
Getreide und Braugetreide – weltweit

Arten, Sorten, Anbau, Züchtung und Verarbeitung
in der Landwirtschaft, Lebensmittel-, Brau- und Getränkeindustrie

Prof. Dr. habil. Reinhold Schildbach



Im Verlag der VLB Berlin

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über dnb.ddb.de abrufbar.

Getreide und Braugetreide – weltweit
Reinhold Schildbach
1. Auflage 2013

ISBN 978-3-921690-75-8

© 2013 VLB Berlin, Seestraße 13, D-13353 Berlin
www.vlb-berlin.org, verlag@vlb-berlin.org

Alle Rechte, insbesondere die Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten.
Kein Teil des Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages).
No part of this book may be reproduced in any form.

Alle Abbildungen ohne Referenz stammen vom Autor.
Titelfotos: Schildbach (2x), ©Václav Mach – Fotolia.com (1x)

Layout, Grafik, Produktion:
VLB Berlin, PR- und Verlagsabteilung, Olaf Hendel, Dieter Prokein
Druck: Best Preis Printing, Seefeld

Vorwort des Autors

Getreide wird in großen Mengen weltweit angebaut und international gehandelt. In den vergangenen 30 Jahren ist die jährliche Produktion von 1,6 auf 2,3 Mrd. t gewachsen – die Tendenz ist weiter steigend. Gleichzeitig erhöht sich aber auch der Bedarf: Je nach Erdteilen/Regionen fließen aus den wichtigsten Anbaugebieten in Nordamerika, Europa und Australien jährlich unterschiedliche Mengen in Bedarfsregionen etwa nach Afrika und Südostasien. Neben dem Einsatz für die menschliche Ernährung gewinnt Getreide aber auch zunehmend an Bedeutung für andere Anwendungen, beispielsweise zur Erzeugung von Primärenergie oder als Basis für alternative Kunststoffe. Den langfristig weiter steigenden Bedarf an Getreide für die einzelnen Einsatzzwecke zu decken, ist daher eine der großen Herausforderungen unserer Zivilisation.

Eine zukunftsorientierte Getreideerzeugung muss neben ökologischen und ökonomischen Aspekten die Anforderungen der Erzeuger, Verarbeiter und Verbraucher berücksichtigen. Hier sind oft Kompromisse erforderlich. Diese verlangen von allen Beteiligten der Herstellungs- und Handelskette bis hin zum Verbraucher grundsätzliche Kenntnisse über die wesentlichen Zusammenhänge bei Anbau, Verarbeitung und Verzehr von Getreide und Getreideprodukten.

Die umfangreiche Fachliteratur zu diesen Themen konzentriert sich im Wesentlichen auf engere fachspezifische Inhalte. In dem vorliegenden Lehrbuch und Nachschlagewerk wird deshalb der Versuch unternommen, Erzeugern, Verarbeitern und Verbrauchern die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften darzustellen, um so das Verständnis füreinander zum allseitigen Nutzen zu fördern. Der besondere Schwerpunkt des Werkes liegt dabei



auf dem Einsatz von Getreide in der Brau- und Getränkeindustrie weltweit. Dabei nimmt Gerstenmalz bei der Bierherstellung natürlich eine Sonderstellung ein. Besonders in Deutschland dient auf der Grundlage des Deutschen Reinheitsgebotes von 1516, welches im Vorläufigen Biergesetz bis heute Gültigkeit besitzt, ausschließlich Malz als Basisrohstoff für die Bierbereitung. Der internationale Charakter dieses Lehrbuches verlangt aber auch, den Gegebenheiten in anderen Ländern Rechnung zu tragen. Ein großer Teil der weltweit produzierten Biermenge von derzeit etwa 1.950 Mio. hl pro Jahr wird unter Mitverwendung von aufbereiteter, ungemälzter Getreide-Rohware und ihren aufbereiteten Produkten gebraut. Daher wird das Buch um Ausführungen zur Verarbeitung sogenannter „Rohfrucht“ ergänzt.

In zahlreichen Beispielen wird aber auch aufgezeigt, dass Bier und bierähnliche Getränke schon seit Jahrtausenden auch aus vielen anderen Getreidearten hergestellt werden. Gerade im Zuge des aktuell fortschreitenden Interesses an neuen, naturbelassenen alkoholischen und nicht-alkoholischen bierhaltigen und bierähnlichen Getränken liefert dieses Buch daher interessante Ansatzpunkte. Basis für dieses Lehrbuch ist meine 50-jährige Erfahrung in der praktischen Landwirtschaft, der Getreideforschung und der universitären

Lehre. In meiner Funktion als Professor an der Technischen Universität Berlin im Fachgebiet Pflanzliche Rohstoffe, Gründer und langjähriger Leiter des Forschungsinstituts für Rohstoffe der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) hatte ich die einzigartige Möglichkeit, in diesem Bereich über mehrere Jahrzehnte in Forschung, Lehre und Beratung national und international wirken zu dürfen.

Als Mitglied und Vorsitzender des „Barley and Malt Committee“ der European Brewery Convention (EBC) war es mir vergönnt, auch die internationale Zusammenarbeit in diesem Bereich lange Zeit zu koordinieren und mit zu gestalten.

Eine große Anzahl von Daten und Abbildungen dieses Buches stammen aus meinem Archiv, in dem zahllose nationale und internationale Projekte, Vorträge, Vorlesungen, Seminare und

Forschungsreisen der vergangenen Jahrzehnte dokumentiert sind. In speziellen Fällen habe ich aber auch auf Material von anderen Autoren zurückgegriffen. Dies wurde im Text entsprechend referenziert.

Es ist mein Wunsch, eine Essenz dieses Wissens an die nachfolgenden Generationen weiterzugeben und es damit auch der Nachwelt zu erhalten. Ich empfehle dieses Werk als Lehrbuch nicht nur allen Studierenden der Landwirtschaft und der Lebensmittel- und Getränke-technologie, sondern auch als Nachschlagewerk für die Ingenieure dieser Branchen, die in ihrer beruflichen Praxis mit Fragen des Getreideanbaus und der Getreideverarbeitung konfrontiert werden – Damit sie das „Rad“ nicht ein zweites Mal neu erfinden müssen.

*Reinhold Schildbach
im September 2013*

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt meiner lieben Frau Doris. Sie hat nicht nur meine umfangreichen Auslandstätigkeiten toleriert, welche wesentliche Grundlagen der in meinem Lehrbuch niedergeschriebenen Erfahrungen darstellen. Auch in der langen Phase der Aufbereitung der weltweit zusammengetragenen Daten hat Doris auf unzählige Stunden, Tage, Monate, die eigentlich ihr und der Familie gehören sollten, verzichten müssen. Es bleibt mir dafür nur ein herzliches Dankeschön!

Die Geschäftsführung der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei (VLB) und befreundete Fachkollegen haben mich immer wieder ermahnt, mein erarbeitetes Fachwissen in einem Buch zusammenzufassen und es so an die Nachwelt weiterzugeben. In Anbetracht der schier Masse an Stoff bin ich heute – nachdem die Arbeit getan ist – umso glücklicher und dankbar, dass sie sich durchsetzen und mich zu dieser Arbeit motivieren konnten.

Auch für die notwendige Unterstützung, ohne die das Werk nicht hätte entstehen können, bin ich der VLB-Geschäftsführung und der PR- und Verlagsabteilung der VLB zu großem Dank verpflichtet. Hier möchte ich insbesondere die Herren Olaf Hendel und Dieter Prokein hervorheben, die meine Texte, Fotos und Grafiken zu diesem Buch zusammengeführt haben. Weiterhin möchte ich die Leiterin der Lorberg-Bibliothek an der VLB, Michaela Knör, dankend erwähnen, die viele Stunden für die notwendigen Literatur-Recherchen beigesteuert hat. Und schließlich danke ich auch meinem Kollegen Prof. Dr. Gerolf Annemüller für die Hinweise zu einigen speziellen brautechnologischen Aspekten.

Allen angeführten Persönlichkeiten und Institutionen sage ich nochmals Danke für die wertvolle Unterstützung.

Reinhold Schildbach

Inhaltsübersicht

1.	Vom Getreide zum Braugetreide	17
2.	Getreide nach Kontinenten und Ländern	25
3.	Erträge und Inhaltsstoffe von Getreide	41
4.	Gemeinsame Eigenschaften der Getreidearten	53
5.	Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>)	131
6.	Weizen (<i>Artengruppe Triticum</i>)	233
7.	Roggen (<i>Secale cereale</i>)	257
8.	Triticale (<i>Triticale species x Secale cereale</i>)	269
9.	Hafer (<i>Avena sativa</i>)	281
10.	Mais (<i>Zea mays</i>)	291
11.	Hirsen (<i>Sorghum bicolor, Panicum mileacenum und Setaria italica</i>)	313
12.	Reis (<i>Oryza sativa</i>)	337
13.	Pseudo-Getreidearten (<i>Buchweizen, Quinoa, Amaranth</i>)	359
14.	Rohfrucht aus Getreide	369
	Sachindex	381

Inhalt

Vorwort des Autors	3
1. Vom Getreide zum Braugetreide	17
1.1 Urheimat der Getreidearten	17
1.2 Produktion	17
1.3 Versorgung	21
1.4 Bedarf an Braugetreide	21
Literatur zu Kapitel 1	24
2. Getreide nach Kontinenten und Ländern	25
2.1 Getreidearten der kühleren Klimazonen	28
2.1.1 Weizen (<i>Triticum species</i>)	28
2.1.2 Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>)	29
2.1.3 Hafer (<i>Avena species</i>)	31
2.1.4 Roggen (<i>Secale cereale</i>)	32
2.1.5 Triticale (<i>Triticosecale</i>)	33
2.1.6 Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	33
2.2 Getreidearten der wärmeren Klimazonen	34
2.2.1 Mais (<i>Zea mays</i>)	34
2.2.2 Reis (<i>Oryza sativa</i>)	35
2.2.3 Wildreis (<i>Zizania aquatica</i>)	36
2.2.4 Sorghum (<i>Sorghum species</i>)	37
2.2.5 Millet-Hirsen (<i>Setaria und Panicum species</i>)	38
2.2.6 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	38
2.2.7 Amaranth (<i>Amaranthus species</i>)	39
Literatur zu Kapitel 2	40
3. Erträge und Inhaltsstoffe von Getreide	41
3.1 Allgemeine Übersicht	41
3.2 Bedeutung einzelner Inhaltsstoffe	43
3.2.1 Wassergehalt	43
3.2.2 Verwertbare Kohlenhydrate	44
3.2.2.1 Stärke	44
3.2.2.2 Zucker	44
3.2.3 Ballaststoffe	45
3.2.3.1 Zellulose	45
3.2.3.2 Hemizellulose	45
3.3 Proteine	46
3.4 Fette	47
3.5 Vitamine	48
3.6 Mineralstoffe	48
Literatur zu Kapitel 3	52

4.	Gemeinsame Eigenschaften der Getreidearten	53
4.1	Systematik im Pflanzenreich	53
4.2	Morphologie	54
4.2.1	Aufbau der Getreidepflanze	54
4.2.1.1	Wurzel	54
4.2.1.2	Sprossachse	55
4.2.1.3	Blätter (Laubblätter)	55
4.2.1.4	Blütenstand	56
4.2.2	Aufbau des Getreidekorns	58
4.3	Wachstum und Entwicklung	60
4.4	Reife und Ernte	63
4.4.1	Reife	63
4.4.1.1	Milch-Teigreife	63
4.4.1.2	Gelbreife	63
4.4.1.3	Vollreife	64
4.4.1.4	Totreife	64
4.4.1.5	Notreife	64
4.4.1.6	Zwiewuchs	64
4.4.2	Ernte	68
4.5	Aufbereitung und Lagerung	71
4.5.1	Reinigung	71
4.5.2	Belüftung und Kühlung	73
4.5.3	Trocknung	74
4.5.4	Lagerung	74
4.6	Krankheiten und Schädlinge	78
4.6.1	Wichtige Feldkontaminationen	78
4.6.1.1	Pilzkrankheiten	78
4.6.1.1.1	Schimmelpilze	78
4.6.1.1.2	Schneesimmel	80
4.6.1.1.3	Mutterkorn	82
4.6.1.1.4	Fußkrankheiten	82
4.6.1.1.5	Streifenkrankheit	82
4.6.1.1.6	Netz- und Blattfleckenkrankheiten und Echter Mehltau	83
4.6.1.1.7	Halmbruch	83
4.6.1.1.8	Brandkrankheiten	84
4.6.1.1.9	Rostkrankheiten	85
4.6.1.1.10	Blatt- und Spelzenbräune	85
4.6.1.1.11	Virosen	85
4.6.1.1.12	Brosme-Krankheit	86
4.6.2	Einige wichtige Schädlinge	86
4.6.2.1	Nematoden Getreide-Zystenälchen (<i>Heterodera avena</i>)	86
4.6.2.2	Fliegen	86
4.6.2.3	Blattläuse	87
4.6.3	Einige wichtige Lagerschädlinge	87
4.6.3.1	Käfer	88
4.6.3.1.1	Kornkäfer	88
4.6.3.1.2	Getreideplattkäfer	89
4.6.3.1.3	Leistenkopflattkäfer	89
4.6.3.1.4	Schwarzer Getreidenager	89
4.6.3.1.5	Getreidekapuziner	90

4.6.3.1.6	Reismehlkäfer	90
4.6.3.1.7	Khaprakäfer	90
4.6.3.1.8	Gemeiner Mehlkäfer, Mehlwurm	91
4.6.3.2	Motten	91
4.6.3.2.1	Kornmotte	91
4.6.3.2.2	Getreidemotte	91
4.6.3.2.3	Mehlmotte	92
4.6.3.2.4	Kakaomotte	92
4.6.3.2.5	Samenmotte	92
4.6.3.3	Milben	92
4.6.3.3.1	Mehlmilben	92
4.6.4	Allgemeine Anmerkungen zum Pflanzenschutz	93
4.6.4.1	Saatgutbehandlung	93
4.6.4.2	Schadschwellen	93
4.6.4.3	Pestizide	93
4.7	Allgemeine Vermarktungskriterien und Grenzwerte	93
4.7.1	Zur Definition des Qualitätsbegriffes	93
4.7.2	Technische und hygienische Anforderungen	95
4.7.2.1	Technische Anforderungen	95
4.7.2.2	Hygienische Anforderungen	98
4.7.2.2.1	Vermeidung von Umweltkontaminationen	98
4.7.2.2.1.1	Maximale Intensität	98
4.7.2.2.1.2	Gute fachliche Praxis	99
4.7.2.2.1.3	Integrierte, kontrollierte Produktion	99
4.7.2.2.1.4	Biologischer (ökologischer) Landbau	99
4.7.2.2.2	Vermeidung von Produkt-Kontaminationen	100
4.8	Spezifische technologische Eigenschaften der Getreide-, Mälzungs- und Brauqualität	105
4.8.1	Ertrag	107
4.8.2	Optimales technologisches Verhalten im Mälzungs- und Brauprozess	107
4.8.2.1	Braugetreide	107
4.8.2.1.1	Keimeigenschaften	107
4.8.2.1.2	Vollkörnigkeit	109
4.8.2.1.3	Rohprotein	110
4.8.2.1.4	Sortenreinheit	111
4.8.2.1.4.1	Morphologische Sortenbestimmung (Gerste)	113
4.8.2.1.4.2	Biochemische Sortenidentifikation mit Hilfe der Protein-Elektrophorese	113
4.8.2.2	Malz	114
4.8.2.2.1	Das klassische Gersten-Handelsmalz	114
4.8.2.2.2	Unterschiede zwischen Malzen der verschiedenen Getreidearten	115
4.9	Entwicklung von Sorten	117
4.9.1	Biologische Grundlagen	117
4.9.2	Zuchtverfahren	118
4.9.2.1	Auslesezüchtung	118
4.9.2.2	Kreuzungs-Kombinationszüchtung	119
4.9.2.3	Hybridzüchtung	122
4.9.2.4	Mutationszüchtung	123
4.9.2.5	Polyploidiezüchtung	123
4.9.2.6	Artkreuzungen	123
4.9.2.7	Gentechnik	124
4.9.2.7.1	Gesetzliche Grundlagen für den Anbau genetisch veränderter Pflanzen in Deutschland	124

4.9.2.7.2	Was ist Gentechnik in der Pflanzenzüchtung?	124
4.9.2.7.3	Chancen und Risiken	126
	Literatur zu Kapitel 4	126
5.	Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>)	131
5.1	Morphologie	131
5.1.1	Zeiligkeit	131
5.1.2	Spelzen, Grannen, Kapuzen	134
5.1.3	Basalborsten mit Basalschüppchen	135
5.1.4	Basale Kornabbruchstelle	136
5.1.5	Bezahnung der Rückennerven	137
5.2	Systematik	138
5.3	Brauersteineigenschaften und ihre Beziehungen zur Malzqualität	141
5.3.1	Deck- = Rücken- und Vor- = Bauchspelzen	141
5.3.2	Zusammensetzung der Korngrößen und Malzqualität	142
5.3.3	Keimenergie und Malzqualität	144
5.3.4	Rohproteingehalt der Gerste, Malz- und Bierqualität	147
5.4	Gerste – Braugerste in der Welt	153
5.4.1	Entwicklungen in Europa	154
5.4.1.1	Region nördlich der 6 °C Jahresisotherme	154
5.4.1.2	Regionen zwischen der 6° bis 8 °C und der 8° bis 14°C-Jahresisotherme	155
5.4.1.2.1	Entwicklungen bei der Sommerbraugerste	155
5.4.1.2.2	Entwicklungen bei der Winterbraugerste	157
5.4.1.3	Region südlich der 14 °C-Jahresisotherme	159
5.4.2	Sortenstrategie	161
5.4.3	Braugerste und Malz in Europa	164
5.4.3.1	Russland	164
5.4.3.2	Deutschland	165
5.4.3.3	Ukraine	166
5.4.3.4	Frankreich	166
5.4.3.5	Spanien	166
5.4.3.6	Großbritannien	166
5.4.3.7	Dänemark	167
5.4.3.8	Polen	167
5.4.3.9	Tschechien	167
5.4.3.10	Finnland	167
5.4.3.11	Schweden	167
5.4.3.12	Italien	167
5.4.3.13	Ungarn	167
5.4.3.14	Irland	167
5.4.3.15	Litauen	168
5.4.3.16	Slovakei	168
5.4.3.17	Österreich	168
5.4.3.18	Rumänien	168
5.4.3.19	Bulgarien	168
5.4.3.20	Norwegen	168
5.4.3.21	Belgien	168
5.4.3.22	Niederlande	168
5.4.3.23	Übrige europäische Länder	168
5.4.4	Braugerste und Malz in Asien	169
5.4.4.1	Türkei	169

5.4.4.2	China	171
5.4.4.3	Kasachstan	172
5.4.4.4	Indien	172
5.4.4.5	Japan	172
5.4.5	Braugersten und Malz in Ozeanien	174
5.4.5.1	Australien	174
5.4.5.2	Neuseeland	174
5.4.6	Braugersten und Malz in Nord- und Zentralamerika	175
5.4.6.1	Kanada	175
5.4.6.2	USA	175
5.4.6.3	Mexiko	175
5.4.7	Braugersten und Malz in Südamerika	175
5.4.7.1	Argentinien	179
5.4.7.2	Brasilien	179
5.4.7.3	Uruguay	181
5.4.7.4	Peru	182
5.4.7.5	Bolivien	183
5.4.7.6	Chile	183
5.4.7.7	Ecuador	183
5.4.7.8	Kolumbien	184
5.4.8	Braugersten und Malz in Afrika	184
5.4.8.1	Südafrika	184
5.4.8.2	Marokko	184
5.4.8.3	Algerien und Tunesien	185
5.4.8.4	Ägypten	185
5.4.8.5	Hochland von Äthiopien, Kenia, Tansania und Zimbabwe	185
5.5	Produktionstechnik	186
5.5.1	Sommergerste	186
5.5.1.1	Anforderungen an Klima, Witterung und Boden	186
5.5.1.2	Stellung in der Fruchtfolge	188
5.5.1.3	Bodenvorbereitung	189
5.5.1.4	Anforderungen an das Saatgut, Lizenzen	189
5.5.1.5	Saatmenge	190
5.5.1.6	Saatzeit	191
5.5.1.7	Saattiefe und Reihenabstände	191
5.5.1.8	Grundlagen der Düngung	192
5.5.1.8.1	Organische Düngung zu Sommerbraugerste	194
5.5.1.8.2	Mineralische Düngung zu Sommerbraugerste	195
5.5.1.8.2.1	Beschreibung gebräuchlicher Mineraldünger	195
5.5.1.8.2.2	Einfluss der Kalkdüngung auf Ertrag und Qualität von Sommerbraugerste und Malz	197
5.5.1.8.2.3	Einfluss der N-, P-, K-Mineraldüngung auf Ertrag und Qualität von Sommerbraugerste, Malz und Bier	198
5.5.1.8.3.1	N-, P-, K-Düngung und Gersteneigenschaften	199
5.5.1.8.3.2	N-, P-, K-Düngung und Malzqualität	202
5.5.1.8.3.3	N-, P-, K-Düngung, Brau- und Biereigenschaften	202
5.5.1.8.3.3.1	Labor-Brauversuche im 6-l-Maßstab	202
5.5.1.8.3.3.2	Halbtechnische Brauversuche im 2-hl-Maßstab	205
5.5.1.9	Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	207
5.5.1.10	Pflanzenschutz	211
5.5.1.10.1	Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern in der Sommergerste	211
5.5.1.10.2	Bekämpfung von Krankheiten in der Sommergerste	214
5.5.1.10.3	Bekämpfung von Schädlingen in der Sommergerste	215

5.5.1.10.4	Nicht-Parasitäre Schädigungen bei Sommergerste	217
5.5.1.10.5	Saatgutbehandlung	218
5.5.1.10.6	Einsatz von Wachstumsregulatoren	218
5.5.2	Winterbraugerste	221
5.5.2.1	Anforderungen an Klima / Witterung und Boden	222
5.5.2.2	Stellung in der Fruchtfolge	223
5.5.2.3	Bodenvorbereitung	223
5.5.2.4	Saatgut	223
5.5.2.5	Saatmengen	224
5.5.2.6	Saatzeit	224
5.5.2.7	Saattiefe	224
5.5.2.8.	Reihenentfernung	224
5.5.2.9	Fahrgassen	225
5.5.2.10	Entwicklungen bei den Winterbraugerstensorten	225
5.5.2.11	Düngung der Wintergerste	225
5.5.2.12	Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	226
5.5.2.13	Pflanzenschutz	227
5.5.2.13.1	Unkraut- und Ungrasbekämpfung	227
5.5.2.13.2	Krankheiten	227
5.5.2.13.3	Schädlinge	228
5.5.2.14	Saatgutbehandlung	228
5.5.2.15	Wachstumsregulatoren	228
	Literaturverweise Kapitel 5	229

6. Weizen (*Artengruppe Triticum*)

233

6.1	Systematik der Weizen-Arten und Sorten	233
6.2	Brau- und Backqualität von Weichweizen	236
6.2.1	Sortenfragen	237
6.2.2	Mälzungs- und Braueigenschaften	238
6.2.3	Kriterien der Backqualität	241
6.2.3.1	Winter- und Sommer-Weichweizen (<i>Triticum aestivum</i>)	241
6.2.3.1.1	Indirekte Qualitätseigenschaften	242
6.2.3.1.1.1	Fallzahl	242
6.2.3.1.1.2	Rohproteingehalt	242
6.2.3.1.1.3	Sedimentationswert	242
6.2.3.1.1.4	Griffigkeit	242
6.2.3.1.1.5	Wasseraufnahme	242
6.2.3.1.2	Mahleigenschaften	242
6.2.3.1.2.1	Mineralstoff-Wertzahl	242
6.2.3.1.2.2	Mehlausbeute	242
6.2.3.1.3	Backeigenschaften	242
6.2.3.1.3.1	Volumenausbeute	242
6.2.3.1.3.2	Teigeigenschaften	242
6.2.3.1.3.3	Elastizität	242
6.2.3.1.3.4	Oberflächenbeschaffenheit	242
6.2.3.2	Qualitätsgruppen	242
6.2.3.3	Backversuch	244
6.2.4	Hartweizen (<i>Triticum durum</i>)	244
6.2.5	Dinkel/Spelz	245
6.3	Produktionstechnik	246
6.3.1	Anforderungen an Klima, Witterung und Boden	246
6.3.2	Stellung in der Fruchtfolge	247

6.3.3	Bodenbearbeitung und Pflege	248
6.3.4	Weizensorten und Schimmelpilzbefall	249
6.3.5	Saatmengen und Saatzeit	250
6.3.6	Saattiefe und Reihenabstände	251
6.3.7	Grundlagen der Düngung	251
6.3.8	Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	253
6.3.9	Wachstumsregulatoren (WR)	253
6.3.10	Pflanzenschutz	254
	Literatur zum Kapitel 6	254
7.	Roggen (<i>Secale cereale</i>)	257
7.1	Allgemeines	257
7.2	Systematik	258
7.3	Nährwert und Backqualität von Winterroggen	260
7.3.1	Nährwert	260
7.3.2	Mahl- und Backwert	260
7.4	Mälzungs- und Brauqualität	261
7.5	Produktionstechnik	261
7.5.1	Anforderungen an Klima und Boden	264
7.5.2	Stellung in der Fruchtfolge	264
7.5.3	Bodenbearbeitung und Pflege	265
7.5.4	Saatgut und Sorten	265
7.5.5	Saatmengen und Saatzeit	265
7.5.6	Saattiefe und Reihenabstand	265
7.5.7	Düngung	266
7.5.8	Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	266
7.5.9	Wachstumsregulatoren	266
7.5.10	Pflanzenschutz	266
	Literatur zu Kapitel 7	267
8.	Triticale (<i>Triticale species x Secale cereale</i>)	269
8.1	Allgemeines	269
8.2	Entwicklung geeigneter Genotypen	270
8.3	Inhaltsstoffe und Qualität	270
8.3.1	Triticale als Rohstoff für die Brot- und Backwarenherstellung	271
8.3.2	Triticale als Futtergetreide	271
8.3.3	Triticale als Rohstoff für die Alkoholgewinnung	271
8.3.4	Triticale als Rohstoff für die Malz- und Brauindustrie	272
8.3.4.1	Triticale – Malzeigenschaften	272
8.3.4.2	Triticale – Brau- und Biereigenschaften	275
8.4	Produktionstechnik	277
8.4.1	Anforderungen an Klima und Boden	277
8.4.2	Stellung in der Fruchtfolge	277
8.4.3	Bodenbearbeitung und Pflege	277
8.4.4	Saatgut und Sorten	277
8.4.5	Saatmengen und Saatzeit	277
8.4.6	Saattiefe und Reihenabstand	278
8.4.7	Düngung	278

8.4.8	Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	278
8.4.9	Wachstumsregulatoren	278
8.4.10	Pflanzenschutz	278
	Literatur zu Kapitel 8	279
9.	Hafer (<i>Avena sativa</i>)	281
9.1	Allgemeines	281
9.2	Systematik und morphologische Besonderheiten	281
9.3	Nährwert	283
9.4	Mälzungs- und Brauqualität	284
9.5	Produktionstechnik	287
9.5.1	Anforderungen an Klima und Boden	287
9.5.2	Stellung in der Fruchtfolge	287
9.5.3	Bodenbearbeitung und Pflege	288
9.5.4	Saatgut und Sorten	288
9.5.5	Saatmengen und Saatzeit	288
9.5.6	Saattiefe und Reihenabstand	289
9.5.7	Düngung	289
9.5.8	Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	289
9.5.9	Wachstumsregulatoren	289
9.5.10	Pflanzenschutz	290
	Literatur Kapitel 9	290
10.	Mais (<i>Zea mays</i>)	291
10.1	Allgemeines	291
10.2	Systematik, züchterische und morphologische Besonderheiten	292
10.3	Reifegruppen	295
10.4	Mais als Nahrungsmittel	295
10.4.1	Trockenvermahlung und ihre Produkte	296
10.4.2	Nassvermahlung und ihre Produkte	297
10.4.3	Malzbereitung aus Mais	298
10.4.4	Chicha-Bier der Indios aus den Hochanden	299
10.5	Produktionstechnik	301
10.5.1	Anforderungen an Klima und Boden	301
10.5.2	Stellung in der Fruchtfolge	302
10.5.3	Bodenbearbeitung und Pflege	302
10.5.4	Saatgut und Sorten	302
10.5.5	Saatmengen und Saatzeit	303
10.5.6	Saattiefe, Reihenabstände und Bestandesdichten	303
10.5.7	Düngung	304
10.5.8	Wasserversorgung	305
10.5.9	Krankheiten, Schädlinge und Pflanzenschutz	306
10.6	Besonderheiten bei der Reife, Ernte, Trocknung und Lagerung von Körnermais	308
	Literatur zu Kapitel 10	311

11. Hirsen (<i>Sorghum bicolor</i> , <i>Panicum mileacenum</i> und <i>Setaria italica</i>)	313
11.1 Allgemeines	313
11.2 Systematik und Morphologie	315
11.3 Hirsen als Nahrungsmittel	317
11.3.1 Bedeutende Inhaltsstoffe	317
11.3.2 Einige Schadfaktoren	319
11.3.2.1 Kornfarben, Tannine, Verdaulichkeit	319
11.3.2.2 Weitere Schadfaktoren	319
11.4 Verarbeitung zu Nahrungsmitteln und Zwischenprodukten	319
11.4.1 Traditionelle Aufbereitung und Verarbeitung	319
11.4.2 Industrielle Verarbeitung	320
11.4.2.1 Trockenvermahlung	320
11.4.2.2 Nassvermahlung	320
11.5 Malzbereitung aus Hirsen	321
11.6 Bierbereitung aus Hirsen	326
11.6.1 Traditionelle, lokale Biere	326
11.6.1.1 Opaque-Biere	326
11.6.1.2 Mbege-Bier aus Millet (oder Sorghum) und Bananen	327
11.6.2 Helles Lagerbier europäischen Typs aus Sorghum-Malz	330
11.7 Produktionstechnik	331
11.7.1 Anforderungen an Klima und Boden	331
11.7.2 Stellung in der Fruchtfolge	331
11.7.3 Bodenbearbeitung und Pflege	331
11.7.4 Saat und Sorten	331
11.7.5 Düngung	332
11.7.6 Wasserversorgung, Bewässerung und Beregnung	332
11.7.7 Krankheiten, Schädlinge, Pflanzenschutz	332
11.7.8 Ernte, Trocknung, Lagerung, Aufbereitung	334
Literatur für Kapitel 11	335
12. Reis (<i>Oryza sativa</i>)	337
12.1 Allgemeines	337
12.2 Systematik und Morphologie	338
12.2.1 Rundkornreis (<i>Oryza sativa japonica</i>)	339
12.2.2 Langkornreis (<i>Oryza sativa indica</i>)	339
12.2.3 Mittelkornreis (<i>Zwischentypen</i>)	339
12.3 Reis als Nahrungsmittel	340
12.4 Reisvermahlung	341
12.5 Malz- und Bierbereitung aus Reis	343
12.6 Produktionstechnik	345
12.6.1 Anforderungen an Klima und Boden	345
12.6.2 Besonderheiten der Reiskultur	346
12.6.2.1 Reis im Trockenfeldebau	346
12.6.2.2 Übergangsformen vom Trocken- zum Nassreisanbau	347
12.6.2.3 Bewässerungsreis (Tieflandkultur, Nassreisanbau)	347
12.6.2.3.1 Bewässerungsreis mit Umpflanzung	347

12.6.2.3.2	Bewässerungsreis mit direkter Einsaat	350
12.6.3	Sorten	350
12.6.4	Düngung	351
12.6.4.1	Organische Düngung	351
12.6.4.2	Mineralische Düngung	352
12.6.4.2.1	Stickstoff	352
12.6.4.2.2	Phosphor	352
12.6.4.2.3	Kalium	352
12.6.5	Krankheiten, Schädlinge, Pflanzenschutz	352
12.6.5.1	Krankheiten	352
12.6.5.2	Schädlinge	352
12.6.5.3	Unkraut	352
12.6.6	Ernte, Trocknung und Lagerung	353
12.7	Wildreis (<i>Zizania palustris</i>)	356
	Literatur zu Kapitel 12	358

13. Pseudo-Getreidearten **359**

13.1	Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	359
13.1.1	Buchweizen als Nahrungsmittel	360
13.1.2	Buchweizen als Rohstoff für die Malz- und Brauindustrie	360
13.1.2.1	Mälzungsverfahren und Malzqualität	361
13.1.2.2	Verhalten im Brauprozess und Bierqualität	362
13.1.3	Produktionstechnik	363
13.1.3.1	Klima- und Bodenansprüche	363
13.1.3.2	Agrotechnische Anforderungen	364
13.2	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	364
13.2.1	Quinoa als Nahrungsmittel	365
13.2.2	Quinoa für die Malz- und Bierbereitung	365
13.3	Amaranth (<i>Amaranthus caudatus</i>)	366
13.3.1	Amaranth als Nahrungsmittel	367
13.2.3.2	Amaranth für die Malz- und Bierbereitung	367
	Literatur zu Kapitel 13	368

14. Rohfrucht aus Getreide **369**

14.1	Rohes Getreide	370
14.2	Erhitztes Ganzkorngetreide	371
14.3	Grits	371
13.4	Flocken (Flakes)	372
14.5	Extrudiertes Getreide	373
14.5	Mehle	373
14.6	Einige weitere technologische Aspekte zur Rohfruchtverarbeitung	374
	Literatur zu Kapitel 14	379

Sachindex **381**

