

(Aus dem Institut für Pflanzenbau und Grünland und dem Institut für Lebensmitteltechnologie der Universität Hohenheim)

Anbau und Nutzung der Pseudocerealien Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench), Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) und Amarant (*Amaranthus* ssp. L.) als Körnerfruchtarten

Von W. AUFHAMMER, J. H. LEE, E. KÜBLER, M. KUHN und S. WAGNER

(Mit 3 Abbildungen)

Zusammenfassung

In zweijährigen Feldversuchen wurden die Pseudogetreidearten Buchweizen, Reismelde und Amarant der Getreideart Hafer gegenübergestellt. Alle Arten produzieren ernährungsphysiologisch interessantes Korngut. Vergleichend wurden der Entwicklungsverlauf und die Leistungsfähigkeit der Bestände sowie die Eignung des Kornguts zur Gebäckherstellung untersucht. Wärmeeanspruch und Kleinkörnigkeit führten bei Amarant, auch bei Reismelde zu Problemen bei der Bestandesetablierung, der Abreife und der Ernte. Bei Buchweizen verursachte die lange Blühdauer vor und bei Ernte Kornverluste. Bei mittleren Kornerträgen um 40 dt/ha (a. T.) von Hafer lagen die Erträge von Buchweizen bei 20, die von Reismelde und Amarant zwischen 25 und 30 dt/ha. Teige mit Buchweizen- oder Amarantmehlzusätzen zu Weizenmehl können zur Brötchenherstellung verwendet werden.

Schlüsselworte: Pseudocerealien, Buchweizen, Reismelde, Amarant.

Production and utilisation of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amarant (*Amaranthus* ssp. L.) as grain crops

Summary

In a two years field experiment the pseudocereals buckwheat, quinoa and amarant were compared to oats. All these species, oats included, produce nutritionally interesting grains. Growth, yields and the suitability of grains for breadmaking were investigated comparably. In consequence of the demand of warm temperature levels and in consequence of small seed sizes there were problems concerning the establishment and the maturity of quinoa stands and especially of amarant stands. The very long flowering period of buckwheat contributed to grain losses before and at harvest. Grain yields of oats were around

4 t/ha, yields of amarant and quinoa moved between 2 and 3 t/ha and grain yields of buckwheat were about 2 t/ha. Wheat doughs containing quota of buckwheat or amarant flour proved suitable for breadmaking.

Key-words: Pseudocereals, buckwheat, quinoa, amarant.

1. Einleitung

Buchweizen, Reismelde und Amarant sind im Gegensatz zu den bekannten Getreidearten dicotyle Pflanzen. Da die Samen den Körnern von Cerealien vergleichbar verwendet werden können, werden diese Arten als Pseudocerealien bezeichnet. Zum Teil ist auch die Nutzung der Blätter als Blattgemüse oder der gesamten Sproßmasse als Futter möglich (ACHTNICH 1986, KAUFFMAN 1992). Im vorliegenden Beitrag stehen Untersuchungen zum Entwicklungs- und Leistungsverhalten von Buchweizen, Reismelde und Amarant als Körnerfruchtarten sowie zur Verwertbarkeit des Kornguts in der Gebäckherstellung im Vordergrund.

1.1 Literaturübersicht

Die genannten Arten sind alte Nutzpflanzen. Buchweizen war bereits im 5. Jahrhundert n. Chr. in China bekannt. In Deutschland wird Buchweizen erstmals urkundlich 1396 in einem Nürnberger Archiv erwähnt (BECKER-DILLINGEN 1927). Die Reismelde und der Amarant galten in den Hochkulturen Mittel- und Südamerikas (Mexiko, Guatemala, Peru, Bolivien) 7000 bis 5000 Jahre v. Chr. als wertvolle Nutz- und Kultpflanzen. In Europa wird der Anbau der Reismelde um 1800 n. Chr. in Frankreich, der Anbau von Amarant um 1500 n. Chr. in Spanien erwähnt (BERTSCH 1947, TAPIA 1979, CARMEN 1984). Zur heutigen Verbreitung liegen nur unsichere Angaben vor. Eine systematische Erfassung erfolgt bisher nicht. Buchweizen nimmt weltweit ca. 3 bis 3,5 Mio. ha ein (FRANKE 1976). Vermutlich ist bei Reismelde und Amarant von ähnlichen Flächen auszugehen. Artspezifisch und herkunftsbezogen liegen die heutigen Anbauggebiete der Pseudocerealien in verschiedenen Regionen Asiens, Nord- und Südamerikas und Osteuropas. Die Angaben zu den Kornerträgen schwanken, abhängig von den variierenden Aufwuchsbedingungen, erheblich. Bei Buchweizen liegen die Größenordnungen zwischen 5 und 30 dt/ha. Bei Reismelde und Amarant werden zwischen 5 und bis zu 60 dt/ha genannt (ESPIG 1989, DARWINKEL 1993).

Die Körner von Buchweizen, Reismelde und Amarant unterscheiden sich in der Größe. Bei Buchweizen liegen die Tausendkorngewichte zwischen 20 und 30 g, bei Reismelde zwischen 2 und 3 g und bei Amarant zwischen 0,5 und 1 g. Aufgrund der Zusammensetzung sind die Körner aller drei Arten zur Herstellung von Lebensmitteln geeignet. Vorrangig in Reformhausprodukten, u. a. in Müsli, Keksen und Riegeln, werden diese Rohstoffe heute eingesetzt. Hinsichtlich der Quantität und der ernährungsphysiologischen Qualität der Eiweiß- und Fettanteile im Korn werden herkömmliche Getreidearten wie Weizen und Roggen übertroffen. Die Rohproteingehalte, bis zu etwa 13 % (i. T.) bei Buchweizen (MARSHALL und POMERANZ 1982) und Reismelde (KOZIOL 1992) und bis zu 19 % bei Amarant (SINGHAL und KULKARNI 1988) weisen hohe Lysinanteile im Aminosäurespektrum auf. Das glutenfreie Endosperm bietet eine spezielle Nahrungsmittelbasis für Zöliakie- und Spruekranke. Außerdem liegen hohe Fettgehalte, bis zu 7 bis 8 % (i. T.) bei Reismelde (KOZIOL 1992) und Amarant (GARCIA et al. 1987) mit großen Anteilen ungesättigter Fettsäuren vor. Das Fett von Amarantkörnern enthält in Anteilen von ca. 0,1 % Tocotrienol. Diese Sub-

stanz ist in der Lage, die Cholesterolsynthese zu hemmen und damit den Cholesterinspiegel des Blutes zu beeinflussen (LEHMANN 1990). Abhängig von der Aufarbeitung weist das Kornmaterial der drei Arten hohe Rohfaser- und Mineralstoffanteile auf (BETSCHART et al. 1981, REICHERT et al. 1986, BECKER und HANNERS 1990).

Vorrangig in den Schalen enthalten Buchweizenkörner Tannine sowie andere geschmacks- und verdaulichkeitseinschränkende Substanzen (EGGUM et al. 1981). Eine einwandfreie Schälung ist daher wichtig. In geringeren Anteilen als die herkömmlichen Getreidearten enthalten auch Amarantkörner Stoffe wie Tannine und Lectine (LEHMANN 1992). Die Reismeldekörner enthalten Saponine, die ein teilweises Abreiben der Schalen (Polieren) notwendig machen. Sorten mit saponinarmen Körnern sind in der Entwicklung (REICHERT et al. 1986).

Die Stärke (MARSHALL und POMERANZ 1982) und andere Korninhaltsstoffe können auch als Rohstoff für technische Produkte genutzt werden. Die Amarantstärke besitzt mit einem Korndurchmesser von 1 bis 3 μm die kleinsten Körner aller bekannten Stärkearten (LEHMANN 1988). Die Stärke eignet sich daher für die Herstellung spezieller Puder, Farbstoffträger und anderer Produkte (SAUNDERS und BECKER 1984). Der Fettkomplex von Amarant enthält bis zu 8 % Squalen (BECKER 1989), ein acyclisches Triterpen, das in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie als Komponente interessant ist (LEHMANN et al. 1990). Gegenwärtig wird diese Substanz aus der Leber von Walen und Haien gewonnen.

1.2 Problemstellung

Mit der Frage der Nutzbarkeit des ernährungsphysiologisch wertvollen Kornguts ist die Frage nach der Leistungsfähigkeit der Arten unter mitteleuropäischen Aufwuchs- und Anbaubedingungen in Relation zu traditionellen Getreidearten verbunden. Als sommerjährige Vergleichsfruchtart bietet sich Hafer an. Auch dem Korngut von Hafer kommt aufgrund günstiger Zusammensetzung als Lebensmittelrohstoff Bedeutung zu. Im Vergleich der Pseudogetreidearten Buchweizen, Reismelde und Amarant mit der Getreideart Hafer stellten sich daher für die vorliegenden Untersuchungen folgende Fragen:

- Sind Bestände etablierbar, die unter den Aufwuchsbedingungen eines gemäßigten Standorts die Körnerreife und die Druschfähigkeit erreichen?
- Unterscheiden sich die Arten in der Trockenmasseproduktion und im Trockenmasseverteilungsmuster, auf welchem Niveau liegen die marktfähigen Kornerträge?
- Ist das Korngut als Rohstoff für die Brotherstellung geeignet?

Hierzu werden Ergebnisse aus einem zweijährigen Feldversuchsprogramm vorgestellt.

2. Material und Methoden

2.1 Feldversuchsanlage

In den Vegetationsperioden 1992 und 1993 wurden auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Ihinger Hof der Universität Hohenheim, mehrfaktorielle Feldversuche mit je vier Wiederholungen angelegt. Der Temperatur- und der Niederschlagsverlauf der beiden Vegetationsperioden sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Fragestellung ist unmittelbar auf den Artenvergleich ausgerichtet. Interaktionen mit den Sorten und der Produktionstechnik bleiben späteren Beiträgen vorbehalten. Trotzdem wird die für beide Jahre identische Experimentalbasis vollständig in Tabelle 1 wiedergegeben, da sie die Grundlage für die Ergebnisse ist.

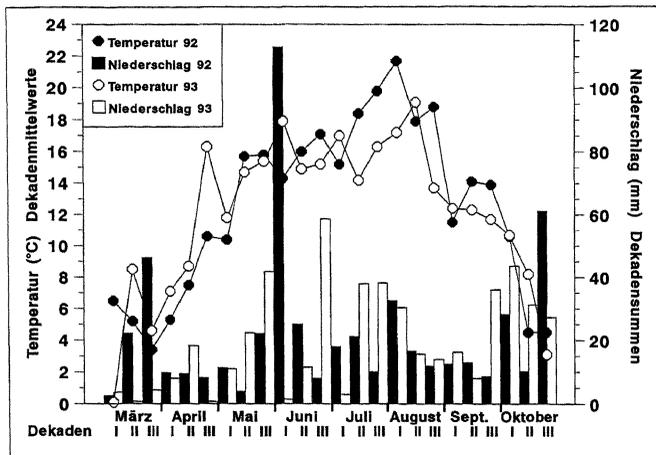


Abb. 1: Witterungsverlauf in den Vegetationsperioden 1992 und 1993

Tabelle 1

Faktorielle Feldversuchsanlage (Faktoren, Stufen) in den Vegetationsperioden 1992 und 1993 auf dem Standort Ihinger Hof (480 bis 500 m NN)

Arten/Sorten/Herkunft	Vorges. ¹⁾ Pflanzen- zahlen/ m ²	N-Düngung (kg N/ha) (bei einheitlich 100 kg P ₂ O ₅ /ha und 140 kg K ₂ O/ha)
Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i>) (B)		
Hruszowska (Polen)	100	0 (keine N-Düngung)
Emka (Polen) nur 1992	500	50 (bei beginnendem Kornansatz)
Prego (BRD) nur 1993		
Reismelde (<i>Chenopodium quinoa</i>) (R)		
Pichaman (Chile)	15	80 (bei Knospenbildung)
Faro (Chile)	30	40 (bei Knospenbildg.) + 40 (bei Blühbeginn)
Amarant (<i>Amaranthus hypochondriacus</i> × <i>A. hybridus</i>) (A)		
K 432 (USA)	15	80 (bei Knospenbildung)
K 343 (Plainsman) (USA)	30	40 (bei Knospenbildg.) + 40 (bei Blühbeginn)
Hafer (<i>Avena sativa</i> bzw. <i>A. s. ssp. nuda</i>) (H)		
Bruno (BRD) bespelzt	200	40 (zur Saat) + 80 (bei Schossbeginn)
Salomon (BRD) nackt	350	40 (zur Saat) + 40 (bei Schossbeginn) + 40 (bei Rispenstücken)

¹⁾ vorgesehene Pflanzenzahl, Bestandesetablierung siehe Text

Jede der vier Arten wurde durch zwei Sorten repräsentiert. Die beiden polnischen Buchweizensorten Hruszowska und Emka hatten sich in vorausgehenden Untersuchungen eines breit angelegten Sortiments als leistungsfähig erwiesen (AUFHAMMER und KÜBLER 1991). Leider stand im zweiten Versuchsjahr kein Saatgut der Sorte Emka zur Verfügung. Daher wurde 1993 die deutsche Sorte Prego verwendet. Die beiden chilenischen Reismeldesorten gehören in die Gruppe der „Sealevel Quinoa“. Sorten dieser Gruppe sind für den Anbau unter Langtagsbedingungen geeignet und besitzen eine begrenzte Kälteverträglichkeit (SPORY 1992). Das Saatgut der Amarantgenotypen stammte aus dem Rodale Research Center in den USA (KAUFFMAN 1992). Leistungsfähige Hafersorten wurden der beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes 1991 entnommen. Da verarbeitungsbezogen Nackthafer interessant erscheint, wurde neben der bespelzten Sorte Bruno die freidreschende Sorte Salomon herangezogen. Aufgrund relativ niedriger Mindestkeimtemperaturen von 2 bis 4 °C wurde Hafer bereits Mitte März ausgesät. Es folgte die Aussaat der Reismeldesorten mit Mindestkeimtemperaturen von 4 bis 6 °C bis Mitte April. Sowohl aufgrund höherer Keimtemperaturanprüche als auch aufgrund von Spätfrostempfindlichkeit konnten Buchweizen und Amarant erst in der ersten Maidekade ausgesät werden.

Die Stufen des Faktors Pflanzenzahl/m² wurden artspezifisch differenziert. Die Angaben in Tabelle 1 stellen die angestrebten Pflanzenzahlen/m² dar. Aufgrund erheblicher Schwierigkeiten beim Feldaufgang von Amaranth, auch von Reismelde lagen teilweise die Pflanzenzahlen/m² jedoch artspezifisch erheblich darunter. Hierauf wird im Ergebnisteil eingegangen. Auch die Stickstoffdüngung wurde bezüglich der Höhe artspezifisch ausgerichtet. Hierbei wurden die abreifeverzögernden Effekte höherer N-Gaben sowie das N-Aneignungsvermögen der hochwüchsigen Arten Reismelde und Amaranth berücksichtigt. Ziel war, auf jeden Fall zur Körnernutzung geeignete Bestände zu erstellen.

2.2 Erfasste Parameter in den Feldversuchen

Zur Überprüfung des Entwicklungsverlaufs und der Dauer aufeinanderfolgender Entwicklungsabschnitte der Bestände wurden die Kalenderdaten des Saattermins, des Aufgangs, der Knospenbildung bzw. des Rispschiebens, des Blühbeginns und des Druschtermins festgehalten.

Zur Feststellung der Quantität und der Verteilung der produzierten Sproßtrockenmassen wurde kurz vor dem Drusch möglichst verlustlos von Hand Pflanzenmaterial von Probeflächen (1 m²) aus gesondert hierfür in jeder Wiederholung angelegten Feldparzellen entnommen. Kornausfallverluste vor und bei Ernte können, wie frühere Untersuchungen bei Buchweizen zeigten, ein erhebliches Ausmaß erreichen (AUFHAMMER und KÜBLER 1991, AUFHAMMER et al. 1994 a). Zur Bewertung der Ertragsfähigkeit solcher Arten muß daher zwischen gebildetem und technisch erntbarem Kornertrag unterschieden werden. Folgende Parameter wurden erfaßt:

Parameter	Verfahren
• Gesamtsproßmasseertrag (dt/ha)	Probeschnitt (Ernte von Hand)
• gebildeter Kornertrag (dt/ha)	Probeschnitt (Ernte von Hand)
• geernteter, marktfähiger Kornertrag (dt/ha)	Parzelle (Mähdrusch) Korngut getrocknet, gereinigt
errechnet wurden:	
• Harvestindex (bezogen auf den gebildeten bzw. den geernteten Kornertrag)	$\frac{\text{Kornmasse (dt/ha)}}{\text{Gesamtsproßmasse (dt/ha)}}$
• Kornverluste (dt/ha bzw. %)	gebildeter Kornertrag (dt/ha) minus gedroschener Kornertrag (dt/ha)

Die Massen werden im Ergebnisteil als absolute Trockenmassen (a. T.) angegeben. Bei Hafer werden die Mittelwerte der bespelzten Sorte Bruno und der unbespelzten Sorte Salomon als Vergleichsgrößen genannt. Um einen Einblick in die artverschiedene Kornertragsstruktur unter den gegebenen Aufwuchsbedingungen zu erhalten, wurden über die Kornerträge hinaus folgende Parameter erfaßt:

Parameter	Verfahren
• Anzahl rispentragender Pflanzen bzw. Halme/m ² ¹⁾	Probeschnitt (Auszählung)
• Tausendkorngewicht (g)	getrocknete, gereinigte Kornmasse (Auszählung, Wägung von Stichproben)
errechnet wurden:	
• Kornertrag/Pflanze bzw. Halm ¹⁾ (g)	$\frac{\text{Kornertrag (g/m}^2\text{)}}{\text{Anzahl rispentragender Pflanzen bzw. Halme/m}^2\text{}} \cdot 1000$
• Kornzahl/Pflanze bzw. Halm ¹⁾	$\frac{\text{Kornertrag (g/Pflanze bzw. Halm}^1\text{)}}{\text{Tausendkorngewicht (g)}} \times 1000$
• Kornzahl/m ²	$\frac{\text{Kornertrag (g/m}^2\text{)}}{\text{Tausendkorngewicht (g)}} \times 1000$

1) bei Hafer

Schließlich wurden im Rahmen der Diskussion die erarbeiteten Ertragsdaten zu einer vergleichenden Kalkulation der Deckungsbeiträge herangezogen.

2.3 Erfassung technologischer Parameter am Korngut

Marktfähiges Korngut ausgewählter Varianten wurde für die Verwertung weiter aufbereitet. Im wesentlichen umfaßte dies die Sortierung und Schälung bei Buchweizen, ein Polieren, d. h. die weitgehende Entfernung der Fruchtschale bei der Reismelde, die Sortierung bei Amarant und die Sortierung (und Entspelzung des Spelzhafers) bei Hafer. Auf Einzelheiten zu den teils komplizierten, artspezifischen Korngutaufbereitungsverfahren wird in einem späteren Beitrag eingegangen. Das aufbereitete Korngut wurde vom Fachgebiet „Getreidetechnologie“ übernommen und auf technologische Eigenschaften untersucht. Hierbei wurden folgende Parameter erfaßt:

Parameter	Verfahren
• Stärkegehalt (% i. T.) ¹⁾	enzymatische Methode (Fa. Boehringer, Mannheim)
• Gesamtmineralstoffgehalt (% i. T.)	Muffelofen (525 °C)
• α -Amylaseaktivität (U/g TS)	Phadebas [®] Amylase Test

¹⁾ in der Trockenmasse

Zur Stärkegehaltsbestimmung wurden Mehlproben mit Dimethylsulfoxid extrahiert. Im enzymatischen Test wird Stärke durch das Enzym Amyloglucosidase zu D-Glucose gespalten, die mit ATP in Gegenwart von Hexokinase zu Glucose-6-phosphat (G-6-P) phosphoryliert wird. G-6-P wird von NADP in Gegenwart von G-6-P-DH zu Gluconat-6-phosphat oxidiert, wobei reduziertes NADPH entsteht. Die während der Reaktion gebildete NADPH-Menge ist der durch Hydrolyse der Stärke gebildeten D-Glucose-Menge proportional. NADPH ist Meßgröße und wird aufgrund seiner Absorption bei 340 nm bestimmt.

Die Bestimmung des Gesamtmineralstoffgehalts erfolgte bei 525°C im Muffelofen, da aus der Asche noch Kationen und Anionen bestimmt werden. Die α -Amylaseaktivität wurde mit dem Phadebas[®] Amylase-Test bestimmt. Hierzu wurde α -Amylase aus den Proben mit Acetatpuffer bei pH=5,2 extrahiert. Das Substrat ist ein blau gefärbtes, durch Quervernetzung wasserunlösliches Stärkopolymer, das von der α -Amylase zu wasserlöslichen blauen Fragmenten hydrolysiert wird. Die Absorption ist direkt von der α -Amylaseaktivität in der Probelösung abhängig. Ein Unit (U) der Aktivität ist definiert als die Enzymmenge, die pro Minute die Hydrolyse von einem μ mol glykosidischer Bindung katalysiert. Das Wirkungsoptimum der Pseudocerealien-Amylasen liegt durchweg bei 40 °C.

An den bzw. mit den nach dem Mahlen des Kornguts hergestellten Mehlteigen wurden folgende Untersuchungen vorgenommen:

Parameter	Verfahren
• Viskoelastisches Teigverhalten (nur Reismelde, Buchweizen, Hafer)	Oszillationsmessungen
• Volumenausbeute (nur Amarantanteile ¹⁾ , Basis Weizenmehl)	Brötchen-Backversuch

¹⁾ siehe Text

Die fundamentale Rheologie (durchgeführt mit einem Bohlin CS-Rheometer und Platte/Platte-Meßgeometrie) besitzt gegenüber den empirischen und imitierenden Methoden Vorteile. Stoffeigenschaften wie Viskosität, Schubmoduln und Phasenverschiebungswinkel können im Gegensatz zur imitierenden Rheologie in SI-Einheiten angegeben werden. Angewandt wurde die Oszillationsmessung, also eine dynamische Methode, bei der eine Sinusschwingung steigender Frequenz (0,1 bis 10 Hz) bei konstanter Deformation und Temperatur (20 °C) über ein reibungsfreies Luftlager auf die Teigprobe übertragen wird. Der komplexe Schubmodul G^* besteht aus zwei Termen.

$$G^* = G' + iG''$$

G' ist ein Maß für die im Teig reversibel gespeicherte Deformationsenergie, G'' für die irreversibel durch Fließen verlorene Energie.

$$\tan \delta = G'' / G'$$

wird als Verlustfaktor bezeichnet.

Weizenmehlteige sind mit δ -Werten von 20° bis 28° als viskoelastisch zu interpretieren. Es gilt nämlich

$$0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$$

0° entspräche einem ideal-elastischen Festkörper, 90° dagegen Newtonschem Fließverhalten. Die Viskosität sowie die Moduln G' und G'' , insbesondere aber der Phasenverschiebungswinkel δ sind wichtige Größen zur Beschreibung und Interpretation des rheologischen Verhaltens der jeweiligen Teige (GRÄBER 1993, KAUFMANN und KUHN 1992). Der Weizenmehlteig dient dabei quasi als interner Standard zur besseren Einordnung der Pseudocerealienteige. Die Teige werden in 50 g-Mengen in einem Farinograph-Knetter hergestellt.

Die Backversuche beschränkten sich zunächst auf Weizenmehlteige mit unterschiedlichen Amarantmehlanteilen. 30 % Amarant wurde mit 70 % Weizenmehl T 550 in zwei Varianten ohne Zusatz von Backmitteln zu Brötchen verbacken (ZELAYA-CHAVEZ 1993).

Variante 1

30 Teile Amarant Vollkornmehl

70 Teile Weizenmehl T 550

60 Teile Wasser

1,5 Teile Salz

5 Teile Hefe

Variante 2

70 Teile Weizenmehl T 550

30 Teile Wasser

Brühstück aus 30 Teilen ganzkörnigem Amarant und 30 Teilen Wasser

1,5 Teile Salz

5 Teile Hefe

Aufgrund des hohen Mineralstoffgehalts des Amarants genügen aus sensorischen Gründen 1,5 % Kochsalz.

3. Ergebnisse

3.1 Feldaufgang

Der Feldaufgang der Arten unterschied sich erheblich (Tab. 2). Problemlos lief in beiden Jahren der Anfang Mai gesäte Buchweizen auf. Oberflächenverschlämmungen, die nach der Saat infolge stärkerer Niederschläge auftraten (Abb. 1), hatten keinen Einfluß. Sehr viel stärker wurde der gleichzeitig gesäte Amarant betroffen. Trotz flacher Ablage blieben die Feldaufgänge sehr gering. Da niedrige Feldaufgänge bereits bei der Kalkulation der Saatmenge berücksichtigt und die Bestände anschließend mit der Handhacke korrigiert wurden, konnten zur Körnerproduktion geeignete Bestände etabliert werden. Diese lagen jedoch teils in der Dichte unter den angestrebten Werten. Die Bestände wiesen keine vollkommen ausgeglichene Einzelpflanzenentwicklung auf. Im Jahre 1992 wurde auch bei Reismelde ein sehr geringer Feldaufgang festgestellt. Über Zusatzmaßnahmen konnten dünne, aber brauchbare Bestände mit kräftiger Einzelpflanzenentwicklung erstellt werden. Nach Einzelkornablage von pilliertem¹ Saatgut im Folgejahr resultierte unter günstigen Auflaufbedingungen ein rascher und relativ hoher Feldaufgang (Tab. 2). Trotz hoher Keimfähigkeit des Saatgutes blieb, insbesondere 1992, auch der Feldaufgang von Hafer bei witterungsbedingt sehr zögerndem Auflauf mit Werten zwischen rund 70 und 80 % eher bescheiden.

¹ Die Pillierung wurde freundlicherweise von Herrn Peter/Fa. Kleinwanzlebener Saatzucht durchgeführt.

Tabelle 2

Aussaattermine (Datum), Feldaufgang (%) und Pflanzenzahl/m² (bei Ernte) von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer in den Feldversuchen 1992 und 1993 (Mittelwerte über Sorten und N-Stufen)

Arten	v. ¹⁾ Pfl.-zahl	Vegetationsperiode 1992			Vegetationsperiode 1993		
		Aussaat	Feld- aufg.	Pfl.- zahl	Aussaat	Feld- aufg.	Pfl.- zahl
Buchweizen	100	7. 5.	93	94,5	10. 5.	99	97,0
	500			413,5			412,0
Reismelde	15	10. 4.	29 ²⁾	17,0	15. 4.	73 ²⁾	15,0
	30			20,5			30,0
Amarant	15	7. 5.	19 ²⁾	12,5	6. 5.	15 ²⁾	15,0
	30			15,0			24,5
Hafer	200	13. 3.	68	137,0	18. 3.	81	162,0
	350			68			236,5

¹⁾ vorgesehene Pflanzenzahl/m²

²⁾ gleiche Saatedichte und nachfolgende Korrektur

3.2 Bestandesentwicklung und Vegetationsdauer

Die Bestandesentwicklung von Buchweizen und Amarant einerseits sowie Reismelde und Hafer andererseits begann, abhängig von den Saatterminen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten und damit unter differierenden Bedingungen (Abb. 1, 2). In der Zeitdauer zwischen Aufgang und Druschreife unterschieden sich Hafer und Reismelde nicht. Aufgrund niedrigerer Temperaturen während der Anfangsentwicklung brauchte Hafer verglichen mit Reismelde bis zum Rispen-schieben wesentlich länger. Die Reismelde verlangte einen längeren Zeitraum bis die Abreife der großen Fruchtstände den Drusch der Bestände zuließ. Bei Buchweizen blieb die Zeitspanne zwischen dem Feldaufgang und der Knospenbildung sehr kurz. Bereits rund 30 Tage nach dem Auflaufen begannen die Buchweizenbestände zu blühen. Die Blütenbildung setzte sich anhaltend fort. Dies trug zu einer ausgedehnten Abreifepériode mit erheblichen Verlustgefahren bei. Mit ca. 115 Tagen wies Buchweizen von allen geprüften Arten die kürzeste Vegetationszeit auf. Die C4-Pflanze Amarant benötigte mit 140 bis 150 Tagen die längste Zeitspanne, bis die Bestände bei noch sehr hohen Feuchtigkeitsgehalten (Tab. 3) geerntet werden konnten. Der hohe Wärmeanspruch von Amarant kam nicht nur in zögernder Anfangsentwicklung, sondern auch in langen Abreifepérioden der umfangreichen Pflanzenmassen zum Ausdruck.

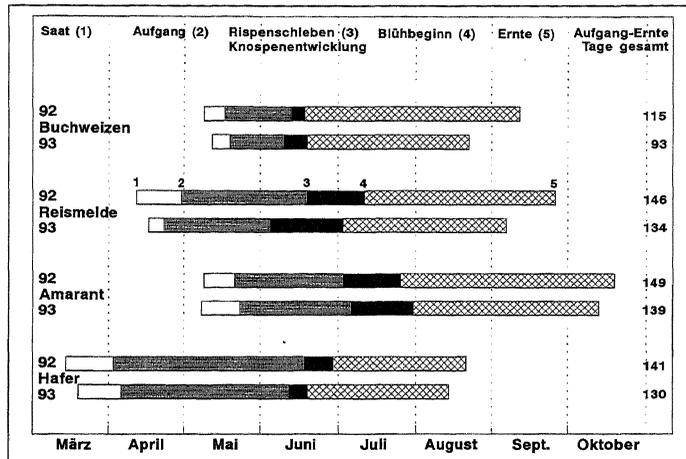
Tabelle 3

Druschtermine (Datum) und geschätzte¹⁾ Wassergehalte (%) von Kornmasse und vegetativer Masse bei Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer

Art Fraktion		Buchweizen		Reismelde		Amarant		Hafer	
		Drusch- termin	Wasser- gehalt	Drusch- termin	Wasser- gehalt	Drusch- termin	Wasser- gehalt	Drusch- termin	Wasser- gehalt
vegetative Masse	1992	2. 9.	30-40	21. 9.	35-50	1. 10.	50-60	19. 8.	15-20
	1993	8. 8.		31. 8.		27. 9.		13. 8.	
Korn- masse	1992	7. 9.	20-30	21. 9.	25-35	14. 10.	30-40	19. 8.	15-18
	1993	18. 8.		2. 9.		8. 10.		12. 8.	

¹⁾ keine Bestimmungen durchgeführt

Abb. 2: Entwicklungsverlauf von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer in den Vegetationsperioden 1992 und 1993 (Mittelwerte über Sorten, Bestandesdichten und N-Stufen)



Trotz der spezifischen Einordnung der Arten in den Vegetationszeitverlauf erreichten die Bestände teils sehr spät und mit unvollkommener Abtrocknung einen druschfähigen Zustand. Herbstniederschläge und niedriges Temperaturniveau (Abb. 1) verzögerten das Abtrocknen der Bestände. Die Wassergehalte der Bestände zum Druschtermin wurden nicht analysiert. Jedoch sind in Tabelle 3 Schätzwerte aus der Beurteilung beim Drusch genannt, die grob die Abstufung zwischen den Arten zeigen. Keine der Pseudocerealienarten erreichte in den beiden Vegetationsperioden das Abtrocknungsniveau des Hafers.

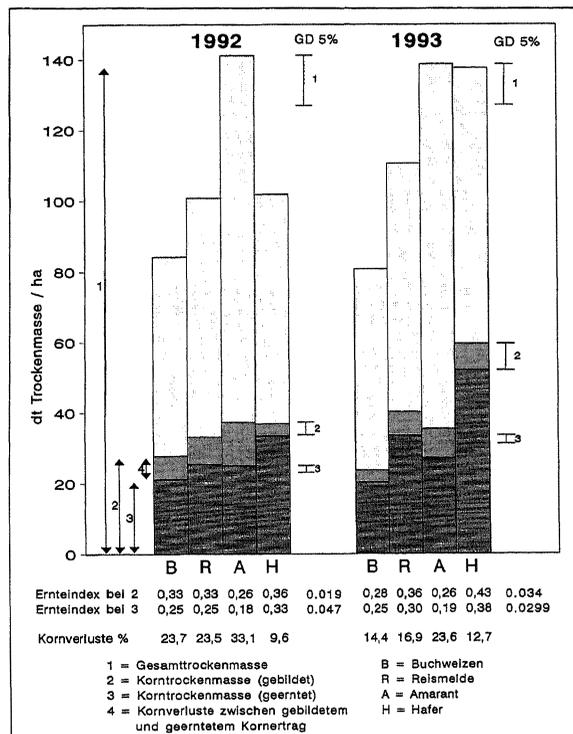


Abbildung 3: Gesamttrockenmasse, gebildeter und geernteter Kornertrag (dt/ha), Ernteindex und Kornverluste (%) von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer in den Vegetationsperioden 1992 und 1993 (Mittelwerte über Sorten, Bestandesdichten und N-Stufen)

3.3 Sproßtrockenmasseproduktion und -verteilung

Unter den gegebenen Aufwuchs- und Anbaubedingungen produzierten die Buchweizenbestände mit 80 bis 90 dt/ha die geringsten, die Amarantbestände mit gut 140 dt/ha die höchsten Sproßtrockenmassen der vergleichend angebauten Arten (Abb. 3). Die Sproßtrockenmassen der Reismelde lagen bei 100 bis 110 dt/ha. Zwar erreichte Hafer nur 1993 das Gesamttrockenmassenniveau der Amarantbestände, jedoch war der Anteil der Kornfraktion mit 36 bis 43 % höher als bei den Pseudocerealien. Den geringsten Kornanteil bildete mit 26 %, allerdings bei relativ sehr hoher Gesamttrockenmasse, Amarant. Aufgrund der Abreifeproblematik traten hier auch mit 24 bis 33 % die höchsten Vorernte- und Druschverluste auf. Erwartungsgemäß wies Hafer die geringsten Kornverluste auf (Abb. 3). Abhängig von den Versuchsjahren wurden von Reismelde und Amarant immerhin zwischen etwa 35 und gut 40 dt/ha absolut trockene Kornmasse gebildet und um 24 (Amarant) bzw. 30 (Reismelde) dt/ha marktfähige Kornmasse geerntet. Von den Buchweizenbeständen wurden um 20 dt/ha gereinigte, trockene Kornmasse gewonnen. Die gereinigten Kornerträge der Vergleichsfruchtart Hafer betrugen 1992 im Mittel der bespelzten und der unbespelzten Sorte – bei frühzeitig erheblichem Lager von Salomon – 33 dt, 1993 jedoch 52 dt/ha (Abb. 3).

3.4 Kornertrag und Kornertragsstruktur

Der Aufbau der Kornerträge der Arten differierte, ausgehend von den unterschiedlichen Tausendkorngewichten von 0,6 g bei Amarant, etwa 2 g bei Reismelde und ca. 25 bis 30 g bei Buchweizen und Hafer sowie den artspezifischen Bestandesdichten, beträchtlich (Tab. 4). Buchweizenbestände mit im Mittel 250 Pflanzen/m² erlaubten die Ausbildung von 20 bis 35 erntbaren Körnern/Pflanze. Demgegenüber wurden in Reismeldebständen mit größenordnungsmäßig 20 Pflanzen/m² zwischen 6600 und 7200 erntbare Körner/Pflanze entwickelt. In den vergleichbar dünnen Amarantbeständen bildete die Einzelpflanze Fruchtstände mit 20 000 bis 30 000 Körnern aus. Hafer, bei dem der Bestandesdichte mit 350 bis 400 rispenträgenden Halmen/m² große Bedeutung zukommt, erreichte Kornzahlen pro Rispe zwischen 35 und 55 (Tab. 4).

Tabelle 4

Kornertragsstruktur und marktfähiger Kornertrag von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer in den Vegetationsperioden 1992 und 1993 (Mittelwerte über Sorten, Bestandesdichten und N-Stufen)

Merkmale	Buchweizen	Reismelde	Amarant	Hafer
	1992			
Rispen tragende Pflanzen (Halme ²)/m ²	254,10	18,75	13,75	375,80
Kornzahl/m ² ¹⁾	7 564	135 401	409 508	13 287
Kornzahl ¹⁾ /Pflanze bzw. Halm ²⁾	30	7 221	29 782	35
TKG (g)	27,92	1,87	0,61	25,10
Kornertrag (dt/ha)	21,12	25,32	24,98	33,35
	1993			
Rispen tragende Pflanzen (Halme ²)/m ²	255,00	22,50	19,75	351,80
Kornzahl/m ² ¹⁾	8 481	149 821	409 394	18 738
Kornzahl/Pflanze bzw. Halm ²⁾	33	6 659	20 729	53
TKG (g)	23,84	2,23	0,66	27,74
Kornertrag (dt/ha)	20,22	33,41	27,02	51,98

1) Werte gerundet

2) Hafer

3.5 Verarbeitungseigenschaften des Kornguts

Im Gegensatz zu 1992 tendierte im Jahr 1993 das Korngut der Reismelde verglichen mit dem Korngut der anderen Arten zu etwas niedrigeren Stärkegehalten. Erwartungsgemäß zeigten Buchweizen und Amarant mit Werten zwischen 60 und 65 % die höchsten Stärkegehalte (Tab. 5). Die α -Amylaseaktivität des Kornguts von Reismelde betrug ein Mehrfaches der Aktivität von Amarant und Buchweizen. Auch gegenüber Hafer blieben die Aktivitätswerte von Amarant und Buchweizen geringer. Reismelde und Amarant zeichneten sich gegenüber Buchweizen und Hafer durch etwas höhere Mineralstoffgehalte, die teils 3 % überschritten, aus (Tab. 5).

Tabelle 5

Inhaltsstoffe im Korngut (absolute Trockenmasse) verschiedener Körnerfruchtarten in Abhängigkeit von den Vegetationsperioden 1992 und 1993

Art	Vegetationsperiode	Stärke (%)	α -Amylase (U/g TS)	Mineralstoffe (%)
Buchweizen	1992	61,0	12,6	2,36
	1993	65,5	12,2	2,29
Reismelde	1992	55,8	80,1	3,18
	1993	58,0	62,8	2,72
Amarant	1992	59,9	8,9	3,17
	1993	64,7	10,4	2,85
Hafer	1992	59,9	42,1	2,16
	1993	57,1	48,6	1,71

Weizenmehlteig – hier Vergleichsbasis – wies eine relativ sehr geringe Viskosität auf. Deutlich höher lag die Viskosität bei Buchweizen- und Reismeldeteig. Haferteig wies die höchste Viskosität und die höchsten Module auf. In weiterer Folge nahmen die Modulwerte der Teige von Reismelde über Buchweizen zu Weizen ab. G'' blieb stets kleiner als G' , jedoch war das Verhältnis G''/G' bei Hafer- und Reismeldeteigen deutlich kleiner als bei Buchweizen- und Weizenteigen. Dies führte zu Unterschieden im Phasenverschiebungswinkel δ (Tab. 6). Somit waren die Hafer- und Reismeldeteige elastischer, die Buchweizen- und Weizenteige hingegen plastischer. Trotz einer gewissen rheologischen Ähnlichkeit mit Weizenteigen besaßen Buchweizenteige nur einen schwachen Kleber; dies zeigte sich auch im SDS-Sedimentationstest. In der Konsequenz war das Gashaltevermögen für CO_2 bei Buchweizenteig im Vergleich zu Weizenteig nicht zufriedenstellend.

Tabelle 6

Ergebnisse der Oszillationsmessungen an Buchweizen-, Reismelde-, Hafer- und Weizenmehlteigen bei einer Meßfrequenz von 2 Hz

Teig	Viskosität/Pa s	G''/Pa	G'/Pa	$\delta/^\circ$
Buchweizen	875	11 000	26 000	23,0
Reismelde	1 185	14 850	47 250	17,5
Hafer	2 200	27 650	91 600	16,7
Weizen	372	4 675	10 115	24,8

Die Volumenausbeute in cm^3 pro 100 g Mahlerzeugnisse ist ein Maß für die Backqualität. Bei reinen Weizenmehlbrötchen ohne Backmittelzusätze beträgt die Volumenausbeute 550 bis 650 $\text{cm}^3/100$ g. In der Variante 1 mit 30 % Ama-

rant-Vollkornmehlanteil wurden 360 cm³ erzielt. In der Variante 2 mit 30 % ganzkörnigem Amarant als Brühstück (1 h Quellzeit) ergab sich jedoch eine Ausbeute von 415 cm³/100 g. Die sensorischen Eigenschaften Brötchenoberfläche, Farbe, Geruch, Geschmack zeigten bei Variante 2 eine bessere Ausprägung als bei Variante 1.

4. Diskussion

Keine Pseudocerealienart benötigte eine wesentlich längere Vegetationsdauer als Hafer. Artsspezifisch unterschieden sich jedoch die Zeiträume in der Lage, gleichermaßen differierten die Feuchtegehalte des Druschguts erheblich. Aufgrund höherer Keimtemperaturminima wurden die Pseudocerealien bis zu sechs Wochen nach Hafer ausgesät. Trotzdem traten bezüglich des Feldaufgangs bei Amarant, teils auch bei Reismelde Probleme auf. Diese sind nur zum Teil auf den Keimtemperaturbedarf zurückzuführen (Tab. 7).

Tabelle 7

Kritische Saatguteigenschaften und Auflaufansprüche von Amarant

Eigenschaften:

- hoher Keimtemperaturbedarf
- sehr kleiner Keimling, geringe Nährstoffreserven
- epigäische Keimung
- ungleichmäßiger Keimruheabbau

Forderungen:

- hohe Bodentemperaturen
- flache Saatgutablage
- keine Oberflächenverschlammung, insbesondere
- keine Oberflächenverkrustung

Die Tausendkorngewichte von 0,5 bis 1 g bei Amarant, auch die etwas größeren Körner von Reismelde lassen, verbunden mit dem epigäischen Keimungsmodus beider Arten, nur unter günstigen Bedingungen hohe Feldaufgänge zu. Solange die Bodenaufgabe über dem Saatgut ca. 2 cm bei Amarant und ca. 3 cm bei Reismelde nicht überschreitet, feucht und damit durchdringbar bleibt, laufen keimbereite Keimlinge auf. Eine austrocknende, verkrustende Bodenoberfläche reduziert den Feldaufgang in Interaktion mit nur geringfügig tieferer Ablage massiv (AGRAWAL und BATRA 1977, RITTER 1986). Eigene Untersuchungen zeigten bei beiden Arten erhebliche Wechselwirkungen zwischen der Bodenart, der Ablagetiefe und dem Oberflächenzustand auf den Feldaufgang (AUFHAMMER et al. 1994 b). Bei geringen Bodentemperaturen verschärfen zögernde Keimprozesse und niedrige Saaddichten die Aufgangsproblematik.

Die Haferbestände wurden Mitte August gedroschen. Buchweizen und Reismelde folgten Mitte August bis Mitte September. Amarant konnte erst Anfang bis Mitte Oktober geerntet werden. Auch zu diesen späten Zeitpunkten befriedigte der Abreifezustand bei keiner der drei Pseudocerealienarten in keinem der beiden Versuchsjahre. Aufgrund kontinuierlicher Verzweigung und Blütenbildung reiften die generativen und die vegetativen Fraktionen von Buchweizen ungleichmäßig ab. Hierauf wurde an anderer Stelle eingegangen (AUFHAMMER et al. 1994 a). Die Stengel-, aber auch die Blattmassen von Amarant wiesen selbst Mitte Oktober noch sehr hohe Feuchtigkeitsgehalte auf. Erhebliche Wassergehalte in der vegetativen Masse, auch bei weitgehend abgereiftem Korngut, sind eine Eigenschaft der derzeit verfügbaren amerikanischen Amarantsorten

K 432 und K 343. Trotz der gezielten Einkreuzung früher reifender A. hybridus-Genotypen ist die Problematik ausreichender Abtrocknung der vegetativen Massen auch in den warmen Anbaugebieten im Westen der USA bekannt. Dort werden Vegetationszeiten von 110 Tagen genannt. Empfohlen wird das Abwarten des ersten Frostes vor Drusch (WEBER 1990, BALTENSBERGER 1991). In unseren zur Zeit laufenden Versuchen unterstützten Nachtfröste Anfang Oktober 1994 zusammen mit der vorausgegangenen warmen Sommerperiode die Abtrocknung der Bestände erheblich. Die Kornfeuchte lag bei Drusch um 20 %. Zu prüfen ist, wie weit höhere Dichten und gleichmäßigere Verteilung über dünnerstengelige Pflanzen mit kleineren Infloreszenzen zur Abreife von Amarantbeständen beitragen. Auch die Reismeldebestände mußten noch mit relativ hohen Feuchtigkeitsgehalten geerntet werden. Der geringere Wärmeanspruch der C3-Pflanze und der Blattfall während der Abreife hielt die Ernteproblematik jedoch in Grenzen. Aufgrund des Witterungsverlaufes in 1994 wurden in den laufenden Feldversuchen blattlose Reismeldebestände mit Kornfeuchten zwischen 15 und 20 % problemlos gedroschen.

Gegenüber Hafer wiesen die Pseudocerealien z. T. deutlich höhere Verluste auf. Bei Reismelde knickten in den Feldparzellen 10 bis 20 % der Pflanzen um. Dies lag an der Wuchshöhe verbunden mit hohen Fruchtstandsgewichten im feuchten Zustand. Der Effekt ist auch als Folge zu kräftiger Einzelpflanzenentwicklung bei niedriger Pflanzenzahl/m² zu betrachten. Die geknickten Fruchtstände konnten beim Drusch nicht vollständig erfaßt werden, dies trug zu Kornertragsverlusten bei. Mit der Entwicklung sehr großer Kornzahlen je Pflanze bei Reismelde und besonders bei Amarant erstreckt sich die Kornausbildung über einen langen Zeitraum. Daher befinden sich die Körner in verschiedenen Bereichen der Infloreszenz in unterschiedlichen Reifestadien. Verluste ausgereifter Körner sind die Folge. Auch der unterschiedliche Keimruheabbau der einzelnen Samen einer Partie geht vermutlich mit auf die Fruchtstandsentwicklung zurück. Bei Amarant könnte der Kornausfall durch die züchterische Veränderung morphologischer Strukturen der Blüten reduziert werden (BRENNER und HAUPTLI 1990). Neben dem Ausfall von Körnern vor und bei Ernte auf den Boden haften Amarantsamen beim Drusch feuchter Restpflanzenmasse an und sind so nicht gewinnbar.

Gegenüber Hafer charakterisierten höhere Verluste und geringere Harvestindices bei gleichen oder geringeren Gesamtproßtrockenmassen die Kornproduktion der Pseudocerealien in den vorliegenden Versuchen. Die marktfähigen Korntrockenmassen dieser Körnerfruchtarten blieben in beiden Jahren unter den Kornmassen von Hafer. Hier ist jedoch nochmals auf die Problematik der Etablierung von Ausgangsbeständen vorrangig bei Amarant aber auch bei der Reismelde hinzuweisen. Der Vergleich produzierter Trockenmassen wird auch durch das artenverschiedene N-Düngungsniveau fragwürdig. Dem steht aber ein vermutlich artenverschiedenes Aneignungsvermögen für bodenbürtigen Stickstoff gegenüber, zumal die genutzten Abschnitte des Zeitraums zwischen Mitte März und Mitte Oktober differierten. Wärmere Abschnitte bedeuten verstärkte Mineralisation und damit höheres Nitratangebot. Diesen Fragen wird in laufenden Versuchen nachgegangen.

Neben dem Naturalertrag interessiert angewandt der Deckungsbeitrag. Die Kalkulation erfolgt auf der Basis über beide Versuchsjahre gemittelter marktfähiger Kornerträge ohne Schälung (Buchweizen), Polierung (Reismelde) oder Entspelzung (Hafer). Die Erzeugerpreise wurden, nach Umfragen bei verschiedenen Abnehmern, eher an der unteren Grenze angesiedelt. Vergrößernd wur-

den einheitlich 20 % des Kornertrags als Futterware zu geringerem Preis angesetzt (Tab. 8). Der Druschzeitaufwand, relativ große Besatzanteile und hohe Feuchtigkeitsgehalte im Druschgut der Versuchsjahre 1992 und 1993 bewirkten hohe Kosten für Reinigung und Trocknung. Auf wärmeren Standorten und bei optimierter Produktionstechnik sind hier Reduktionen vorstellbar. Dies zeigen bereits die Erfahrungen bei der Ernte 1994. Ob die eingesetzten Saatgutkosten prinzipiell gerechtfertigt sind, ist fragwürdig. Die Pillierung bringt nur bei einwandfreier Triebkraft des Saatguts, kontinuierlich ausreichender Feuchtigkeit in der obersten Bodenschicht und bei Vermeidung von Verschlammung Vorteile. Die Kosten für die mechanische Unkrautbekämpfung sind erheblich. Die zögernde Anfangsentwicklung der geringen Anzahl zunächst sehr kleiner Pflanzen/m² von Reismelde und insbesondere von Amarant machen aber eine intensive Unkrautbekämpfung unabdingbar. Demgegenüber ist ein rasch auflaufender Buchweizenbestand über zügigen Bestandesschluß in der Lage, Unkraut ohne Hilfsmaßnahmen vollständig zu unterdrücken. Bei der Reismelde kann nach dem Auflaufen oder in späteren Stadien ein Insektizideinsatz zur Bekämpfung von Blattläusen notwendig sein. Darüberhinaus wurde kein Schädlings- oder Krankheitsbefall festgestellt. Während bei Hafer, einschließlich der Beihilfe rund DM 1000,- Deckungsbeitrag errechnet wurden, blieb der Beitrag bei Buchweizen trotz niedriger Aufwendungen sehr gering (Tab. 8). Dies liegt an relativ niedrigen Kornerträgen verbunden mit dem Erzeugerpreis. Höhere Erträge an marktfähiger Ware sind mit den vorhandenen Sorten kaum zu erzielen. Die Erzeugerpreise bei Reismelde und Amarant setzen die Nachfrage von Verarbeitern für die Herstellung gut vermarktbarer Produkte voraus.

Tabelle 8

Kalkulation der Deckungsbeiträge von Buchweizen, Reismelde, Amarant und Hafer auf der Basis der Kornerträge in den Feldversuchen 1992 und 1993 (Mittelwerte über Jahre, Sorten, Bestandesdichten und N-Stufen)

Faktor	Buchweizen	Reismelde	Amarant	Hafer
marktfähiger Kornertrag (dt/ha, a. T.)	20,6	29,3	26,0	42,7
davon 20 % Futterware ¹⁾ (dt/ha, a. T.)	4,1	5,9	5,2	7,8
angenommener Erzeugerpreis (DM/dt)	50,-	150,-	200,-	30,-
Marktware (80 %), Marktleistg. (DM/ha)	825,-	3510,-	4160,-	1047,-
Futterware (20 %), Marktleistg. (DM/ha)	82,-	354,-	364,-	175,50
Summe Marktleistung (DM/ha)	907,-	3864,-	4524,-	1222,50
Kosten ²⁾ (DM/ha)				
Saatgut ³⁾	200,-	300,-	300,-	100,-
Düngung (N, P, K)	150,-	250,-	250,-	250,-
Pflanzenschutz	-	20,-	-	50,-
Hand- bzw. Maschinenhacke	-	480,-	480,-	-
Lohndrusch	280,-	350,-	400,-	200,-
Reinigung	50,-	250,-	500,-	70,-
Trocknung	50,-	250,-	500,-	70,-
Gesamtkosten	730,-	1900,-	2430,-	740,-
Beihilfe (DM/ha)	-	-	-	544,-
Deckungsbeitrag (DM/ha)	177,-	1964,-	2094,-	1026,50

¹⁾ Futterware: Buchweizen 20,- DM/dt, Reismelde 60,- DM/dt, Amarant 70,- DM/dt, Hafer 22,50 DM/dt (z. T. nach HASTENPFLUG 1991)

²⁾ ohne Maschinenkosten, Hagelversicherung und Zinsausgleich

³⁾ bei Verwendung pillierten Saatguts und hohem Saatgutaufwand

Buchweizen 23-158 kg/ha, Reismelde 1-2,3 kg/ha, Amarant 0,7-1 kg/ha, Hafer 41-147 kg/ha.

Sowohl die Produkteskala als auch der Marktsektor für Produkte aus Pseudocerealien ist bisher sehr klein. Allerdings befinden sich die Untersuchungen zum Einsatz von Mahlprodukten bei der Herstellung von Brot und anderem Gebäck erst am Anfang. Der ernährungsphysiologische Wert dieser Rohstoffe steht außer Frage. Soweit die bisherigen Befunde zeigten, eignen sich reine Pseudocerealienteige nicht für die Herstellung von Brot und Feingebäck. Buchweizenteige können nur mit Weizenkleberzusätzen und Backmittel verbacken werden. Nach bisherigen Ergebnissen sind Zusätze von 20 bis 50 % Buchweizen- oder Amaranthemehl zu Weizenmehl bei Brötchenteigen möglich, wenn auch bei steigenden Anteilen Volumeneinbußen eintreten. Feine Backwaren wie Biskuit (KUHN et al. 1994) sowie Mürbteigplätzchen (unveröffentlicht) sind dagegen aus 100 % Pseudocerealienmehl herstellbar. Dies könnte insbesondere für die Ernährung von Zöliakie- bzw. Spruepatienten bedeutsam werden. Zur weiteren Variation des Gebäckangebots wäre jedoch – die Entwicklung geeigneter Rohstoffmischungen vorausgesetzt – auch ein darüberhinausgehender Einsatz des Kornmaterials von Pseudocerealien vorstellbar.

Literatur

- ACHTNICH, W., 1986: Pseudocerealien, Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. Ulmer, Bd. 4, 86–93.
- AGRAWAL, R. P. and M. L. BATRA, 1977: Soil moisture and seedling emergence under surface crusting. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 25, 77–80.
- AUFHAMMER, W. und E. KÜBLER, 1991: Zur Anbauwürdigkeit von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*). *Die Bodenkultur* 42, 31–43.
- AUFHAMMER, W., H. ESSWEIN und E. KÜBLER, 1994 a: Zur Entwicklung und Nutzbarkeit des Kornertragspotentials von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*). *Die Bodenkultur* 45, 37–47.
- AUFHAMMER, W., H. P. KAUL, M. KRUSE, J. H. LEE and D. SCHWESIG, 1994 b: Effects of sowing depth and soil conditions on seedling emergence of Amaranth and Quinoa. *Eur. J. Agron.* 3, 205–210.
- BALTENSBERGER, D. D., 1991: Release of Plainsman (P. J. 538322) Grain Amaranth. Legacy – the official newsletter of the American Amaranth Institute, Vol. IV/1, 7.
- BECKER, R., 1989: Preparation, composition and nutritional implications of amaranth seed oil. *Cereal Food World* 34, 950–953.
- BECKER-DILLINGEN, J., 1927: *Handbuch des Getreidebaus*. Verlag Paul Parey Berlin, Hamburg.
- BECKER, R. and G. D. HANNERS, 1990: Compositional and nutritional evaluation of Quinoa whole grain flour and mill fractions. *Food Sci. Technol. London* 23, 441–444.
- BERTSCH, F., 1947: *Geschichte unserer Kulturpflanzen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 1947.
- BETSCHART, A. A., D. W. IRVING, A. D. SHEPHARD and R. M. SAUNDERS, 1981: *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *Food Sci.* 46, 1181–1187.
- BRENNER, D. and H. HAUPTLI, 1990: Seed shattering control with indehiscent utricles in grain amaranths. Legacy – the official newsletter of the American Amaranth Institute, Vol. III/1, 2–3.
- CARMEN, M. L., 1984: Acclimatization of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Canihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) to Finland. *Annales Agriculturae Fenniae*, Vol. 23, 135–144.
- DARWINKEL, A., 1993: Schriftliche Mitteilung.
- EGGUM, B. O., I. KREFT and B. JAVORNIK, 1981: Chemical composition and protein quality of buckwheat. *Qual plant foods Ham Nutr.* 30, 175–179.
- ESPIG, G., 1989: Ein Plädoyer für die Pseudocerealien – Buchweizen, Quinoa und Amaranth. *Entwicklung und ländlicher Raum* 6, 6–9.
- FRANKE, W., 1976: *Nutzpflanzenkunde*. Verlag Georg Thieme, Stuttgart.
- GARCIA, L. A., M. A. ALFARO and R. BRESSANI, 1987: Digestibility and nutritional value of crude oil from the amaranth species. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 64, 371–375.
- GRÄBER, S., 1993: Mehl- und Teigeigenschaften des Dinkels – Meßmethoden, Sorteneinflüsse, Anbaueinflüsse. Dissertation, Universität Hohenheim.

- HASTENPFLUG M., 1991: Amarantanbau in Deutschland, Sortenversuche zur Anbauwürdigkeit von Amarant hinsichtlich der pflanzenbaulichen Eignung, den Anforderungen des Lebensmittelmarktes und der Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan, Triesdorf.
- KAUFFMAN, Ch., 1992: Realizing the potential of grain amaranth food. *Food Rev. International* 8, 5-21.
- KAUFMANN, B. und M. KUHN, 1992: Einfluß von Zusätzen auf die Teigeigenschaften von Vollkornmehlteigen. *Getreide Mehl und Brot* 45, 269-273.
- KOZIOL, M. J., 1992: Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Comp. Anal.* 5, 36-68.
- KUHN, M., B. NOLL und H. GÖTZ, 1994: Optimierungsversuche mit Biskuitmassen und Gebäcken. *Getreide Mehl und Brot* 48, 56-59.
- LEHMANN, J. W., 1988: Carbohydrates of Amaranth. *Legacy - the official Newsletter of the American Amaranth Institute* Vol. I/1, 4-6.
- LEHMANN, J. W., 1990: The potential of grain amaranths in the 1990s and beyond. *Proc. at the 4th Nat. Amaranth symp.: Perspectives on Production, Processing and Marketing* Minneapolis, Minnesota, August 23-25, 1-17.
- LEHMANN, J. W., 1992: Antinutritional factors in Amaranth grain. *Legacy - the official newsletter of the American Amaranth Institute* Vol. V/1, 6-9.
- LEHMANN, J. W., W. M. BREENE, T. GUANELLA, D. H. PUTMAN and G. ROSE, 1990: Minnesota Amaranth Feasibility Study, Parts I and II. A Final Report to the Minnesota State - Legislature Development of Amaranth Products, Inc. Bricelyn, MN.
- MARSHALL, H. G. and Y. POMERANZ, 1982: Buckwheat: description, breeding, production and utilization. *Advances in cereal science and technology* 5, 157-210.
- REICHERT, R. D., J. T. TATARYNOVICK and R. T. TYLER, 1986: Abrasive dehulling of Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Effect on saponin content as determined by an adapted hemolytic assay. *Cereal Chemistry* 63, 471-475.
- RIITER, E., 1986: Anbau und Verwendungsmöglichkeiten von *Chenopodium quinoa* Willd. in Deutschland. Dissertation, Universität Bonn.
- SAUNDERS, R. M. and R. BECKER, 1984: Amaranthus: A potential food and feed resource. *Advances in cereal science and technology* 6, 357-396.
- SINGHAL, R. S. and P. R. KULKARNI, 1988: Review: Amaranths - an underutilized resource. *Food Sci. Technol.* 23, 125-139.
- SPORY, K., 1992: Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willd.) Bedeutung, Verbreitung, Anbau, Anbauwürdigkeit. Diplomarbeit, Fachgebiet Spezieller Pflanzenbau, Universität Hohenheim.
- TAPIA, M., 1979: Historia Y Distribucion Geografica, In: Quinoa y Kaniwa, Cultivos Andnos (TAPIA, M., Hrsg.), Cld. Oficina Regional para la America Latina, Bogota 11-45.
- WEBER, L. E., 1990: Amaranth grain production guide, 4-8. Rodale Research Center and American Amaranth Institute (Emmans, USA).
- ZELAYA-CHAVEZ, M. P., 1993: Analytische und technologische Untersuchungen an Pseudocerealien, insbesondere Amaranth. Diplomarbeit, Fachgebiet Getreidetechnologie, Universität Hohenheim.

(Manuskript eingelangt am 16. November 1994, angenommen am 22. Februar 1995)

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Walter AUFHAMMER, Msc. Jae Hak LEE und Dr. Ernst KÜBLER Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, D-70599 Stuttgart; Prof. Dr. Manfred KUHN und Dipl.-LM-Ing. Susanne WAGNER Institut für Lebensmitteltechnologie (150), Universität Hohenheim, Garbenstraße 25, D-70599 Stuttgart