

Äußere und innere Kornqualität der Pseudocerealien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) in Abhängigkeit vom Anbauverfahren

W. Aufhammer, E. Kübler und J. H. Lee

Grain quality of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) in relation to growing conditions

1. Einleitung und Literaturübersicht

Aus dem Korngut von Buchweizen, Reismelde oder Amarant hergestellte Lebensmittel werden, mit regionalen Schwerpunkten (Tab. 1), weltweit verzehrt (GLOWIENKE, 1997). In Mitteleuropa sind Amarant und Reismelde als Körnerfruchtarten weitgehend unbekannt. Buchweizen, früher angebaut, ist wieder in Vergessenheit geraten. Erst in jüngerer Zeit werden in Reformhäusern und Naturkostläden verschiedene Produkte, z. B. Riegel, Müsli, Kekse, polierte Reismeldekörner, ganze, z. T. gepoppte Amarantkörner, Mehle etc. angeboten (Tab. 2). In zunehmendem Maße beziehen auch Bäckereien das Korngut dieser Arten als Zusatzrohstoffe. Die Nachfrage kommt in erster Linie von

besonders gesundheitsbewußten Verbrauchern (AUFHAMMER et al., 1995). Darüber hinaus stellen Produkte aus Pseudocerealien für Zöliakie- und Neurodermitis-Patienten, die auf glutenfreie Ernährung angewiesen sind, eine gefragte Ergänzung des verträglichen Lebensmittelspektrums dar (KUHN et al., 1996). Der Rohstoffbedarf wird nahezu ausschließlich durch Importe gedeckt. Bisher ist die Basis für einen Anbau in Mitteleuropa gering. Erste Ansätze sind beispielsweise in Polen, auch in Österreich zu verzeichnen.

Nach MOHR-LÜLLMANN (1994) wird die Qualität von Lebensmitteln ernährungswissenschaftlich über die Anteile an Grundnährstoffen (Eiweiße, Fette, Kohlenhydrate), an Ergänzungstoffen (Mineralstoffe, Spurenelemente, Vita-

Summary

An introductory survey summarizes traditional and actual products made of buckwheat, quinoa and amaranth grains. Additionally a table about the range of grain ingredients is briefly discussed. The following investigations were designed, to answer the question: how far do temperate climatic conditions allow, to produce marketable grain yields? Grain yields harvested in a two years field experiment were analyzed concerning external quality traits (1000 grain weights, sieve fractions and grain colours) and internal quality traits (ingredients, fatty acids). The factorial field experiments included varieties of each species and sowing densities combined with N-rates.

Besides general differences between the varieties quality traits were more affected by the years as related to the production measures. Not all traits reached the expected levels completely. Especially sieve fractions and grain colours should be improved. In consideration of these deficiencies marketable grain yields can be produced even under temperate climatic conditions, further research provided. Predominantly investigations should include the effects of fungal diseases of the inflorescences on grain quality traits.

Key words: grain quality traits, buckwheat, quinoa, amaranth.

Zusammenfassung

Voraus geht ein Überblick über traditionelle und neue Verwertungsrichtungen sowie über die Zusammensetzung des Kornguts von Buchweizen, Reismelde und Amaranth. Im Mittelpunkt der anschließenden Untersuchungen steht die Frage, wie weit unter gemäßigten Bedingungen mit den genannten Arten Korngut mit Marktqualität produziert werden kann. Zur Beantwortung wurde Korngut aus zweijährigen Feldversuchen mit pflanzenbaulicher Variation (Sorten, Saardichten kombiniert mit N-Düngungsstufen) analysiert. Sowohl äußere (Tausendkorngewicht, Sortierung, Farbe) als auch innere Qualitätskriterien (Grundnährstoffgehalte, Fettsäuremuster) wurden erfaßt.

Von generellen Sortenunterschieden abgesehen, variierten die jahresverschiedenen Aufwuchsbedingungen die Kornqualität stärker als die produktionstechnischen Maßnahmen. Wenn auch nicht alle Kriterien vollkommen den Anforderungen entsprachen, ist unter gemäßigten Bedingungen zweifellos vermarktbare Korngut produzierbar. Allerdings sind weitere Untersuchungen, die insbesondere die Kornfarbe und die Gefahr von Pilzbefall der Körner gezielt einbeziehen, erforderlich.

Schlagnworte: Kornqualität, Buchweizen, Reismelde, Amaranth.

mine), an Begleitstoffen (Ballast-, Geschmacks-, Aromastoffe) und an Wasser definiert. In der Tabelle 3 werden die Pseudogetreidearten vergleichend den Getreidearten Weizen und Hafer gegenübergestellt. Der Weizen stellt den dominierenden Rohstoff, der Hafer einen anerkannt gesundheitlich besonders wertvollen Rohstoff für die Lebensmittelherstellung dar.

In der Zusammensetzung des Eiweißkomplexes unterscheiden sich die Körner der Pseudogetreidearten deutlich von Weizen- und Haferkorngut. Die Fähigkeit zur Kleberbildung aus Prolaminen und Glutelinen, die die Backfähigkeit des Weizenmehls mitbestimmt, ist bei Hafer und den Pseudogetreidearten nicht bzw. nicht in vergleichbarem Ausmaß gegeben (GLOWIENKE, 1997). Die Mehle sind deshalb für die Brot- und Brötchenherstellung ohne Weizenzusatz nicht oder nur bedingt geeignet, aber gerade deshalb für Zöliakieerkrankte einsetzbar. Der Hafer zählt zu den lysinreicheren Getreidearten, wird aber von den Pseudogetreidearten im Lysingehalt übertroffen. In ihrer biologischen Wertigkeit, bezogen auf Casein (100 %), übertreffen die Proteinkomplexe von Amaranth (75 %), Reismelde (87 %) Buchweizen (90 %) den Proteinkomplex von Weizen (52 %) deutlich.

Reismelde- und Amaranthkörner liegen mit Haferkörnern auf dem gleichen Fettgehaltsniveau. Wesentlich geringer ist der Fettgehalt von Buchweizen. Im Rohfaser- und dem Gesamtballaststoffgehalt ist geschältes Buchweizenkorngut entspelztem Haferkorngut unterlegen, dieses wird aber von der Reismelde und dem Amaranth übertroffen. Gleiche Relationen gelten hinsichtlich der Aschegehalte. Allerdings reichen die Gehalte der Pseudogetreidearten an β -Glucanen nicht an die von Hafer heran (WOOD et al., 1989; LEE,

1995; GLOWIENKE, 1997). Die β -Glucane bestimmen den gesundheitsfördernden Wert des Hafers bei Magen-Darmstörungen entscheidend, sie tragen auch zu einer Senkung des Cholesterin- und Blutzuckerspiegels bei. Soweit bekannt senken relativ hohe Anteile an nicht fermentierbarer Rohfaser und an Tocotrienol (Vitamin E-Isomere) im Korngut von Amaranth das Cholesterinniveau im Blutserum (LEE, 1995; GLOWIENKE, 1997).

Im Kalium-, vor allem aber im Magnesiumgehalt übertroft das Korngut der Pseudogetreidearten das von Hafer deutlich. Hinsichtlich der Spurenelemente ragt der Eisengehalt von Amaranth heraus (KUHN et al., 1996). Interessant ist auch der Vergleich der Vitamingehalte. Soweit Angaben vorliegen, fallen die Pseudogetreidearten durch relativ sehr hohe Vitamin C- und Vitamin E-Gehalte auf (RUALES und NAIR, 1992, 1994).

Schließlich sei auf den Gehalt an wertmindernden Inhaltsstoffen hingewiesen. In arten- und z. T. in genotypverschiedenem Umfang sind in den Samen aller Körnerfruchtarten Lektine, Tannine, Saponine, Trypsininhibitoren und Phytat vorhanden. Bei Reismelde sind in der Samenschale Saponine, chemisch als Triterpenoide oder steroid Glykoside bezeichnet, lokalisiert. Diese Substanzen verursachen einen bitteren Geschmack und können die Membranen der roten Blutkörperchen schädigen (SPORY, 1992). Durch eine Wasserextraktion, auch durch Polieren des Kornguts läßt sich der Gehalt erheblich absenken. Bei Buchweizen können Trypsininhibitoren, die die Eiweißverdauung hemmen, kritische Werte annehmen. Phytate stellen einerseits eine wichtige Phosphatquelle für die Pflanzenkeimlinge dar, schränken aber in der menschlichen Verdauung die Verfügbarkeit von Mineralstoffen ein (WAGNER, 1992).

In jüngster Zeit wird versucht, die – verglichen mit dem Korngut bekannter Cerealien – höheren Gehalte an Grundnährstoffen, vor allem die ernährungsphysiologische Qualität der Eiweiß-, Fett- und Mineralstoffanteile sowie die Ballaststoffe der Pseudocerealien als Verkaufsargumente hervorzuheben (LEE, 1995; KUHN et al., 1996). Mit der in Österreich entwickelten Produktlinie „Life-Power“ werden dem Weizenmehl, entsprechend den Vorgaben des deutschen Lebensmittelrechts, 20 % Reismelde- oder Amarant-

mehl zugefügt (POSCH, 1997). Deutsche Hersteller von Brot, Gebäck und Teigwaren verweisen auf die hohen Mineralstoffgehalte (SCHNITZER, 1997). Beispielsweise werden relativ hohe Magnesium- und Selengehalte von Amarant in den Vordergrund gerückt (KUHN et al., 1996; GOLDSCHIEDER, 1997). Eine steigende Nachfrage macht den Anbau der Pseudogetreidearten in heimischen Betrieben vorstellbar, sofern Korngut zu ähnlichen Preisen wie die Importware erzeugt werden kann.

Tabelle 1: Traditionelle Lebensmittel, hergestellt aus Korngut von Pseudocerealien (nach GLOWIENKE (1997), verändert)
Table 1: Traditional food stuffs made of grains of pseudocereals

Art	Bezeichnung	Lebensmittel Beschreibung	Verbreitung Land/Region	Literaturquelle
Buchweizen	Blini	Hefegebäck	Rußland	STURM (1991)
	Crêpes	Eierpfannkuchen	Bretagne	
	Pannas	gebratene Blutwurstspezialität	Deutschland	
	Soba	Spaghetti	Japan	
Reismelde	Chicha	Nationalgetränk der Indios	Südamerika	VOSS (1990)
	Pito	Getränk	„	
	Mucana	Knödel	„	
	Pesque	gedünstete Reismelde	„	
	Quispina	Pfannkuchen	„	
Amarant	Alegria	Konfekt aus gepufftem Amarant	Mexiko	TEUTONICO und KNORR (1985)
	Atole	Getränk	„	
	Bollos	Konfekt aus gepufftem gemahlenem Amarant	Peru	
	Laddoos	Konfekt	Indien	
	Sattoo	Suppe	Nepal	
	Chapatti	Pfannkuchen	Himalaya	

Tabelle 2: Aktuelle Lebensmittel, hergestellt aus Korngut bzw. mit Korngut-Zusätzen von Pseudocerealien
Table 2: Actual food stuffs made of pure grains or with grain fractions of pseudocereals

Art	Korngut	Lebensmittel/Produkte	Firmen (Land) (Beispiele)
Buchweizen	geschältes Korn	gekocht (reisähnliche Beilage)	Seitenbacher (BRD) Drei Pauly (BRD)
	Grütze	Müsli	
	Mehl	Teigwaren, Gebäck, Konfekt	
Reismelde	ganzes Korn	gekocht (reisähnliche Beilage)	Brecht (BRD) Worlé (BRD)
		Suppen, Salate, Aufläufe	
	Mehle	Müsli	Posch (A)
		Feingebäck, Brötchen, Brot	
Amarant	ganzes Korn (gekeimt, gequollen, gepoppt)	als Zusatz zu Feingebäck, Brötchen, Brot	Allos, Rapunzel, Schnitzer (BRD) Posch (A)
	Bär (BRD)		
	Bär (BRD)		
	Allos (BRD)		
	Vollkornschröte	Suppen, Aufläufe, Teigwaren	
Flocken	Brotaufstrich, Bratlinge		
ganzes Korn	Müsli, Schokoletten, Poppies, Dessert		
		Alkohol	

Tabelle 3: Inhaltsstoffe des Kornguts von Buchweizen, Reismelde und Amarant im Vergleich zu Weizen und Hafer (MARSHALL und POMERANZ, 1982; POMERANZ, 1984; 1987; SAUNDERS und BECKER, 1984; LORENZ und KULP, 1991; KOZIOL, 1992; PETERSON, 1992; BELITZ und GROSCH, 1992; LEE, 1995).

Table 3: Ingredients of grains of buckwheat, quinoa and amaranth as compared to wheat and oats

Inhaltsstoffe (%, Gesamt-Kornrockenmasse = 100)	Getreidearten		Pseudogetreidearten		
	Weizen	Hafer	Buchweizen	Reismelde	Amarant
Kohlenhydrate	78	71	74	73	66
Rohprotein (% Gesamtrohprotein = 100)	12-15	14-16	13-18	13-15	14-18
Fraktionen					
Albumine und Globuline	9-15	81	38-44	44-77	46-49
Gliadine	40-50	10-15	2-5	1-7	< 3
Glutene	30-40	5	21-28	13-30	30-33
Lysin	2-3	4	5-6	5-6	4-5
Rohfett	2	6-8	2-3	5-10	5-11
Rohfaser	2-3	2-3	1-2	3-4	5-6
Rohasche	3	2	2-3	3-4	3-4
Vitamine (ppm)					
B1 (Thiamin)	5-6	5-6	3-6	4	2 (0,9-2,5)
B2 (Riboflavin)	1	1-2	11	4	3 (2,1-3,2)
B3 (Niacin)	4	8	18	11	12 (10-13)
B6	3,5	2	-	-	-
Nicotinamin	50	24	-	-	-
E (Tocopherol)	32	32	40	54	-
β-Carotin	2	-	-	4	-
Pantothensäure	8-12	7-10	-	-	-
C (Ascorbinsäure)	-	-	-	40	36

- = keine Angaben

2. Problemstellung

Zunächst wurden vergleichende Untersuchungen zum Entwicklungsverhalten, der Trockenmasse-, insbesondere der Kornmasseproduktion von Buchweizen, Reismelde und Amarant auf einem südwestdeutschen Standort durchgeführt. Wenn auch mit Abreife- und Ernteproblemen behaftet, bestätigte das Kornertragspotential, vornehmlich von Reismelde und Amarant, durchaus die Anbauwürdigkeit (AUFHAMMER und KÜBLER, 1991; AUFHAMMER et al., 1995; LEE, 1995; LEE et al., 1996; AUFHAMMER und KÜBLER, 1998). Wie bereits eingangs erwähnt, setzt die Anbauwürdigkeit aber neben der agronomischen Eignung die Vermarktbarkeit der produzierten Rohstoffe voraus. Damit sind die äußeren und die inneren Kornqualitätseigenschaften gefragt. Zu dieser Problematik wird mit den vorliegenden Datensätzen Stellung bezogen. Folgende Teilfragen werden behandelt:

- Erreichen die Pseudogetreidearten unter mitteleuropäischen Aufwuchsbedingungen eine äußere Kornqualität, die den Ansprüchen von Weiterverarbeitern genügt?
- Inwieweit entspricht die Zusammensetzung des hier produzierten Kornguts den Erwartungen, die in das Korngut

als ernährungsphysiologisch besonders wertvollem Zusatzrohstoff gesetzt werden?

- In welchem Ausmaß sind relevante Qualitätseigenschaften des Kornguts von Buchweizen, Reismelde und Amarant durch produktionstechnische Maßnahmen beeinflussbar?

Für die Prüfung dieser Fragen stand Korngut aus einem zweijährigen Feldversuch zur Verfügung. Die Anlage umfaßte, über die drei Pseudogetreidearten hinaus, die Getreideart Hafer. Damit lag für die Bewertung der Pseudogetreidearten als Bezugsbasis eine bekannte Getreideart vor, deren ernährungsphysiologische Bedeutung unbestritten ist.

3. Material und Methoden

In den Vegetationsperioden 1992 und 1993 wurden auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Ihinger Hof, der Universität Hohenheim faktorielle Feldversuche mit vier Wiederholungen durchgeführt. Die Faktoren und die Stufen enthält die Tabelle 4. Nähere Ausführungen zur Variantenzahl finden sich an anderer Stelle (AUFHAM-

Tabelle 4: Feldversuchsanlage – Faktoren und Faktorstufen
Table 4: Experimental design – factors and levels

Arten und Sorten				Produktionstechnische Maßnahmen						
Arten	Sorten	Herkunft	Pflanzanzahl m ⁻²	+ N-Düngung (kg N ha ⁻¹) =			Behandlungen (B)			
Hafer	Bruno (bespelzt)	S1	200	40 ¹	+	80 ²	+	0 =	120	B1
		S2	200	40	+	40	+	40 ³ =	120	B2
	Salomon (nackt)	S1	350	40	+	80	+	0 =	120	B3
		S2	350	40	+	40	+	40 =	120	B4
Buchweizen	Hruszowska	S1	100				0 =	0	B1	
	Emka 1992	S2	100				50 =	50	B2	
	Hruszowska	S1	500				0 =	0	B3	
	Prego 1993	S2	500				50 =	50	B4	
Reismelde	Pichaman	S1	15			80	+	0 =	80	B1
		S2	15			40	+	40 =	80	B2
	Faro	S1	30			80	+	0 =	80	B3
		S2	30			40	+	40 =	80	B4
Amarant	K432	S1	15			80	+	0 =	80	B1
		S2	15			40	+	40 =	80	B2
	K343	S1	30			80	+	0 =	80	B3
		S2	30			40	+	40 =	80	B4

Pflanzanzahl m⁻²: bei Hafer und Buchweizen Angabe der ausgesäten keimfähigen Körner m⁻², bei Reismelde und Amarant Angabe der angestrebten Pflanzanzahl m⁻²

Stickstoffdüngung:

- ¹⁾ Gabe bei Vegetationsbeginn
- ²⁾ Gabe bei Schoßbeginn (Hafer), Knospenbildung (Reismelde, Amarant)
- ³⁾ Gabe bei Rispenstadien (Hafer), beginnendem Kornansatz (Buchweizen), Blühbeginn (Reismelde, Amarant)

MER et al., 1995) Bei Buchweizen mußte von einem Versuchsjahr auf das andere die Sorte gewechselt werden. Der polnischen Sorte Emka wurde die Zulassung entzogen, im Versuchsjahr 1993 wurde daher die deutsche Sorte Prego verwendet.

Das geerntete Korngut wurde artspezifisch aufbereitet. Ziel der Aufbereitung war der verwertbare Kornertrag. Hierzu wurde das Korngut von Spelzhafer entspelzt, sortiert und gereinigt. Buchweizen wurde fraktioniert, geschält und anschließend in ganze geschälte Körner, Grütze, Mehl und Schalenanteile separiert. Das Korngut der Reismelde wurde zunächst poliert, d. h. die saponinhaltige Fruchtschale wurde weitgehend abgerieben. Das gewonnene Material wurde gereinigt und sortiert. Lediglich bei Nackthafer und Amarant war außer einer Sortierung keine Bearbeitung erforderlich. In der Tabelle 5 wird die Aufbereitung kurz gefaßt, die einzelnen artspezifischen Verfahrensschritte sind an anderer Stelle ausgeführt (LEE et al., 1996). Für alle nachfolgenden Qualitätsuntersuchungen bildete der verwertbare Kornertrag die Materialbasis.

Da bei Reismelde und Amarant keine konkreten Angaben vorlagen, orientierte sich die Sortierung an Kaufmustern. Neben dem Tausendkorngewicht und der Größen-

sortierung von Partien ist bei Buchweizen, insbesondere bei Reismelde und Amarant die Kornfarbe für den Weiterverarbeiter ein wichtiges Kriterium. Extrem hellfarbige, nahezu weiße Kornfarben sind gefragt (GOLDSCHIEDER, 1997). Das Korngut von Amarant und Reismelde dunkelt generell während der Lagerung nach, daher erscheint es sinnvoll, frisch geerntetes Gut zu bewerten. Aus den genannten Feldversuchen stand nur bereits gelagertes Kornmaterial zur Verfügung, daher wurde frisch geerntetes Kornmaterial von Amarant der gleichen Sorten aus Folgeversuchen in eine erste Bewertung einbezogen. Die Farbwerte des Kornguts wurden mit einem Chroma-Meter, üblicherweise zur Messung des Gelbpigmentgehalts von Hartweizengrieß verwendet, gemessen. Das Chroma-Meter-Gerät mißt Werte in verschiedenen Farbsystemen (MINOLTA 1989; KLING, 1990). Das Chroma-Meter ist mit einem Zweistrahl-Meß- und Kontrollsystem ausgerüstet. Eine Sensoreinheit mißt das von der Probenoberfläche reflektierte Licht, eine zweite das von der Xenon-Lampe abgestrahlte Licht. Aus den elektrischen Signalen werden die Normfarbwerte der Probe bestimmt, die die Berechnungsgrundlage für die Helligkeitswerte, den Farbton und die Sättigung bilden.

Die erfaßten äußeren und inneren Qualitätskriterien ent-

Tabelle 5: Druscherträge (Kornrockenmasse), Verfahrensschritte zur Gewinnung des verwertbaren Kornertrags und verwertbare Kornerträge im Vergleich der untersuchten Arten

Table 5: Threshed grain yields (dry matter), preparation of marketable grain yields and comparison of marketable grain yields of the investigated species

Arten	Druschertrag dt ha ⁻¹	Verfahrensschritte zur Gewinnung des verwertbaren Kornertrages				Verwertbarer Kornertrag	
		1	2	3	4	(%, Drusch- ertrag = 100)	dt ha ⁻¹ ¹⁾
Hafer Spelzhafer	51,1	trocknen vorreinigen sortieren	entspelzen	reinigen sortieren	-	64,0	32,7
Nackthafer	34,2	dto	-	-	-	68,6	23,5
Buchweizen	20,7	trocknen vorreinigen sortieren	kalibrieren der marktfähigen Ware	schälen	reinigen und fraktionieren	70,9 (ganze geschälte Körner)	14,7
Reismelde	29,4	trocknen vorreinigen sortieren	reiben = polieren	reinigen und fraktionieren	-	88,0	25,9
Amarant	23,0	trocknen vorreinigen sortieren	-	-	-	90,6	20,8

¹⁾ Etwaige Differenzen zu den vermarktbareren Kornerträgen, angegeben in LEE et al. (1996), resultieren aus dem hier erfolgten Abzug nicht marktfähiger Feinkornanteile = bei Hafer der Kornfraktion < 1,8 mm, bei Buchweizen der Fraktion < 4 mm, bei Reismelde der Kornfraktion < 1,5 mm, bei Amarant der Kornfraktion < 1,15 mm

hält die Tabelle 6. Aus technischen Gründen konnten am Korngut des Versuchsjahres 1992 einige Parameter (Stärkegehalt, Rohfettgehalt, Fettsäuremuster) nur an Mischproben aus 4 Wiederholungen analysiert werden.

Die NMR-Methode zur Fettgehaltsbestimmung wird wegen des geringen Zeitaufwandes pro Analyse zur Untersuchung einheimischer öreicher Körnerfrüchte verbreitet eingesetzt. Zur Untersuchung des Kornguts von Pseudo-cerealien lagen damit keine Erfahrungen vor. Deshalb wurde in beiden Jahren Kornmaterial von je zwei Sorten und vier Behandlungen aus einer Wiederholung zusätzlich mit der Standardmethode nach Soxhlet analysiert. Dabei traten artspezifisch geringe Differenzen auf. Insbesondere bei Amarant wurden mit der NMR-Methode etwas höhere Fettgehalte (+1,5 bzw. +0,7 %), bei Reismelde dagegen in beiden Jahren mit der Soxhlet-Methode um 0,4 % höhere Werte gemessen. Dies ist beim Artenvergleich zu berücksichtigen.

Die biometrische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Programmpaketes SAS unter Verwendung der Prozedur ANOVA. Einerseits wurden die zweijährig vollständig vorliegenden Daten gemeinsam verrechnet, um Artenunterschiede zu überprüfen. Darüber hinaus erfolgte eine artengetrennte Verrechnung, um die Einflüsse der Sorten und der pflanzenbaulichen Maßnahmen sowie ihrer

Interaktionen zu überprüfen. Für Effekte, die im F-Test Signifikanz erreichten, wurden Grenzdifferenzen mit Hilfe des T-Tests errechnet.

4. Ergebnisse

4.1 Äußere Kornqualität – Orientierende Untersuchungen

Die Korngrößensortierung des verwertbaren Kornertrags von Reismelde und Amarant aus den Feldversuchen wurde zunächst einem Muster, das im Reformhaus gekauft wurde, gegenübergestellt. Die Eigenschaften dieser Muster wurden als Bezugsbasis hinsichtlich der Ansprüche an vermarktbarere Ware betrachtet, da andere Vorgaben fehlten (Tab. 7). Das Reismeldemuster enthielt einen hohen Anteil sehr großer Körner und einen sehr geringen Feinkornanteil. Demgegenüber setzte sich die verwertbare Kornpartie der beiden Reismeldesorten Pichaman und Faro aus dem Feldversuch 1992 vorwiegend aus mittelgroßen Körnern zusammen.

Generell wies das insgesamt feinkörnige Amarantmaterial nur eine Sortierbreite von 1,15 bis 1,25 mm auf. Das Korngut der Sorte K 343 entsprach weitgehend dem gekauften Muster, das der Sorte K 432 enthielt, zugunsten

Tabelle 6: Am verwertbaren Kornertrag erfaßte Qualitätskriterien
 Table 6: Quality traits measured at the marketable grain yields

Parameter	Analysenmethoden	Quelle
Äußere Qualitätskriterien		
Sortierung	Laborluft- und Siebreiniger	Fa. WESTRUP
TKG	Zählgerät Contador	Fa. PFEUFFER
Kornfarbe	Messung von Helligkeit, Farbton und Sättigung	MINOLTA Chroma-Meter KLING 1990
Innere Qualitätskriterien		
Stärkegehalt (%) ¹⁾	enzymatische Bestimmung (Fa. Boehringer, Mannheim)	LEE 1995 GLOWIENKE 1997
Rohproteingehalt (%) ¹⁾	Kjeldahl (N x 6,25)	AACC 1983
Rohfettgehalt (%) ¹⁾	Nuclear Magnetic Resonance (NMR)	MARQUARD 1980
Fettsäuremuster (%) ²⁾	Standardmethode n. Soxhlet	SOXHLET 1880
Rohfasergehalt (%) ¹⁾	Gaschromatographie	MARQUARD 1980
(in Humanernährung = Ballaststoffe, die enzymatisch bestimmt werden)	Schnellmethode zur Rohfaserbestimmung (n. WJLESTRÖM)	Fa. TECATOR 1978
Rohaschegehalt (%) ¹⁾	Muffelofen, 600 °C	AACC 1983

¹⁾ %, Gesamtkorn-trockenmasse = 100

²⁾ %, Gesamtfettgehalt = 100

Tabelle 7: Korngrößenfraktionen (% , Gesamtkornprobe = 100) von Reismelde und Amarant im Vergleich von Korngut aus dem Reformhaus und aus dem Feldversuch 1992

Table 7: Grain sieve fractions (% , total sample = 100) of quinoa and amaranth of grains from the market as compared to grains from the field trial 1992

Arten	Herkunft des Korngutes	Sortierung (%, Gesamtkornmasse = 100)		
		> 2,0 mm	1,5-2,0 mm	< 1,5 mm
Reismelde poliert	Reformhaus ¹⁾	75,0	22,0	3,0
	F-Versuch ²⁾ (Sorte Pichaman)	7,7	83,9	8,4
	F-Versuch ²⁾ (Sorte Faro)	7,5	83,8	8,7
Amarant	Reformhaus ¹⁾	> 1,25 mm	1,15-1,25 mm	< 1,15 mm
	Sorte K 432 ²⁾	26,0	63,0	11,0
	Sorte K 343 ²⁾	7,0	79,5	13,5
		29,7	67,6	2,7

¹⁾ keine Sorten- und Herkunftsangabe

²⁾ F-Versuch = Kornmaterial aus dem Feldversuch 1992

der Fraktion mittelgroßer Körner, nur einen kleinen Anteil großer Körner. Insgesamt beziehen sich die Unterschiede in erster Linie auf die Fraktion großer Körner. Werden Fraktionen großer und mittelgroßer Körner zusammengenommen, sind die Differenzen zu den Kaufmustern nur noch gering (Tab. 7). Der verwertbare Kornertrag und die Analytik der Inhaltsstoffe basiert daher bei der Reismelde auf Korngrößen > 1,5 mm, bei Amarant > 1,15 mm.

4.2 Äußere Kornqualität – Versuchsergebnisse zum Tausendkorngewicht

Soweit vergleichbar, lagen im Versuchsjahr 1993 höhere Tausendkorngewichte vor als im Versuchsjahr 1992 (Tab. 8). Wie erwähnt, wurde beim Buchweizen die Sorte gewechselt, dies dürfte hier die Hauptursache für die Differenz zwischen den Tausendkorngewichten beider Versuchsjahre sein. Durchgängig erfolgte im Jahr 1993 die Korn-

Tabelle 8: Einfluß von Jahren, Sorten und Behandlungen auf das Tausendkorngewicht (g) von Hafer, Buchweizen, Reismelde und Amarant
 Table 8: Effects of years, varieties and treatments on the thousand grain weight of oats, buckwheat, quinoa and amaranth

Arten	1992		1993		GD 5% J x S
	Sorte 1	Sorte 2	Sorte 1	Sorte 2	
Hafer	25,75	24,45	30,23	25,24	0,52
Buchweizen	23,79	32,05	24,60	23,07	0,49
Reismelde	1,97	1,96	2,21	2,25	n.s.
Amarant	0,55	0,66	0,62	0,70	0,02

Arten	B1	B2	B3	B4	GD 5%
Hafer	26,37	26,91	26,10	26,29	n.s.
Buchweizen	25,92	25,97	25,68	25,94	n.s.
Reismelde	2,07	2,13	2,05	2,13	n.s.
Amarant	0,63	0,63	0,64	0,63	n.s.

Tabelle 9: Vergleich der Helligkeit, des Farbtrons und der Sättigung des Kornguts von Amarant und Reismelde aus Feldversuchen (Standort Ihinger Hof, 1993 – 1997) mit Kaufmustern
 Einfluß von Art und Sorte (Erntejahr 1996, 1997)
 Einfluß von Lagerdauer, Saatzeit und Saaddichte (Amarant)
 Table 9: Brilliancy and colours of quinoa and amaranth grains from field trials as compared to grains from the market
 Effects of species and varieties
 Effects of storage duration, sowing date and sowing density

Einfluß von Art und Sorte (Erntejahr 1996, 1997)					
Art	Sorte	Herkunft	Helligkeit ¹⁾	Farbton ²⁾	Sättigung ³⁾
Reismelde	keine Sortenangabe	Muster Reformhaus (poliert)	77,2	-8,67	+16,65
	Tango	Ihinger Hof	58,2	-1,98	+16,48
	407	"	57,6	-1,87	+17,09
	Temuco	"	62,3	-3,80	+15,24
	Faro	"	61,7	-3,61	+16,21
Amarant	keine Sortenangabe	Muster Fa. Schnitzer	72,1	-4,60	+18,55
		Muster aus Peru	67,0	-3,55	+17,57
	K 432	Ihinger Hof	60,8	-3,53	+15,50
	K 343	"	53,5	-2,76	+ 9,63
	MT 3	"	62,2	-3,37	+16,84
	Pastewny ⁴⁾	"	40,1	-1,76	+ 4,06

Einfluß von Lagerdauer, Saatzeit und Saaddichte (Amarant)					
Amarant, Sorte K 432	Erntejahr				
		1995	64,2	-2,58	+18,00
		1993	61,5	-1,37	+16,64
	Jahre 1996	Saatzeit früh	62,0	-1,84	+18,25
		spät	63,3	-1,65	+18,65
	1997	Saatzeit früh	57,5	-4,33	+13,53
		spät	60,7	-4,26	+15,88
	Saatzeit früh	Saadichte niedrig	61,0	-3,22	+17,33
		hoch	59,3	-2,91	+15,09
	Saatzeit spät	Saadichte niedrig	61,2	-2,73	+16,90
		hoch	63,2	-3,52	+17,74

¹⁾ Helligkeit (Schwarz-Weiß-Achse)
²⁾ Farbtöne (Rot-Grün-Achse)
³⁾ Sättigung (Gelb-Blau-Achse)
⁴⁾ schwarzsamige Sorte

ausbildung unter günstigeren Voraussetzungen. Bei Hafer beeinträchtigte 1992 Fritfliegenbefall und Lager die Kornausbildung. Die Reismelde- und die Amarantbestände blieben, abhängig vom Feldaufgang, 1992 in der Entwicklung und in der Abreife ungleichmäßig, dies wirkte sich auf das mittlere Tausendkorngewicht aus. Vom Buchweizen abgesehen, blieben die Sorteneffekte geringer als die Jahreseffekte. Durch die Behandlungen wurde das Tausendkorngewicht keiner der vier Arten verändert (Tab. 8).

4.3 Äußere Kornqualität – Kornfarbe

Die vorgenommene Messung der Kornfarbe von Reismelde- und Amarantproben erfaßt gesondert die Elemente Helligkeit, Farbton und Sättigung. Je heller die Körner in Richtung weiß-farblos sind, desto höhere Helligkeitswerte werden gemessen. Die Farbtonwerte ergeben sich aus einer Variation auf der Rot-Grün-Achse. Zunehmende Negativwerte weisen auf eine Verschiebung des Meßwertes auf der Farbwerttafel in Richtung Grün, positive Werte auf einen Meßwert in Richtung Rot hin. Die Variation auf der Gelb-Blau-Achse gibt als Sättigungsmaß eine Information zur Leuchtkraft der Färbung.

Wie die Ergebnisse in der Tabelle 9 zeigen, sind die verschiedenen Parameter korreliert. Die Spannweite der Werte wird bei beiden Arten durch die Kaufmuster auf der einen Seite und jeweils eine Sorte aus den Feldversuchen auf der anderen Seite gegeben. Dem größten Helligkeitswert des Amarantmusters der Fa. Schnitzer von 72 steht der Wert von 40 der dunkelsamigen Sorte Pastewny gegenüber. Zwischen dem Kaufmuster und der dunkelsten Reismeldesorte liegen im Helligkeitswert 20 Einheiten. Das Korngut keiner Amarant- und keiner Reismeldesorte aus den Feldversuchen reicht in der Helligkeit an die Kaufmuster heran. Darüber hinaus zeichnet sich am Beispiel von Amarantkornproben ab, daß sowohl die Lagerdauer als auch die Produktionstechnik die Kornfarben beeinflussen können.

4.4 Innere Kornqualität – Gehalte an Grundnährstoffen

Im Stärke- und im Rohproteingehalt lagen die geschälten und daher rohfasernarmen Buchweizenkörner in Relation zum Korngut der anderen Arten, den Hafer eingeschlossen, an der Spitze, die polierten Reismeldekörner am Ende der untersuchten Artengruppe. Amarant – gefolgt von Reismeldekorngut – erwies sich – auch gegenüber Hafer – im

Rohfett-, Rohfaser- und im Rohaschegehalt überlegen (Tab. 10). Wie die Analyse der Fettsäuremuster im unmittelbaren Artenvergleich zeigt, übertraf das Korngut der Reismelde mit einem Anteil von nahezu 90 % ungesättigter Fettsäuren am Gesamtfettkomplex die anderen Arten, auch den Hafer (Tab. 11). Gefolgt vom Amarant wies das Fett des Reismeldekornguts einen höheren Linolsäuregehalt, aber einen geringeren Ölsäuregehalt als Hafer auf. Der Gehalt an der mehrfach ungesättigten Linolensäure war im Fettkomplex der Reismelde deutlich höher als bei den anderen Arten. Hier wies der Hafer das geringste Niveau auf. Insgesamt unterschieden sich die Fettsäuremuster von Reismelde und Amarant wesentlich deutlicher als das des Buchweizens vom Fettsäuremuster des Hafers (Tab. 11).

Im Vordergrund der Untersuchungen stand die Frage der Beeinflussbarkeit wichtiger Kornqualitätskriterien der Pseudogetreidearten durch die Aufwuchsbedingungen. Die Effekte produktionstechnischer Maßnahmen, der Wahl der Sorten innerhalb der Arten und der vorgenommenen Behandlungen sind an die natürlichen Aufwuchsbedingungen gebunden. Die Nachweisbarkeit von Wechselwirkungen mit den Jahren hängt von der Unterschiedlichkeit hauptsächlich des Witterungsverlaufs in den Versuchsjahren ab. Zunächst zeigen – zwar nicht durchgängig, aber doch großteils – signifikante Hauptwirkungen der Jahre anhand gleichgerichteter Effekte auf die Kornzusammensetzung der sehr unterschiedlichen Arten die zentrale Bedeutung der Aufwuchsbedingungen. Übereinstimmend wurden 1993 gegenüber 1992 bis zu ca. 5 % höhere Stärkegehalte und bis zu ca. 3 % höhere Rohfasergehalte zulaufen der Rohprotein-, Rohfett- und Rohaschegehalte festgestellt (Tab. 10). Diese Unterschiede sind das Ergebnis der jahresunterschiedlichen Kornausbildung.

Verglichen mit dem Jahreseinfluß sind die Sorteneffekte eher geringer. Dies gilt im Prinzip für alle erfaßten Inhaltsstoffe und bei allen Arten. Die Sorten differierten im Stärkegehalt um bis zu ca. 2 %, im Rohproteingehalt um bis zu 1 %. Hinsichtlich der übrigen Nährstoffe gehen die Sortenunterschiede nicht über 0,5 % hinaus (Tab. 10). Mit Abweichungen trifft dies auch für die Interaktionen Jahre x Sorten zu, soweit solche – nur in Einzelfällen nachweisbar – auftraten (Daten nicht dargestellt).

Die Behandlungen, die Bestandesdichte und das N-Angebot umfassend, lassen nur bei Buchweizen und Reismelde Effekte auf die Kornqualität erkennen. Die N-Gaben, die der Buchweizen – noch blühend – bei beginnendem Kornansatz, die Reismelde als Teilgabe zum Blühbeginn erhielten, hob den Rohproteingehalt um 0,5 – 1 %

Tabelle 10: Einfluß von Jahren und Sorten auf die Gehalte (% , Korn trockenmasse = 100) an Grundnährstoffen des verwertbaren Kornertrags von Hafer, Buchweizen, Reismelde und Amarant

Table 10: Effects of years and varieties on the concentration (% , grain dry matter = 100) of ingredients in the marketable grain yields of oats, buckwheat, quinoa and amaranth

Grundnährstoff	Art	1992	1993	GD 5%	Sorte 1	Sorte 2	GD 5%
Stärkegehalt (%)	Hafer	59,9	57,1	n.v.	59,3	57,7	n.v.
	Buchweizen	61,0	65,5	n.v.	64,2	62,3	n.v.
	Reismelde	55,8	58,0	n.v.	57,7	56,1	n.v.
	Amarant	59,9	64,7	n.v.	61,3	63,3	n.v.
Rohproteingehalt (%)	Hafer	17,1	15,4	0,30	16,4	16,2	n.s.
	Buchweizen	18,7	18,1	n.s.	17,9	18,9	0,64
	Reismelde	14,0	12,6	0,63	13,1	13,5	0,01
	Amarant	17,2	16,1	0,12	17,0	16,4	0,15
Rohfettgehalt (%)	Hafer	7,6	7,4	n.s.	8,0	7,0	0,1
	Buchweizen	3,4	2,7	0,03	3,0	3,0	n.s.
	Reismelde	7,8	6,9	0,09	7,4	7,3	0,09
	Amarant	8,5	7,3	0,32	7,7	8,1	0,09
Rohfasergehalt (%)	Hafer	2,0	3,4	0,20	2,6	2,9	0,25
	Buchweizen	1,9	2,2	n.s.	1,8	2,2	n.s.
	Reismelde	2,3	5,1	0,50	3,6	3,8	n.s.
	Amarant	4,1	7,5	0,61	5,7	6,0	n.s.
Rohaschegehalt (%)	Hafer	2,3	2,2	0,05	2,2	2,3	0,07
	Buchweizen	2,6	2,5	0,03	2,5	2,6	n.s.
	Reismelde	3,1	3,0	n.s.	3,2	3,0	0,07
	Amarant	3,2	3,2	n.s.	3,1	3,4	0,12
„Reststoffgehalt“ ¹⁾ (%)	Hafer	11,1	14,5	n.v.	11,5	13,9	n.v.
	Buchweizen	12,4	9,0	n.v.	10,6	11,0	n.v.
	Reismelde	17,0	14,4	n.v.	15,0	16,3	n.v.
	Amarant	7,1	1,2	n.v.	5,2	2,8	n.v.

¹⁾ nicht näher definierte „Reststoffe“ = Differenz zu Gesamtkornmasse = 100, errechnet

n.s. = nicht signifikant

n.v. = nicht verrechnet

Tabelle 11: Rohfettgehalte (% , Korn trockenmasse = 100) und Fettsäuremuster (% , Gesamtfett = 100) im verwertbaren Kornertrag von Hafer, Buchweizen, Reismelde und Amarant

Table 11: Fat concentration (% , grain dry matter = 100) and fatty acids (% , total fat content = 100) in the marketable grain yields of oats, buckwheat, quinoa and amaranth

	Hafer		Buchweizen		Reismelde		Amarant	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
Rohfettgehalt %	7,6	7,4	3,4	2,7	7,8	6,9	8,5	7,3
Fettsäure % (Gesamtfett = 100)								
Palmitinsäure (16:0)	17,1	16,6	15,6	14,8	10,8	9,4	22,3	18,0
Stearinsäure (18:0)	1,0	1,8	1,6	2,1	0,8	0,7	4,7	3,9
Ölsäure (18:1)	41,6	41,6	42,3	37,4	27,6	25,3	25,5	17,6
Linolsäure (18:2)	39,5	37,1	35,9	34,9	54,7	50,1	46,3	36,8
Linolensäure (18:3)	0,6	1,0	1,1	2,1	4,8	4,9	1,5	1,1
Eicosensäure (20:1)	0,4	0,9	3,9	3,9	1,8	1,7		0,6
andere langkettige ¹⁾ Fettsäuren		1,1		5,0		8,1		22,3
Σ ungesättigte Fettsäuren ²⁾	81,9	81,6	82,8	83,1	88,6	89,9	73,0	78,1

¹⁾ 1992 stand zu wenig Kornmaterial zur Verfügung, so daß langkettige Fettsäuren (> C 20) nicht erfaßt werden konnten

²⁾ Σ = C 18:1; C 18:2; C 18:3; C 20:1 + andere langkettige Fettsäuren (1993)

zulasten des Stärkegehalts an (Tab. 12). Darüber hinaus blieben die Gehaltsvariationen unter den gegebenen Versuchsbedingungen überraschend gering. Nicht nur bei den Pseudogetreidearten, insbesondere beim Amarant, auch bei der Vergleichsgetreideart Hafer konnte die Kornqualität durch eine Erhöhung der Bestandesdichte, verbunden mit einer differenzierten N-Gabenverteilung, kaum erkennbar beeinflusst werden (Tab. 12).

5. Diskussion

Zur Weiterverarbeitung wird bei allen untersuchten Arten ein gleichmäßig großkörniger Rohstoff verlangt. Feinkörner, die artspezifische Mindestkorngrößen unterschreiten, werden nur in geringen Anteilen geduldet. Dies zeigen die Sortierungsvergleiche mit Kaufmustern bei Reismelde und Amarant. Nachdem aus den Druscherträgen der vorliegenden Feldversuche – neben der Entfernung von Spelzen- und

Schalenanteilen – die Feinkornfraktionen herausgenommen wurden, verblieben sehr unterschiedliche Anteile als verwertbare Kornerträge. Zwar unterschied sich die absolute Höhe der Druscherträge, trotzdem ist festzuhalten, daß die feinkörnigen Arten Reismelde und Amarant mit rund 90 % der Druscherträge wesentlich höhere Anteile an verwertbarer Kornmasse boten als der relativ großkörnige Buchweizen mit 70 % und insbesondere als die Vergleichsfrucht Hafer mit nur rund 65 %. Im Hinblick auf Schlußfolgerungen zum Produktionspotential der Bestände muß hier allerdings auch auf die höchst artenverschiedenen Kornverluste vor und beim Drusch hingewiesen werden. Diese Problematik wurde an anderer Stelle diskutiert (LEE et al., 1996). Darüber hinaus bietet sehr feinkörniges Material geringere Fraktionierungsmöglichkeiten als großkörniges.

Die äußeren Kornqualitätseigenschaften, die Tausendkorngewichte, die Korngutsortierung und die Kornfarbe werden von der Sorte in Interaktion mit den Aufwuchsbe-

Tabelle 12: Einfluß der Behandlungen auf die Gehalte (% , Kornrockenmasse = 100) an Grundnährstoffen des verwertbaren Kornertrags von Hafer, Buchweizen, Reismelde und Amarant

Table 12: Effects of treatments on the concentration of ingredients (% , grain dry matter = 100) in the marketable grain yields of oats, buckwheat, quinoa and amaranth

Grundnährstoff	Art	B 1	B 2	B 3	B 4	GD 5%
Stärkegehalt (%)	Hafer	56,6	57,6	57,0	57,1	n.v.
	Buchweizen	65,5	64,0	67,1	65,3	n.v.
	Reismelde	59,6	56,7	58,4	57,2	n.v.
	Amarant	64,9	66,4	64,4	63,1	n.v.
Rohproteingehalt (%)	Hafer	16,8	16,3	15,9	16,0	0,32
	Buchweizen	18,4	19,0	17,5	18,5	1,12
	Reismelde	13,1	13,7	12,9	13,5	0,34
	Amarant	16,6	16,7	16,8	16,7	n.s.
Rohfettgehalt (%)	Hafer	7,4	7,5	7,5	7,5	n.s.
	Buchweizen	3,1	3,1	2,9	3,0	n.s.
	Reismelde	7,4	7,2	7,4	7,3	n.s.
	Amarant	7,9	7,9	8,0	7,9	n.s.
Rohfasergehalt (%)	Hafer	2,8	2,3	2,8	3,0	0,27
	Buchweizen	1,7	2,3	1,9	2,1	n.s.
	Reismelde	3,5	3,4	3,7	4,1	n.s.
	Amarant	6,1	5,6	6,3	5,3	0,74
Rohaschegehalt (%)	Hafer	2,3	2,2	2,2	2,2	0,08
	Buchweizen	2,5	2,6	2,5	2,5	0,08
	Reismelde	3,1	3,0	3,1	3,1	n.s.
	Amarant	3,2	3,2	3,4	3,3	n.s.
"Reststoffgehalt" ¹⁾ (%)	Hafer	14,1	14,1	14,6	14,2	n.v.
	Buchweizen	8,7	9,0	8,0	8,5	n.v.
	Reismelde	13,3	15,9	14,5	14,8	n.v.
	Amarant	1,3	0,2	1,2	3,7	n.v.

¹⁾ nicht näher definierte "Reststoffe" = Differenz zu Gesamtkornmasse = 100, errechnet

n.v. = nicht verrechnet

n.s. = nicht signifikant

dingungen bestimmt. Über den Feldaufgang – 1992 deutlich geringer als 1993 – mit seinen Auswirkungen auf die Pflanzenverteilung und die Bestockung bzw. die Verzweigung sowie über die Auswirkungen von späterem Lager bei Hafer und Buchweizen im Jahr 1992, variierten die Jahre in Interaktion mit den Sorten durchgängig die Kornausbildung stärker als die produktionstechnischen Behandlungen. In den vorliegenden Versuchen konnten weder Behandlungs-Hauptwirkungen noch entscheidende Interaktionen mit den Behandlungen nachgewiesen werden. Hieraus zu schlußfolgern, die Kornausbildung und damit die Kornqualität sei über die N-Düngung und die Bestandesdichten – oder auch die Produktionstechnik im allgemeinen – nicht beeinflussbar, wäre verfrüht. Vielmehr sind weitere Untersuchungen erforderlich, die auf strukturell schärfer differenzierten Beständen basieren müssen. Eine entscheidende Voraussetzung hierfür sind hohe Feldaufgänge. Die Sicherung hoher Feldaufgänge ist bei den kleinkörnigen Arten Reismelde und Amarant, abhängig von den Boden- und Witterungsverhältnissen, jedoch ein erhebliches Problem (AUFHAMMER et al., 1994). Alleine die Hintergründe der Jahreseffekte weisen auf den Zusammenhang zwischen der Bestandesstruktur und der Kornqualität hin, so daß durchaus von einer Einflußnahme der Bestandesstruktur auf die Kornqualität auszugehen ist.

Im Feldversuch 1992 erreichte keine der beiden Reismeldesorten und nur eine der beiden Amarantsorten die Großkornanteile des Kaufmusters. Alleine daraus eine Sorteneignung abzuleiten, ist nicht angebracht. Zum einen dienen die Vergleichsmuster nur der Orientierung, sie garantieren keinen allgemein gültigen Maßstab. Zum anderen kann bei der Reismelde die Großkörnigkeit positiv mit dem Saponingehalt korreliert sein (REICHERT et al., 1986; BURNOUF-RADOSEVICH, 1988). Von der Sorte werden sowohl bei Buchweizen als auch bei der Reismelde und bei Amarant die Farben voll ausgereiften Kornguts vorgegeben. Nur dunkel schwarz-braun gefärbtes Buchweizenkorngut wird akzeptiert. Die Ausfärbung der Körner unterliegt aber auch den Aufwuchs- und Abreifbedingungen. Bei der Reismelde und beim Amarant zeigten die Orientierungsmessungen die Variationsbreite auf. Damit ist, wenn auch in begrenztem Ausmaß, eine produktionstechnische Beeinflussbarkeit gegeben. Die Farbe, primär die Helligkeit des Reismelde- und des Amarantkornguts kann darüber hinaus durch die Ausbreitung von Pilzen auf den Fruchtständen in der Abreifperiode beeinträchtigt werden. Hierzu sind bisher keine systematischen Untersuchungsergebnisse unter gemäßigten Bedingungen be-

kannt. Beobachtet wurde der Befall mit *Botrytis sp.* und *Alternaria sp.* Auch wenn diese Pilze keine Mykotoxine auf oder in den Körnern hinterlassen, unterbinden resultierende Farb-, Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen die Verwertbarkeit des Kornguts. Diese Gefahr erfordert jedenfalls die rasche Trocknung von zu feuchtem Erntegut mit hohem Luftdurchsatz. Darüber hinaus sind auch im Hinblick auf die Beeinflussbarkeit des Abreifverlaufes durch den Bestandesaufbau weitere Untersuchungen erforderlich.

Prinzipiell entsprach die anteilige Zusammensetzung des Kornguts der Arten aus verschiedenen Grundnährstoffen den eingangs vorgestellten Rahmenangaben (Tab. 3). Selbstverständlich hängen die Gehalte im Einzelfall von der Sorte und den Aufwuchsbedingungen ab. Jedoch bestätigen die – in Relation zur Getreideart Hafer – hohen Rohproteingehalte von Buchweizen und Amarant sowie die hohen Rohfett-, Rohfaser- und Mineralstoffgehalte von Reismelde und Amarant, daß mit diesen Arten auch unter gemäßigten Aufwuchsbedingungen Zusatzrohstoffe von erheblichem ernährungsphysiologischem Wert produziert werden können. Die gegenüber 1992 hohen Stärke- und Rohfasergehalte zulasten des Eiweißgehalts im Korngut von 1993 überraschen nicht. Die bessere Kornausbildung, die 1993 vorlag, ist mit der Bildung größerer Assimilatmengen, aber auch der Verdünnung der N-Verbindungen im Korn, verbunden.

Die in der Problemstellung aufgeworfenen Fragen lassen sich zusammenfassend folgendermaßen beantworten: mit den angebauten Sorten von Buchweizen, Reismelde und Amarant konnte verwertbares Korngut erzeugt werden, wenn sich auch nicht alle Qualitätsanforderungen vollständig erfüllen ließen. Jedoch zeichnete sich eine Beeinflussbarkeit kritischer Eigenschaften durch die Wahl der Sorten und die Produktionstechnik ab. Zweifellos sind weitere Untersuchungen zur Optimierung der Kornqualität erforderlich. Diese setzen gleichmäßigere und gleichzeitig strukturell schärfer differenzierte Bestände als in den vorliegenden Versuchen voraus. Zudem erscheint der Einbezug weiterer Standorte sinnvoll. Die Aufwuchsbedingungen nehmen nicht nur über die Ertragsstruktur, sondern auch über die Abreifbedingungen auf die Kornqualität entscheidenden Einfluß. Hierbei ist der Korngutsortierung und den Inhaltsstoffen, aber auch der Kornfärbung und der Gefahr des Pilzbefalls verstärkt Aufmerksamkeit zu schenken.

Literatur

- AACC (1983): Approved Methods of the AACC-Method. American Association of Cereal Chemists St. Paul, MN.
- AUFHAMMER, W. und E. KÜBLER (1991): Zur Anbauwürdigkeit von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*). Die Bodenkultur 42, 31–43.
- AUFHAMMER, W., H.-P. KAUL, M. KRUSE, J. H. LEE und D. SCHWESIG (1994): Effects of sowing depth and soil conditions on seedling emergence of amaranth and quinoa. Eur.J.Agron. 3(3), 205–210.
- AUFHAMMER, W., J. H. LEE, E. KÜBLER, M. KUHN und S. WAGNER (1995): Anbau und Nutzung der Pseudocerealien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus sp.* L.) als Körnerfruchtarten. Die Bodenkultur 46, 125–140.
- AUFHAMMER, W. und E. KÜBLER (1998): Vergleichende Untersuchungen zur Anbauwürdigkeit der Getreidearten Hirse (*Panicum miliaceum*) und Kanariensaart (*Phalaris canariensis*) sowie der Pseudogetreidearten Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), Reismelde (*Chenopodium quinoa*) und Amarant (*Amaranthus sp.*). Die Bodenkultur 49 (3), 159–169.
- BELITZ, H.-D. und W. GROSCH (1992): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Vierte überarbeitete Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- BURNOUF-RADOSEVICH, M. (1988): Quinoa (*Chenopodium quinoa* WILLD.) A potential new crop. In: BAJAJ, Y.P.S. (Ed.): Biotechnology in Agriculture and forestry 6. Crops II. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 386–404.
- GLOWIENKE, S. (1997): Zusammensetzung der Pseudogetreidearten Amarant, Buchweizen und Reismelde im Vergleich zu den Getreidearten, insbesondere Hafer, in Abhängigkeit von Anbauverfahren und technologischen Maßnahmen. Dissertation, Hohenheim.
- GOLDSCHIEDER, S. (1997): Mündliche Mitteilung.
- KLING, CH.I. (1990): Beeinflussung des Gelbpigmentgehaltes bei Durumweizen durch Sorte und Umwelt sowie dessen Ermittlung. Getreide, Mehl und Brot 44, 334–339.
- KOZIOL, M.J. (1992): Chemical composition and nutritional evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Food Composition and Analysis 5, 35–38.
- KUHN, M., S. WAGNER, W. AUFHAMMER, J.H. LEE, E. KÜBLER und H. SCHREIBER (1996): Einfluß pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Mineralstoffgehalte von Amarant, Buchweizen, Reismelde und Hafer. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 92, (5), 147–152.
- LEE, J. H. (1995): Ertrag und Kornqualität der Pseudogetreidearten Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) im Vergleich zur Getreideart Hafer (*Avena sativa* L.) in Abhängigkeit vom Anbauverfahren. Dissertation, Hohenheim.
- LEE, J. H., W. AUFHAMMER und E. KÜBLER (1996): Gebildete, geerntete und verwertbare Kornerträge der Pseudocerealien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* L. x *A. hybridus* L.) in Abhängigkeit von pflanzenbaulichen Maßnahmen. Die Bodenkultur 47 (1), 5–14.
- LORENZ, K.J. and K. KULP (1991): Handbook of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, Hongkong.
- MARQUARD, R. (1980): Der Einfluß von Standortfaktoren und spezifischen Klimakonstellationen auf Fettgehalt, Fettsäurezusammensetzung und Tokopherolgehalt von Raps, Sonnenblumen, Soja und Lein. Habil.-Schrift der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- MARSCHALL, H.G. und Y. POMMERANZ (1982): Buckwheat: description, breeding, production and utilization. Advances in Cereal Science and Technology 5, 157–210.
- MINOLTA (1989): Chroma Meter Exakte Farb-Kommunikation. Minolta Camera Co., Ltd. 3–12, 2-Chome, Azuchi-Machi, Chuo-Ku, Osaka 541, Japan.
- MOHR-LÜLLMANN, R. (1994): Amarant – Körner einer alten Kulturpflanze. DLV Deutscher Landwirtschafts Verlag, Berlin GmbH.
- PETERSON, D.M. (1992): Composition and nutritional characteristics of oat grain products. Oat Science and Technology (Chapter 10), 265–292. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- POMERANZ, Y. (1984): Advances in Cereal Science and Technology Volume VI. American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul, Minnesota.
- POMERANZ, Y. (1987): Modern Cereal Science and Technology. VCH-Publishers, New York.
- POSCH, L. (1997): Kochen mit Amaranth und Quinoa 1. Life-Power. Postfach 504, A-3101 St. Pölten, Austria.
- REICHERT, R. D., J. T. TATARYNOVICH and R. T. THYLER (1986): Abrasive dehulling of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Effect on saponin content as determined by an adapted hemolytic assay. Cereal Chemistry 63, 471–475.
- RUALES, J. and B.M. NAIR (1992): Content of fat, vitamins

- and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Food Chemistry* 48, 131–136.
- RUALES, J. and B. M. NAIR (1994): Effect of Processing on in vitro digestibility of protein and starch in quinoa seeds. *International Journal of Food, Science and Technology* 29, 449–456.
- SAUNDERS, R. M. and R. BECKER (1984): Amaranthus: A potential food and feed resource. In: *Advances in Cereal Science Technology*, Vol. 11, AACC St. Paul, MN, 357–397.
- SCHNITZER (1997): Produktinformation
- SOXHLET, F. (1880): Ref.: *Z. anal. Chem.* 19, 365.
- SPORY, K. (1992): Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willdenow) – Bedeutung, Verbreitung, Anbau, Anbauwürdigkeit. Diplomarbeit Universität Hohenheim, Fachgebiet Spezieller Pflanzenbau.
- STURM, W. (1991): Buchweizen – ein wiederentdecktes Getreide. *AID-Verbraucherdienst* 36(10), 207–213.
- TECATOR (1978): Determination of crude fibre in cereals and food by using the WIJLESTRÖM fast method. Application note.
- TEUTONICO, R. A. and D. KNORR (1985): Amaranth: compositions, properties and applications of a rediscovered food crop. *Food Techn.* 39, 449–60.
- VOSS, C. (1990): Quinoa. *Ernährungs-Umschau* 37, 15–
- WAGNER, S. (1992): Phytinsäure und Phytase in Mahzeugnissen aus Cerealien und Pseudocerealien. Diplomarbeit Universität Hohenheim, Institut für Lebensmitteltechnologie, Fachgebiet Getreidetechnologie.
- WOOD, P. J., J. W. ERSON, J. T. BRAATEN, N. A. CAVE, F. SCOTT and C. VACHON (1989): Physiological Effect β -Glucan. Rich Fractions from Oats. *Cereal Food World* 34 (10), 878–882.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. Walter Aufhammer, Dr. Ernst Kübler, Dr. Hak Lee, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), D-70593 Stuttgart. E-mail: 340@uni-hohenheim.de

Eingelangt am 14. Mai 1998
Angenommen am 21. Juli 1998