Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 49)

Deutlicher als zu erwarten, zeigten sich die erntebedingten Veränderungen in der Gärstabilität der Teige aus Dinkelvollkornmehl aus Franckenkorn. Der Anteil an Dinkelvollkornmehlteigen mit guten Gärstabilitäten aus der Ernte 2006 und aus der Ernte 2007 verringerte sich von

75 % auf 20 %. Bei 16 % der Dinkelvollkornmehlteige aus Franckenkorn der Ernte 2007 wurde eine nicht befriedigende Gärstabilität festgestellt.



**Abb. 34:** Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Franckenkorn aus den Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 49)



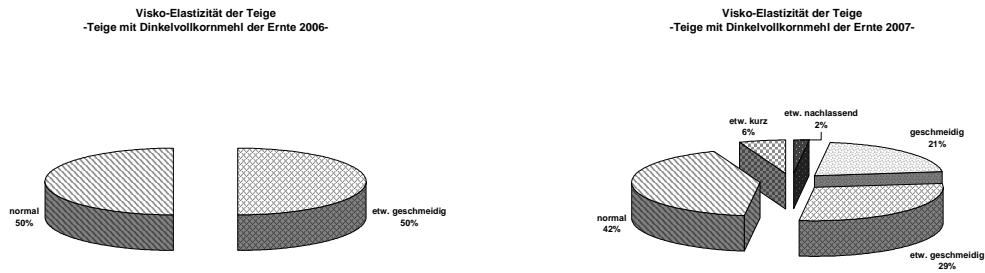
**Abb. 35:** Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle der Dinkelsorte Franckenkorn der Ernten 2006 (n = 19) und 2007 (n = 49). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

Die an Vollkornmehlen aus der Dinkelsorte Franckenkorn ermittelten Fallzahlen lagen bei Prüfmustern aus der Ernte 2006 um ca. 7 % über den an Dinkeltypenmehlen gemessenen Fallzahlen und im Mittel mit 395 s sehr hoch. Die an Dinkelvollkornmehlen der Ernte 2007 ermittelten Fallzahlen waren mit im Mittel 346 s ebenfalls sehr hoch, wenn auch mit einer größeren Streubreite behaftet. Die Teigausbeuten der Dinkelvollkornmehle waren mit etwa 160 bzw. mit ca. 162 etwa 3-5 Teile niedriger als Teige mit Weizenvollkornmehl. Die an Broten ermittelten Volumenausbeuten waren mit etwa 450 ml/100 g Dinkelvollkornmehl mit noch gut und gut zu bezeichnen. Das Backverhalten der Dinkelvollkornmehle aus Franckenkorn war in 2006 im Mittel mit gut und aus der Ernte 2007 im Mittel mit befriedigend zu bewerten. Dieser Qualitätsverlust ist infolge der verminderten Gärtoleranz der Teige aus der Ernte 2007 bedingt. Das im Vergleich zu den Vollkornmehlen etwas besser beurteilte mittlere Backverhalten der Dinkeltypenmehle der Sorte Franckenkorn aus der Ernte 2006 ist vor allem auf die geringere Streuung in der Qualitätszahl zurückzuführen.



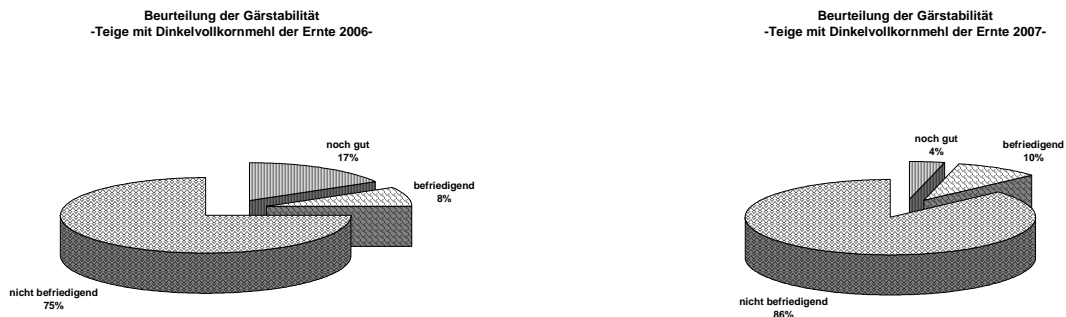
### 5.5.5 Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn

Der Anteil der Dinkelvollkornmehlteige aus Oberkulmer Rotkorn, welche mit normalen Teigeigenschaften bewertet wurden, lag in 2006 bei 50 % und ging mit der Ernte 2007 auf 42 % zurück. Dafür stieg der Anteil der mit etwas kurz beurteilten Teige von 0 auf 6 % an. Stärker verändert hat sich der Anteil an Dinkelvollkornmehlteigen mit weicheren Teigeigenschaften, deren Gesamtanteil zwar in den Erntejahren in etwa gleich blieb, jedoch kam es zu Verschiebungen im Anteil etwas geschmeidiger bis hin zu geschmeidigen und etwas nachlassenden Visko-Elastizitäten der Teige.



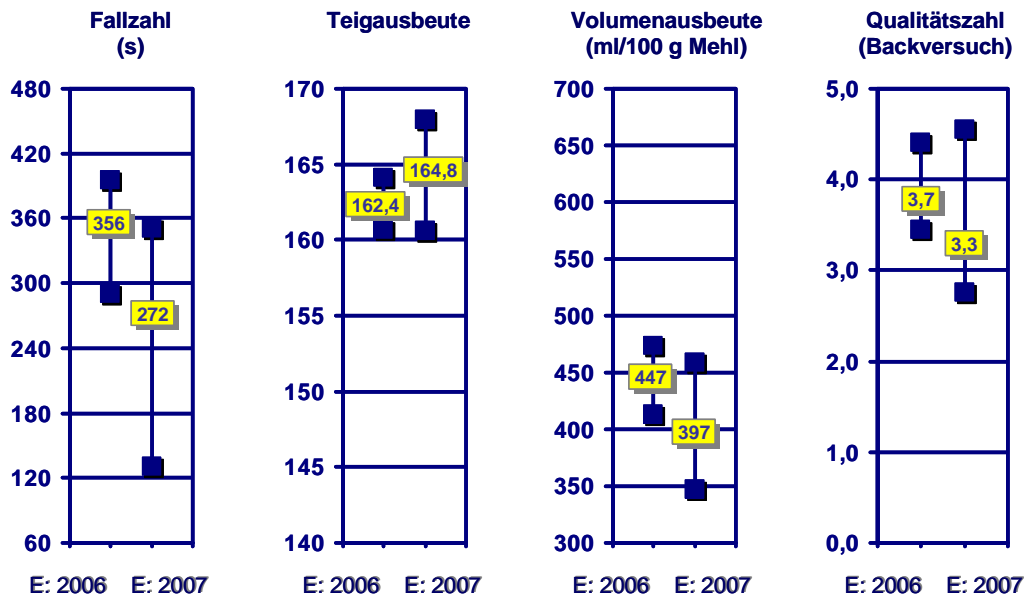
**Abb. 36:** Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 12) und 2007 (n = 52)

Die Teige mit Dinkelvollkornmehlen aus der Sorte Oberkulmer Rotkorn besitzen eine deutlich schlechtere Gärstabilität im Vergleich zu den Teigen mit Dinkeltypenmehlen gleicher Sorte. So sind die Gärstabilitäten der Dinkelvollkornmehlteige zu 75 % im Erntejahr 2006 und zu 86 % im Erntejahr 2007 mit nicht befriedigend im Bio-Standardbackversuch beurteilt worden.



**Abb. 37:** Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen der Sorte Oberkulmer Rotkorn aus den Ernten 2006 (n = 12) und 2007 (n = 52)

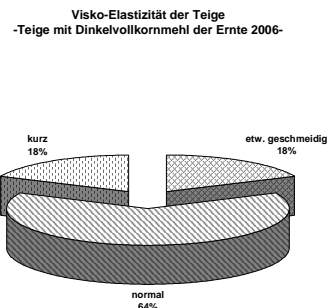
Die aus der Ermittlung der Fallzahl indirekt abgeleiteten Enzymaktivitäten der Dinkelvollkornmahlerzeugnisse spiegeln die mit Dinkeltypenmehl der Sorte Oberkulmer Rotkorn gewonnenen Erkenntnisse wider. Gleiche Trends sind bei der Ermittlung der Teigausbeute feststellbar, wobei die Teigausbeuten der Dinkelvollkornmehlteige aus Oberkulmer Rotkorn in 2007 etwa auf dem Niveau der Teigausbeuten von Weizenvollkornmehlen gleicher Ernte lagen. Das Gebäckvolumen der Dinkelvollkornmehlbrote ist im Mittel für 2006 mit noch gut und für 2007 mit befriedigend zu bewerten. Die Nachteile in der Gärstabilität führen jedoch dazu, dass das Backverhalten der Dinkelvollkornmahlerzeugnisse aus Oberkulmer Rotkorn für den Untersuchungszeitraum mit nicht befriedigend zu bewerten ist.



**Abb. 38:** Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle aus der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn der Ernten 2006 (n = 12) und 2007 (n = 52). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

### 5.5.6 Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen verschiedener Dinkelsorten (Ernte 2006)

Neben den oben aufgeführten Dinkelsorten wurden aus der Ernte 2006 ein Muster der Sorte Sirino, ein Muster der Sorte Schwabenspelz, drei Muster der Sorte Samir, zwei Muster der Sorte Alko, jeweils ein Muster der Sorten Tauro und Titan und zwei Stammmuster EP1H zu Dinkelvollkornmehlen vermahlen und untersucht. Die Ergebnisse zu diesen Dinkelmustern werden unter „Verschiedene Sorten“ zusammengefasst, da die Musteranzahl eine Einzelauswertung nicht zulässt. In 2007 standen nur zwei Prüfmuster der Sorte Sirino zur Verfügung, zu denen in diesem Bericht keine repräsentativen Qualitätsaussagen getroffen werden können.

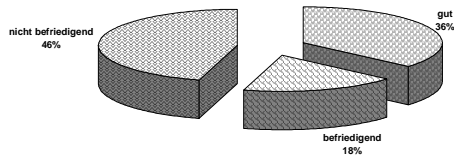


**Abb. 39:** Beurteilung der Visko-Elastizität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 11)

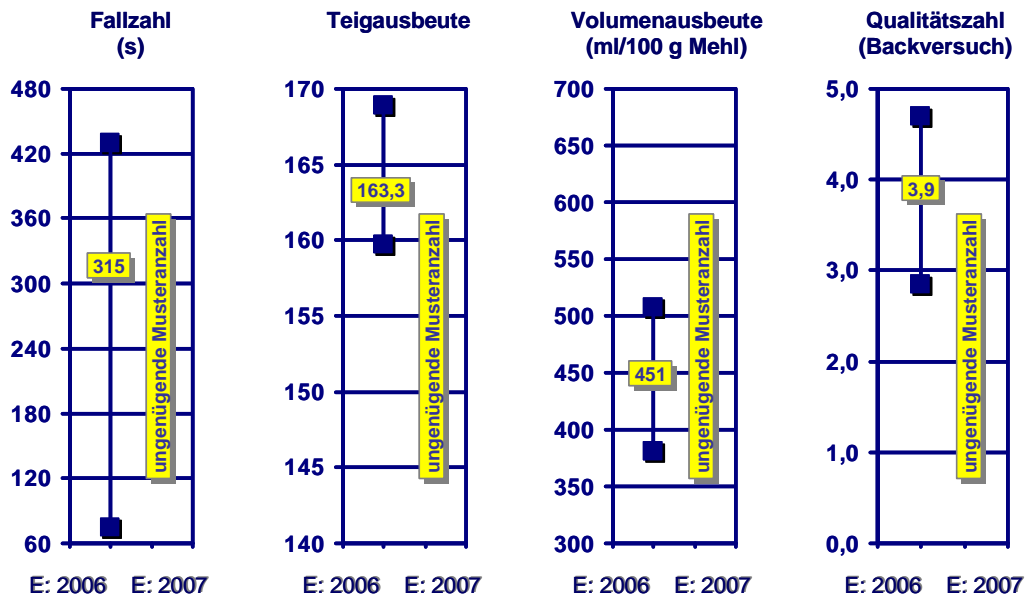
Bei den unter verschiedenen Dinkelsorten zusammengefassten Prüfmustern besaßen 64 % normale, 18 % etwas geschmeidige und 18 % etwas kurze Teigeigenschaften.

Nur 36 % der Teiglinge aus Dinkelvollkornmehlen verschiedener Sorten wiesen gute Gärstabilitäten aus. In nahezu der Hälfte musste den Dinkelvollkornmehlteigen eine nicht befriedigende Gärstabilität zugeschrieben werden.

Beurteilung der Gärstabilität  
-Teige mit Dinkelvollkornmehl der Ernte 2006-



**Abb. 40:** Beurteilung der Gärstabilität von Teigen mit Dinkelvollkornmehlen verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 11)



**Abb. 41:** Ausgewählte Kenndaten aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle verschiedener Sorten aus der Ernte 2006 (n = 11). Dargestellt werden Maximum-, Mittel- und Minimumwerte

Die mittlere Fallzahl der Dinkelvollkornmehle verschiedener Dinkelsorten lag mit 317 s schon deutlich unter den errechneten mittleren Fallzahlen der Vollkornmehle aus den Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn. Diese vergleichsweise reduzierte mittlere Fallzahl wird durch zwei Ausreißer (Sirino, Fallzahl 75 s; Tauro, Fallzahl 185 s) signifikant beeinflusst. Nach Ausschluss dieser beiden Sorten ergibt sich bei den verschiedenen Dinkelsorten eine mittlere Fallzahl von 356 s. Die vergleichsweise hohen Teigausbeuten werden im Mittel entscheidend von den hohen Teigausbeuten der beiden Muster des Prüfstammes EP1H (168,4 bzw. 168,9) beeinflusst. Das mittlere Backvolumen der Dinkelvollkornbrote ist mit 451 ml/100 g Dinkelvollkornmehl mit gut zu bewerten. Trotzdem ist das mittlere Backverhalten der Vollkornmehle aus der Gruppe der verschiedenen Dinkelsorten mit nicht befriedigend, hier wirken sich die Schwächen einer verminderten Gärstabilität der Teige besonders aus, beurteilt worden.

### 5.5.7 Beurteilung des Backverhaltens von sortenreinen Dinkeltypen- und Dinkelvollkornmehlen

Es werden die Verarbeitungseigenschaften sortenreiner Dinkeltypen- und vollkornmehle bewertet. In dieser Auswertung werden nur die Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer

Rotkorn berücksichtigt, da von den anderen untersuchten Dinkelsorten der Probenumfang zu gering und in dem Untersuchungszeitraum zu unterschiedlich war, um eine valide Beurteilung des Backverhaltens dieser Dinkelsorten liefern zu können.

#### *5.5.7.1 Beurteilung des Backverhaltens von Dinkeltypenmehlen*

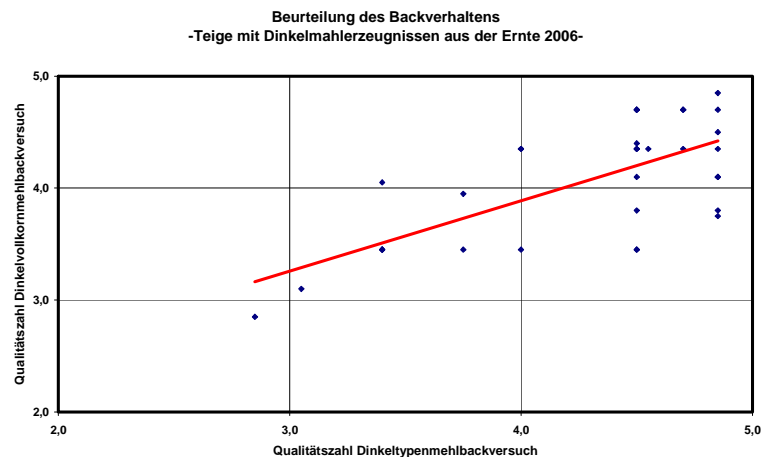
Zwischen den Dinkelsorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn sind bei Typenmehlen bäckereitechnologisch signifikante Unterschiede herausgestellt worden. Typenmehle aus der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn zeigen in einem für die Dinkelqualität klimatisch günstigen Erntejahr 2006 einen vergleichsweise erhöhten Anteil an Teigen mit kurzen Klebereigenschaften. Bei ungünstigeren Witterungsbedingungen (Erntejahr 2007) verschlechtern sich die Verarbeitungseigenschaften von Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Oberkulmer Rotkorn dramatisch und dürften dazu führen, dass eine Vielzahl von Backbetrieben eine derartige Qualität der Getreidemahlerzeugnisse nicht mehr zu qualitativ hochwertigen Backwaren verarbeiten kann. Dies zeigt sich an dem besonders hohen Anteil an Teigen mit etwas nachlassenden bzw. nachlassenden Teigeigenschaften aus der Ernte 2007. Diese Verarbeitungsschwächen zeigen sich auch in der Gärstabilität der Teige. Diese Kenngröße ist aus bäckerischer Sicht besonders bedeutsam, da in der Produktion vielfach Störungen auftreten, deren Bewältigung nur mit ausreichend gärstabilen Teigen möglich wird. Aus weniger günstigen Anbaubedingungen resultieren bei der Dinkelsorte Oberkulmer Rotkorn Typenmehle, deren Gärstabilität nur zu 24 % mit noch gut bis gut zu bewerten ist. Unter vergleichbaren Bedingungen ist die Gärstabilität von Dinkeltypenmehlteigen aus Franckenkorn immer noch zu 100 % mit noch gut bis gut zu bewerten. Daher können mit Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Oberkulmer Rotkorn unter günstigen Bedingungen nur Qualitätszahlen erzielt werden, die bei Dinkeltypenmehlen aus der Sorte Franckenkorn noch unter weniger günstigen Anbaubedingungen erzielt wurden.

#### *5.5.7.2 Beurteilung des Backverhaltens von Dinkelvollkornmehlen*

Die sortenbedingten Unterschiede in den Verarbeitungseigenschaften zeigen sich auch nach der Betrachtung der Untersuchungsergebnisse aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkelvollkornmehle. Im Sortenvergleich weisen die Dinkelvollkornprüfmuster aus Oberkulmer Rotkorn bei gleicher Ausmahlung im Vergleich zu Dinkelvollkornmehlen aus Franckenkorn deutlich weichere Teigeigenschaften aus. Die Gärstabilität von Vollkornmehlteigen aus Oberkulmer Rotkorn ist ebenfalls deutlich schwächer als die Gärstabilität von Vollkornmehlteigen aus der Dinkelsorte Franckenkorn. Die Vorteile einer um etwa 3 Teile erhöhten Teigausbeute von Dinkelvollkornmehlteigen liegen bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn, dafür liegen die Nachteile in der Volumenentwicklung im Erntejahr 2007 ebenfalls bei dieser Sorte. Die mit Vollkornmehlen einhergehende höhere Ausmahlung wirkt sich bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn deutlich negativer auf das Backverhalten aus, sodass in beiden untersuchten Erntejahren das mittlere Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen aus Oberkulmer Rotkorn mit nicht befriedigend zu beurteilen ist.

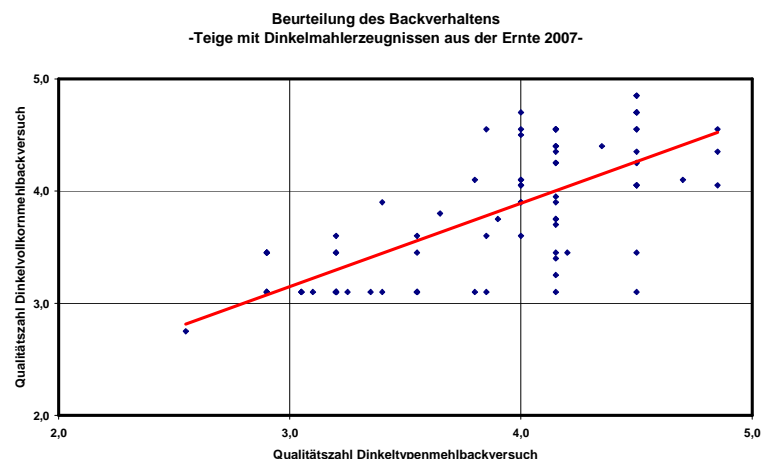
### 5.5.8 Korrelationen zwischen den Ergebnissen aus Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl (Zu AP4)

Vielfach wird erwartet, dass nach Durchführung unterschiedlicher Standardbackversuche mit Prüfmaterial gleicher Herkunft eine gleichartige Bewertung des Backverhaltens einhergeht. Daher werden nachfolgend Korrelationen zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehle und Dinkelvollkornmehle erstellt. Die Anzahl der in die statistische Berechnung eingezogenen Prüfmuster variiert, da von einigen Prüfmustern nur Typenmehle, aber keine Vollkornmehle oder umgekehrt verbacken werden konnten.

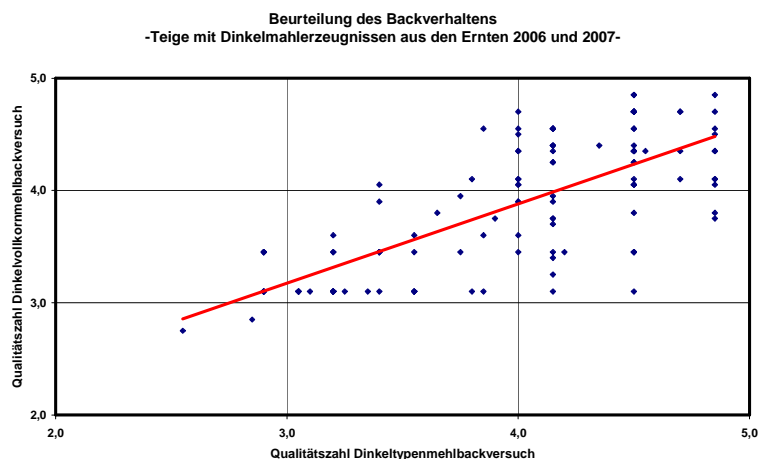


**Abb. 42:** Korrelation ( $R = 0,699$ ) zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl der Ernte 2006 ( $n = 35$ )

Die geringfügig bessere Korrelation zwischen den Qualitätszahlen der Bio-Standardbackversuche mit Mustern aus der Ernte 2007 ist vor allem auf die erhöhte Anzahl an Prüfmustern zurückzuführen.



**Abb. 43:** Korrelation ( $R = 0,736$ ) zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl der Ernte 2007 ( $n = 91$ )



**Abb. 44:** Korrelation ( $R = 0,741$ ) zwischen den Qualitätszahlen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und Dinkelvollkornmehl der Ernte 2006 und 2007 ( $n = 126$ )

Die aufgezeigten Korrelationen zeigen, dass zwischen den Ergebnissen aus den Bio-Standardbackversuchen für Dinkeltypenmehl und für Dinkelvollkornmehl mathematisch betrachtet nur ein bedingter Zusammenhang herzustellen ist. Dies ist zum einen auf die nicht linearen Prüfmerkmale – Gärstabilität der Teige auf Endgare, Krumenbeschaffenheit und Krumenelastizität – zurückzuführen. Auf der anderen Seite enthalten Vollkornmehle einen erhöhten Anteil an nicht oder nur bedingt backfähigen Inhaltsstoffen, welche einen positiven oder negativen Einfluss auf das Backergebnis ausüben können. Der stoffliche Einfluss dieser Inhaltsstoffe konnte nur bei der Volumenausbeute berücksichtigt werden, der Einfluss derselben auf die weiteren zur Qualitätsbeurteilung herangezogenen Kenngrößen führt bei korrelativen Betrachtungen der erzielten Qualitätszahl zu Abweichungen. Des Weiteren bleibt der Einfluss unterschiedlicher Partikelgrößenverteilungen unberücksichtigt.

Im Vergleich des über die Qualitätszahl bewerteten Backverhaltens der Dinkelmehle kann festgestellt werden, dass sich von den jeweils 126 Prüfmustern nur 11 Muster (= 8,7 %) in der Beurteilung des Backverhaltens um mehr als eine Stufe unterscheiden. Davon wurde das Backverhalten von Dinkeltypenmehlen in 10 Fällen besser beurteilt als das Backverhalten von Dinkelvollkornmehlen des gleichen Ausgangsmaterials und nur in einem Fall ergab sich eine vergleichsweise bessere Beurteilung des Dinkelvollkornmehles. Die Qualitätszahl dieser 10 Dinkelmehle lag ausnahmslos über 4,5, sodass aus den vergleichsweise schlechteren Backergebnissen der Dinkelvollkornmehle auf eine Unterbehandlung mit Ascorbinsäure respektive Acerolakirschsafatlösung geschlossen werden kann.

Mit den Bio-Standardbackversuchen kann die Prozesseignung der Dinkelmahlerzeugnisse umfassend und gut beschrieben werden.

## 5.6 Auswertung der Anbaudaten und Erstellung von Anbauempfehlungen (AP 9 & 11)

Die Anbaudaten wurden in Verbindung mit den Ergebnissen aus den Bio-Standardbackversuchen der jeweiligen Probe ausgewertet. Die Sorten und Erntejahre wurden getrennt betrachtet. Dazu wurden Gruppen gebildet nach Ergebnis des Standardbackversuches. So wurden z. B. die Proben der Sorte Franckenkorn Ernte '07 mit der Qualitätszahl „gut“ im Typenmehl-Standardbackversuch ggü. den entsprechenden mit der Qualitätszahl „befriedigend“ betrachtet. Hier zeigte sich ein Problem der Auswertung: Die Unterschiede zwischen diesen direkt angrenzenden Qualitätsgruppen sind fließend und gering. Es war jedoch nicht möglich, deutlicher zu differenzieren, da zu wenige Proben in die Gruppen mit den Qualitätszahlen „sehr gut“ und „nicht befriedigend“ kamen.

**Tab. 23:** Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Typenmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Franckenkorn (FK)

Sorte	Ernte	Qualitätszahl (QZ)	QZ	n in der Gruppe	Ackerzahl	Ertrag (dt/ha)	Saatstärke (kg/ha)	Protein (%)	Feuchtkleber (%)
FK	2007	sehr gut	4,9	1	55	27	130	13,4	30,0
FK		gut	4,5	10	56	30	187	13,0	28,1
FK		befriedigend	4,1	19	64	29	183	12,9	27,9
FK		nicht befriedigend	3,7	1	62	24	180	13,5	29,2
FK	2006	sehr gut	4,9	6	61	37	194	13,7	30,5
FK		gut	4,6	5	66	41	203	14,1	31,2
FK		befriedigend	4,0	2	58	31	200	11,7	24,9
FK		nicht befriedigend	-	0	-	-	-	-	-

(Erläuterung der Qualitätszahl siehe Kap. 5.4)

Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse der verknüpften Auswertung von Einzelproben-Anbaudaten nach Qualitätsgruppen aus dem Typenmehl-Standardbackversuch. Es wird deutlich, dass keine Unterschiede in den Anbaumerkmalen festzustellen sind, ebenso wenig hinsichtlich des Protein- und Feuchtklebergehaltes.

**Tab. 24:** Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Typenmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Oberkulmer Rotkorn (OR)

Sorte	Ernte	Qualitätszahl (QZ)	QZ	n in der Gruppe	Ackerzahl	Ertrag (dt/ha)	Saatstärke (kg/ha)	Protein (%)	Feuchtkleber (%)
OR	2007	sehr gut	4,5	2	60	30	182	15,2	31,9
OR		gut	-	0	-	-	-	-	-
OR		befriedigend	4,2	2	63	23	200	14,5	36,2
OR		nicht befriedigend	3,2	29	46	27	205	14,7	37,1
OR	2006	sehr gut	4,9	2	69	30	180	15,4	39,4
OR		gut	4,5	4	56	34	204	15,4	38,0
OR		befriedigend	-	0	-	-	-	-	-
OR		nicht befriedigend	3,5	5	62	36	164	15,6	38,8

Wie aus Tabelle 24 ersichtlich ist, verhält sich dies bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn ähnlich. Die Ergebnisse aus der Ernte 2007 lassen wegen geringer Probenzahl in den höheren Qualitätsgruppen keine Schlussfolgerung zu. Sie bestätigen die bereits aus den Landessortenversuchen gewonnenen Ergebnisse (OR mit höherem Rohprotein- und

Feuchtklebergehalt). Die Tabellen 23 und 24 zeigen auch, dass die Anzahl der Proben, die kein befriedigendes Backverhalten zeigen, bei OR wesentlich höher ist als bei Franckenkorn. Das liegt darin begründet, dass er häufig kurze Teigen oder nachlassende Teige aufwies.

**Tab. 25:** Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Vollkornmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Franckenkorn (FK)

Sorte	Ernte	Qualitätszahl (QZ)	QZ	n in der Gruppe	Ackerzahl	Ertrag (dt/ha)	Saatstärke (kg/ha)	Protein (%)
FK	2007	sehr gut	4,9	2	58	34	130	13,4
FK		gut	4,5	13	65	31	187	13,0
FK		befriedigend	4,1	8	54	23	183	12,9
FK		nicht befriedigend	3,7	9	62	29	180	13,5
FK	2006	sehr gut	4,9	1	40	35	200	14,1
FK		gut	4,5	10	57	37	199	13,6
FK		befriedigend	4,1	2	60	34	195	13,0
FK		nicht befriedigend	3,8	2	59	28	215	12,2

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse für den Vollkornmehl-Standardbackversuch bei der Sorte Franckenkorn. Auch hier für die Anbaumerkmale keine wesentlichen Unterschiede. Der geringere Ertrag bei den Proben mit der Qualitätszahl „befriedigend“ aus der Ernte 2007 legt keine weiteren Schlüsse nahe. Da es sich um Ertragsschätzungen handelt, kann dieser Wert auf falschen Angaben beruhen. Auf die Ermittlung der mittleren Feuchtklebergehalte in den Gruppen wurde verzichtet, da dies keine weiteren Erkenntnisse verspricht.

**Tab. 26:** Anbau- und Qualitätsmerkmale der Proben aus dem Vollkornmehl-Standardbackversuch nach Qualitätsgruppen, Sorte Oberkulmer Rotkorn (OR)

Sorte	Ernte	Qualitätszahl (QZ)	QZ	n in der Gruppe	Ackerzahl	Ertrag (dt/ha)	Saatstärke (kg/ha)	Protein (%)
OR	2007	sehr gut	-	0	-	-	-	-
OR		gut	4,6	1	35	26	180	13,1
OR		befriedigend	4,1	1	75	35	133	15,2
OR		nicht befriedigend	3,3	38	50	26	204	14,8
OR	2006	sehr gut	-	0	-	-	-	-
OR		gut	4,4	1	60	30	14,8	14,8
OR		befriedigend	4,1	1	50	39	14,3	14,3
OR		nicht befriedigend	3,6	9	62	34	15,5	15,5

Tabelle 26 stellt die entsprechenden Ergebnisse bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn dar. Auch hieraus lassen sich keine Schlussfolgerungen für den Anbau ziehen. Fast alle Proben erhielten die Qualitätszahl „nicht befriedigend“, eine größere Anzahl Proben mit gutem Backergebnis zum Vergleich der Anbauparameter ist nicht vorhanden.

Anbauempfehlungen für die einzelnen Sorten können aus den Erhebungen im Praxis-Forschungsprojekt demnach nicht abgeleitet werden. Es gelten weiterhin die bisherigen Anbauempfehlungen der Züchter.

Der Einfluss der Witterung schlägt sich in den Klebereigenschaften der Dinkelproben nieder. Oberkulmer Rotkorn zeigte einen weicheren Kleber. Im Erntejahr 2007 war diese Eigenschaft bzw. der Sortenunterschied hierbei deutlicher erkennbar. Ebenso zeigte Oberkulmer Rotkorn aus der Ernte 2007 überwiegend nachlassende Teige, wobei in diesem



Jahr auch der Franckenkorn in diese Richtung tendierte. Dies war jedoch nicht so deutlich ausgeprägt wie beim Oberkulmer Rotkorn. Eine Ursache für diese Backeigenschaften sind sicherlich die im Erntejahr 2007 geringeren Fallzahlen vor allem beim Oberkulmer Rotkorn, der ohnehin zu geringeren Fallzahlen als Franckenkorn tendiert. Für den Anbau lässt sich daraus die Schlussfolgerung ableiten, dass der Oberkulmer Rotkorn anfälliger gegenüber unbeständiger Witterung in der Ernte ist und bei schlechtem Wetter rund um die Ernte sehr viel stärker mit Qualitätseinbußen zu rechnen ist. Begründet ist dies vor allem in seiner Strohlänge und damit verbundenen Lageranfälligkeit.

Die Sorte Oberkulmer Rotkorn wies im Erntejahr 2007 etwas geringere SDS-Sedimentationswerte auf. Im Anbau begründete Ursachen dafür lassen sich aus den vorliegenden Daten jedoch nicht ableiten.

## 5.7 Veröffentlichung der Ergebnisse (AP 12)

Die vorliegenden Ergebnisse wurden auf vier Veranstaltungen mit verschiedenen Zielgruppen der Öffentlichkeit vorgestellt. Dies waren ein Vortrag mit dem Titel „Projektergebnisse zu Anbau und Verarbeitung von Bio-Dinkel“ im Rahmen der BioFach Messe in Nürnberg am 20.02.09 durch Frau Kähler und Herrn Dr. Münzing sowie ein Vortrag von Herrn Dr. Münzing auf der 14. Mitteldeutschen Müllerei-Fachtagung für Technologie, Qualitätsbeurteilung und Wirtschaft vom 13. – 14.03.2009 in Halle (Saale) mit dem Titel „Vermahlungsstudie zur Herstellung von Vollkorn- und Typenmehlen am Beispiel von Dinkel“. Beide Vorträge waren sehr gut besucht und es gab eine rege Diskussion mit den Zuhörern.

Weiterhin wurden die Projektergebnisse auf zwei Seminaren interessierten Bäckern und Landwirten vorgestellt. Dies waren die Veranstaltungen „Rohstoffcharakterisierung und Verarbeitung von Bio-Dinkel“ am 4.03.09 in der Bäckerfachschule Hannover und am 21.04.09 im Sonnenzentrum in Rottenburg. Hier informierten sich 27 bzw. 26 PraktikerInnen über die Dinkelverarbeitung und legten beim Standardbackversuch auch einmal selbst Hand an.



Abb. 45: Teilnehmer fühlen und diskutieren beim Dinkelseminar am 4.03.09 in Hannover

In Hannover wurde die Veranstaltung durch Herrn Unbehend und Herrn Neumann (MRI) sowie Frau Plaumann und Frau Kähler begleitet. In Rottenburg führten sie gemeinsam Herr Dr. Münzing, Frau Kähler und Herr Wenzel (vom Bioland LV Baden Württemberg) durch.

Es wurde noch einmal deutlich, dass der Vollkornbereich eine hohe Relevanz hat und die meisten Bio-Bäcker es vorziehen, den Dinkel ohne Acerolazusatz zu verarbeiten.

Als Mittel zur Verbreitung von Handlungsempfehlungen zum Dinkelanbau und zur Dinkelverarbeitung wird darüber hinaus ein Leitfaden dienen, der aus dem Projekt entstanden ist. Dieser erscheint in der Reihe der FiBL-Merkblätter (FiBL = Forschungsinstitut für biologischen Landbau in Frick (CH)) und wird ab September kostenfrei gegen Versandkostenersatz erhältlich sein. Eine pdf des Leitfadens wird im Internet zum kostenfreien Download verfügbar gemacht.

Der Leitfaden behandelt alle Aspekte vom Anbau über die Aufbereitung bis hin zur bäckerischen Verarbeitung. Er umfasst 20 Seiten und kann als Unterlage für die Beratung und die Praxis dienen. Über die Projektergebnisse hinaus enthält er in knapper Form aufbereitete umfassende Informationen, die als Grundlage für den Einstieg oder die Weiterentwicklung des eigenen Anbaus bzw. der Verarbeitung von Dinkel geeignet sind.

Als Anerkennung für Ihre Mitwirkung im Projekt werden alle Probeneinsender einen Leitfaden zugeschickt bekommen, ebenso alle Mitglieder des begleitenden Ausschusses. Auf diesem Wege wird gleichzeitig über den Abschluss des Projektes und seine Ergebnisse informiert.

## 6 Zusammenfassung

Der vorliegende Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Erstellung eines Leitfadens zur Verarbeitung und zum Anbau von ökologischem Dinkel“ beschreibt die im Projektzeitraum April 2007 bis März 2009 durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse. Vorgehensweise und Methoden der Projektpartner Max-Rubner-Institut (Müllerarbeiten, Sensorik, Analytik, Rheologie und Bäckereiwesen) und Bioland e. V. (Zielgruppenbefragung, Probenakquise, Anbauteil, Praxistransfer der Erkenntnisse) sowie notwendige Anpassungen in Zielsetzung und Projektablauf werden erläutert.

Die Projektaktivitäten starteten mit der Akquise von Getreide- und Gebäckproben sowie einer Verarbeiterbefragung. Rund 155 Dinkelproben der Sorten Franckenkorn und Oberkulmer Rotkorn von Anbaustandorten deutschlandweit wurden erfasst, dokumentiert und vergleichend untersucht. Dazu kommen einige Einzelproben von Sorten aus ökologischer Züchtung.

Aus dem Projekt entstanden ein Anforderungsprofil für Dinkelvollkornbrote und Dinkelkleingebäck aus ökologischer Verarbeitung sowie eine sensorische Datenbank mit einer Bewertung des Geschmacks- und Aromapotentials ökologischer Dinkelherkünfte der Erntejahre 2006 und 2007. Es wurden Einschätzungen zur Eignung unterschiedlicher Versuchsmehle und Methoden (→ Sedimentationswert) zur Charakterisierung der Proteinqualität von Dinkel gewonnen und ein Standard zur Schälung im Labormaßstab sowie zur Vermahlung von Dinkel auf dem Bühler-Labor-Mahlautomaten entwickelt. Zudem wurden ein Bio-Standardbackversuch für Dinkelvollkornbrote sowie ein Bio-Standardbackversuch für Dinkeltypenmehlbrote (Type 630) (beides Kastenbackversuche) erarbeitet, die das Verarbeitungspotential der Dinkelmahlerzeugnisse gut beschreiben.

Aus dem Vergleich der Proben in den Standardbackversuchen ergibt sich insgesamt ein besseres Backverhalten bei der Sorte Franckenkorn. Es zeigt sich eine höhere Anfälligkeit der Sorte Oberkulmer Rotkorn für ungünstige Witterungsverhältnisse in der Anbau- und Erntephase. Oberkulmer Rotkorn hat einen weicheren Kleber als Franckenkorn und eine schlechtere Gärstabilität, tendenziell allerdings höhere Teigausbeuten als Franckenkorn. Im Vollkornmehlbereich erreicht Oberkulmer Rotkorn ähnliche Volumenausbeuten wie Weizen. Die Wirkung von Acerolakirschkornpulver und Sauerteig, eine Erhöhung der Teigtemperatur sowie der Einsatz verschiedener Fette und von Bio-Lecithin bzw. Bio-Guarkernmehl zur Optimierung der Herstellungsverfahren wurden untersucht. Es ergaben sich zum Teil leichte Verbesserungen in Gebäckvolumen und Gärstabilität. Weiterhin wurden die Einflüsse von Vorteig und Teigruhezeit sowie Mehlmischungen aus den Sorten untersucht. Unter den gegebenen Bedingungen hatte der Einsatz eines Vorteiges negative Auswirkungen auf das Backergebnis. Die Verlängerung der Teigruhezeit wirkte bei der Sorte Oberkulmer Rotkorn positiv. Bei der Verwendung von Mehlmischungen setzte sich jeweils die Sorte mit dem mengenmäßig größeren Anteil mit ihren Eigenschaften durch. Bei gleichen Anteilen dominierte Oberkulmer Rotkorn.

## 7 Literaturverzeichnis

Liste der verwendeten Basisliteratur sortiert nach inhaltlicher Zugehörigkeit:

### **Kornanalytische Aspekte**

ICC 104/1: Bestimmung der Asche von Getreide und Mahlprodukten aus Getreide. Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und –technologie (Wien), 2001

ICC 105/2: Bestimmung des Rohprotein in Getreide und Getreideprodukten für Nahrungs- und Futtermittel. Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und –technologie (Wien), 2001

ICC 155: Bestimmung der Feuchtglutenmenge und –qualität (Gluten Index nach Perten) von Weizenvollkornschrot und Weizenmehl (*Triticum aestivum*). Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und –technologie (Wien), 2001

ICC 151: Bestimmung des Sedimentationswertes – SDS-Test bei Durumweizen. Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und –technologie (Wien), 2001

ICC 107/1: Bestimmung der Fallzahl nach Hagberg-Perten als Mass der Alpha-Amylase-Aktivität im Getreide und Mehl. Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und –technologie (Wien), 2001

### **Müllereitechnische Aspekte**

Abdel-Aal, E./Wood, P.: Speciality Grains for Food and Feed. – AACC (Hrsg.) St. Paul, USA (2005).

Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung/Agf (Hrsg.): Standardmethoden Für Getreide Mehl Und Brot, 7. Überarb. Und Erw. Auflage. – Verlag Moritz Schäfer, Detmold (1994).

Belitz, H.-D./Seilmeier, W./Wieser, H: Die Proteine des Dinkels (*Triticum spelta*). – Z. Lebensm. Unters. Forschung 189 (1989) 1, S. 1-5.

Brümmer, J.-M./Seibel, W.: Herstellung von Lebensmitteln aus Spelz- und Schälgetreide - Brot- und Kleingebäck.- in: Spelz- und Schälgetreide, Hrsg.: Seibel, W./Steller, W.: Behr's Verlag, Hamburg (1993).

Bundessortenamt: Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte, 2008.- Deutscher Landwirtschaftsverlag, Hannover (2008).

KÖN (Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen): Dinkel-Workshop, Ergebnisse der Diskussionsgespräche, Hannover, 28.03.2006 (unveröffentlicht).

Münzing K.: Standardisierung von Laborschälverfahren für Dinkelweizen (*Triticum spelta*).- in: Jahresbericht 2001 der BAGKF (Veröffentlichungs-Nr. 7393) (WO)

Münzing, K.: Einkorn, Emmer und Dinkel – Technologische Ansätze zur Qualitätsförderung, Einkorn, Emmer und Spelt – technological potential for quality improving.– Landbauforschung Völkenrode 2004. Sonderheft 273 S. 1-5 (Veröff.-Nr. 7599 der BFEL, Detmold)

Münzing, K.: Qualität und Verarbeitungswert von heimischem Öko-Dinkelweizen. – Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2007. Schwerpunkt Pflanze. – Landbauforschung FAL Sonderheft 314, 2007 S. 79-97

Münzing, K.: Qualität und Verarbeitungswert von Öko-Dinkel. – Statusseminar, Das Neuste aus der Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, 11. Oktober 2007 in Detmold

Münzing, K.: Qualität und Verarbeitungswert von Öko-Dinkel. – Statusseminar, Das Neuste aus der Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, 11. Oktober 2007 in Detmold, Seite Münzing, K., Wolf, K. und Seling, S.: Weizen und Dinkel aus dem inländischen Öko-Anbau der Ernte 2007 – Mühle + Mischfutter; 145. 5. 2008, 129-136  
75 -97

Münzing, K., Wolf, K. und Seling, S.: Weizen und Dinkel aus dem inländischen Öko-Anbau der Ernte 2007 – Mühle + Mischfutter; 145. 5. 2008, 129-136

Münzing, K. und Seling, S.: Bericht zur Qualität des deutschen Ökogetreides. – Praxishandbuch Bio-Lebensmittel; 13. Ergänzungslieferung, Juni 2008, 4.7. 1-26)

Münzing, K.: Neue Aspekte zur qualitätsorientierten Verarbeitung von Öko-Dinkel. – Praxishandbuch Bio-Lebensmittel; 14. Ergänzungslieferung, September 2008, 4.8. 1-22

Zwingelberg, H. und K. Münzing: Grünkern - Einfluß von Sorte, Erntezeitpunkt und Darre auf die Qualitätseigenschaften (Immatured Spelt-effect of variety, harvest time and heat treatment on the quality properties).- in: Dinkelacker Stiftung (Hrsg.): 2. Hohenheimer Dinkelkolloquium vom 21./23. März 1991 an der Universität Hohenheim (1991) S. 213 - 242 (Veröffentl.-Nr. 6027) (WO)

Zwingelberg, H.: Müllerische Bearbeitung.- in: W.Seibel und W. Steller (Hrsg.): Spelz- und Schälgetreide.- Behr's-Verlag, Hamburg 1993, S. 81 - 113

### **Bäckereitechnische Aspekte**

Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (Hrsg.): Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot.-Verlag Moritz Schäfer (1994). 7. überarbeitete und erweiterte Auflage, 328 Seiten

Schmitz, K.: Dinkel, ein Getreide mit Zukunft für die Bäckerei? -Getreidetechnologie 59 (2005).1, S.48-51

Franck, P.: Dinkel als Rohstoff in der Getreideverarbeitung (Sortenfragen, ernährungsphysiologische Bedeutung).- Getreidetechnologie 59(2005).2, S.123-125

Seiffert, M.: Herstellung von Dinkelspezialitäten mit Vorteigen. -Getreidetechnologie 59(2005).1,S.26-30, 35

Bonafaccia, G.; Galli, V.; Francisci, R.; Mair, V.; Skrabanja, V.; Kreft, I.: Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread.-Food Chemistry 68(2000).4,S.437-441

Schober, T.; Kuhn, M.: Einsatz von Kapillarelektrophorese und fundamentalrheologischen Methoden in der Sortendifferenzierung bei Dinkel.-Getreide Mehl und Brot 53 (1999). 3, S.169-176

Wieser, H.; Kieffer, R.; Mück, U.; Reents, H.J: Einfluß von Sorte und Standort auf Ertrag und Qualität von Dinkel aus ökologischem Landbau.- Bericht Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (1998), S.208-225

Reents, H.J.; Wieser, H.; Kieffer, R.; Mück, U.: Qualitätseigenschaften verschiedener Dinkelsorten unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus.- Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 10(1997).S.253-254

Schmidt, R.; Haugstätter, M.: Winterweizen und Dinkel im Sortenversuch auf Öko-Betrieben in Baden- Württemberg.- Lebendige Erde (1997).4,S.301-309

Gapp, E.:Dinkel in Anbau und Ernährung.-Lebendige Erde (1996).6, S.391-403

## **Allgemein**

Beck, A. (1995): Kleine Dinkelmonographie. Unveröffentlicht, erhältlich beim Autor, Büro Lebensmittelkunde & Qualität, Oberleichtersbach.

Becker, H.-G.: Buchweizen, Dinkel, Gerste, Hafer, Hirse und Reis - Die Schäl- und Spelzgetreide und ihre Bedeutung für die Ernährung.- AID Verbraucherdienst 39(1994).6, S.123-130

Buß, J. (1997): Rheologische, backtechnologische und proteinchemische Untersuchungen an Dinkelsorten. Diplomarbeit an der TUM – Weihenstephan. (zitiert in 9)

Dinkelacker Stiftung (HRSG.) (1988): Vorträge auf dem 1. Dinkelsymposium (29. Juli 1988) in der Universität Hohenheim. Eigenverlag, Stuttgart.

Dinkelacker Stiftung (HRSG.) (1991): Vorträge auf dem 2. Hohenheimer Dinkelkolloquium vom 21./22. März 1991 an der Universität Hohenheim. All design Verlag, Stuttgart.

Gräber, S. (1993): Mehl- und Teigeigenschaften des Dinkels – Meßmethoden, Sorteneinflüsse, Anbaueinflüsse. Dissertation an der Fakultät für allgemeine und angewandte Naturwissenschaften der Universität Hohenheim. Eigenverlag, Stuttgart.

Hagmann, T. (1987): Dinkelanbau – Mit besonderer Berücksichtigung der Kornqualität aus dem Feldversuch Tachenhausen 1986. Diplomarbeit am Fachbereich Landwirtschaft der Fachhochschule Nürtingen.

Kujat, H. (1985): Dinkel – Das vergessene Korn. Bedeutung und Zukunftsperspektiven. Diplomarbeit am Fachbereich pflanzliche Produktion der Fachhochschule Nürtingen.

Nüsse, C. (1999): Wachstumsphysiologische und Qualitätsuntersuchungen bei Winterdinkel (*Triticum spelta* L.) im Vergleich zu Winterweizen (*Triticum aestivum* L.). Inaugural-Dissertation beim Fachbereich Agrarwissenschaften und Umweltsicherung der Justus-Liebig-Universität Gießen. Eigenverlag, Gießen. (TIB)

Radic-Miehle, H. (2000): Charakterisierung von Speicherproteinen und Speicherprotein-Genen des Dinkels (*Triticum spelta* L.) sowie Abgrenzung zum hexaploiden Weizen (*Triticum aestivum* L.). Verlag Grauer, Stuttgart. (TIB)

Reents, H.-J. und U. Mück (HRSG.) (1999): Alte und neue Dinkelsorten – Anbaueignung, Back- und Nahrungsqualität. Schriftenreihe des Instituts für biologisch-dynamische Forschung, Band 10. Eigenverlag, Darmstadt.

Scheibe, B. (1999): Elektrophoretischer und immunchemischer Nachweis potentiell allergener Lebensmittelbestandteile sowie Charakterisierung und Identifizierung von Dinkel- und Weizenmehlallergenen. Dissertation am Institut für Lebensmitteltechnologie und Analytische Chemie der Technischen Universität München. Eigenverlag, München. (TIB)

Schober, T. (2001): Eigenschaften der Kleberproteine des Dinkels – Entscheidungshilfen für Züchtungsprogramme aus technologischer Sicht. Dissertation an der Fakultät für allgemeine und angewandte Naturwissenschaften der Universität Hohenheim. Eigenverlag, Stuttgart.

Servay, E. (1987): Anbautechnik und Verwertung von Dinkel (*Triticum spelta*) mit Berücksichtigung des Feldversuches der Fachhochschule Nürtingen. Diplomarbeit am Fachbereich Landwirtschaft der Fachhochschule Nürtingen.

## **8 Übersicht über die realisierten Veröffentlichungen**

Münzing, K. und M. Lüders (2007): Untersuchungen zum Geschmacks- und Aromapotential von Rohgetreide – 2. Teil: Standard-Methode zur Bestimmung der sensorischen Qualität. Getreidetechnologie 61, S. 85 – 89.

Münzing, K. (2007): Qualität und Verarbeitungswert von heimischem Öko-Dinkelweizen. Beitrag im demnächst erscheinenden FAL-Sonderheft.

KÖN (Hrsg.) (09/2007): Berichte aus dem KÖN - September. Beitrag zum Projekt im monatlichen Newsletter des Kompetenzzentrums Ökolandbau Niedersachsen GmbH.