

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 8. Auflage V

Vorwort zur 7. Auflage VII

Einleitung 1

1 Die Braugerste 5

1.1 Allgemeines 5

1.2 Gerstenanbau 9

1.2.1 Die Entwicklung der Gerste 9

1.2.2 Ansprüche an Klima und Boden 11

1.2.3 Die Fruchtfolge 13

1.2.4 Die Düngung 13

1.2.5 Pflege der Gerste während des Aufwuchses 14

1.2.5.1 Krankheiten und Schädlinge 15

1.2.5.2 Lagerung der Gerste 16

1.2.6 Besondere Anbautechniken 16

1.2.6.1 Integrierter, kontrollierter und ökologischer Anbau 16

1.2.6.2 Mischgerstenanbau 17

1.2.7 Die Gerstenernte 17

1.2.8 Die Gerstenzüchtung 18

1.2.8.1 Sommergersten 23

1.2.8.2 Wintergersten 25

1.2.8.3 Nacktgersten 26

1.2.9 Die Jahrgangseinflüsse auf die Malzanalysendaten
von Sommergersten 27

1.2.10 Gerstenherkünfte und Sorten 33

1.3 Die Gestaltskunde des Gerstenkorns 35

1.3.1 Der Keimling 35

1.3.2 Der Mehlkörper 36

1.3.3 Die Umhüllung 40

1.4	Chemische Zusammensetzung des Gerstenkorns	41
1.4.1	Der Wassergehalt der Gerste	42
1.4.2	Kohlenhydrate	42
1.4.2.1	Stärke	42
1.4.2.2	Cellulose	49
1.4.2.3	Hemicellulose und Gummi	49
1.4.2.4	Niedermolekulare Kohlenhydrate	53
1.4.3	Eiweißstoffe und ihre Bausteine	53
1.4.3.1	Aminosäuren	55
1.4.3.2	Peptide und Proteine	59
1.4.3.3	Eigenschaften der Proteine	62
1.4.3.4	Die Eiweißkörper der Gerste	64
1.4.3.5	Proteide (zusammengesetzte Eiweißkörper) in Gerste	65
1.4.3.6	Der Eiweißgehalt der Gerste und seine Bedeutung	66
1.4.3.7	Die Ermittlung der einzelnen Eiweißarten und deren Abbauprodukte	70
1.4.4	Fette	71
1.4.5	Phosphate	72
1.4.6	Mineralstoffe	74
1.4.7	Vitamine	74
1.4.8	Phenolische Substanzen	75
1.4.9	Sauerstoff, Radikale, Anti- und Pro-Oxidantien	79
1.5	Enzyme der Gerste und des Malzes	82
1.5.1	Allgemeines	82
1.5.2	Einteilung der Enzyme	82
1.5.3	Struktur der Enzyme	83
1.5.4	Wirkungsweise der Enzyme	84
1.5.5	Wirkungsbedingungen	86
1.5.6	Nachweis und Bestimmung der Enzymaktivität	89
1.5.7	Bildung der Enzyme (Enzymbiosynthese)	89
1.5.8	Enzyme der Mälzerei- und Brauereitechnologie	93
1.5.8.1	Esterasen	94
1.5.8.2	Carbohydrasen	96
1.5.8.3	Peptidasen	102
1.5.8.4	Sonstige Enzyme	104
1.5.8.5	Enzyme mikrobiellen Ursprungs	107
1.6	Die Eigenschaften der Braugerste und ihre Beurteilung	107
1.6.1	Äußere Merkmale der Gerste	108
1.6.1.1	Aussehen und Farbe	108
1.6.1.2	Geruch	109
1.6.1.3	Reinheit	109
1.6.1.4	Kornausbildung	112
1.6.1.5	Spelzenbeschaffenheit	112
1.6.1.6	Einheitlichkeit	112

1.6.2	Mechanische Untersuchung	113
1.6.2.1	Hektolitergewicht	113
1.6.2.2	Tausendkorngewicht	114
1.6.2.3	Gleichmäßigkeit	114
1.6.2.4	Beschaffenheit des Mehlkörpers	115
1.6.2.5	Keimfähigkeit der Braugerste	116
1.6.2.6	Keimenergie	117
1.6.2.7	Keimindex	117
1.6.2.8	Wasserempfindlichkeit	117
1.6.2.9	Quellvermögen	118
1.6.3	Chemisch-technische Untersuchung	118
1.6.3.1	Wassergehalt	118
1.6.3.2	Eiweißgehalt	119
1.6.3.3	Extraktgehalt der Gerste	119
1.6.4	Systematische Beurteilung der Gerste	120
2	Das Wasser	121
2.1	Die Zusammensetzung des Wassers	122
2.2	Die Härte des Wassers	123
2.3	Der Wasserbedarf des Mälzereibetriebes	125
3	Die Vorbereitung der Gerste zur Vermälzung	127
3.1	Die Annahme der Gerste	127
3.2	Der Transport der Gerste	129
3.2.1	Mechanische Fördermittel (Stetigförderer)	129
3.2.1.1	Förderschnecken	130
3.2.1.2	Rohrschnecken (Drehmantelschnecken)	131
3.2.1.3	Trogkettenförderer (Redler)	132
3.2.1.4	Schwingförderer oder Förderrinnen	133
3.2.1.5	Band- oder Gurtförderer	133
3.2.1.6	Becherwerke	135
3.2.2	Pneumatische Förderanlagen	136
3.2.2.1	Saugluftförderanlagen	137
3.2.2.2	Druckluftförderanlagen	139
3.2.2.3	Dichtstromförderung	140
3.2.2.4	Kombinationsmöglichkeiten, Vor- und Nachteile des pneumatischen Transports	142
3.2.3	Fallrohre und Umstellungsvorrichtungen, Entstaubung	142
3.3	Das Putzen und Sortieren der Gerste	143
3.3.1	Die Reinigung der Gerste	146
3.3.1.1	Vorreinigungsmaschinen	146
3.3.1.2	Entgranner	150

3.3.1.3	Magnetapparat	150
3.3.1.4	Steinausleser	152
3.3.1.5	Trieur	153
3.3.2	Die Entstaubung	156
3.3.2.1	Staubkammern	156
3.3.2.2	Fliehkraftabscheider	157
3.3.2.3	Staubsammler mit Filter	158
3.3.2.4	Staubexplosionen	162
3.3.3	Die Sortierung der Gerste	162
3.3.3.1	Staubexplosionen	163
3.3.3.2	Plansichter	167
3.3.3.3	Plansichter mit runden bzw. achteckigen Siebscheiben	170
3.3.3.4	Kontrolle der Sortierung	171
3.3.3.5	Veränderung der Gerste durch Putzen und Sortieren	171
3.3.4	Automatische Waagen	172
3.3.5	Reinigung und Pflege der Anlagen	173
3.4	Die Lagerung und Aufbewahrung der Gerste	173
3.4.1	Die Keimruhe der Gerste	173
3.4.1.1	Fundamentalkeimruhe	175
3.4.1.2	Wasserempfindlichkeit	176
3.4.1.3	Quellvermögen	177
3.4.1.4	Veränderung von Keimenergie und Wasserempfindlichkeit	177
3.4.2	Die Lagerbedingungen der Gerste	178
3.4.2.1	Feuchtigkeitsgehalt	178
3.4.2.2	Temperatur	179
3.4.2.3	Einfluß der Lagerung auf die Verarbeitung der Gerste und erreichbare Malzqualität	181
3.4.3	Die Technik der Gerstenlagerung	182
3.4.4	Die Trocknung der Gerste	189
3.4.4.1	Trocknungswirkung der Luft	189
3.4.4.2	Gerstentrockner	200
3.4.4.3	Vakuumtrockner	204
3.4.4.4	Malzdarre	205
3.4.4.5	Trocknen im Silo	207
3.4.4.6	Trocknen in Kistenpaletten	207
3.4.4.7	Kaltlufttrocknung der Gerste	208
3.4.5	Die Lagerung der Gerste	208
3.4.5.1	Bodenlagerung	208
3.4.5.2	Rieselspeicher	209
3.4.5.3	Bodenbelüftung	209
3.4.5.4	Allgemeines zur Silolagerung	210
3.4.5.5	Holzsilos	211
3.4.5.6	Stahl-Betonsilos	211
3.4.5.7	Silos aus Stahlblech	213

3.4.5.8	Belüftung der Gerste im Silo	214
3.4.5.9	Voraussetzung der Silolagerung	216
3.4.5.10	Kapazität einer Siloanlage	217
3.4.6	Veränderungen der Gerste während der Lagerung	218
3.4.7	Tierische und pflanzliche Schädlinge der Gerste	218
3.4.7.1	Mikroorganismen	218
3.4.7.2	Tierische Schädlinge	221
3.4.7.3	Andere Schädlinge	224
4	Die Keimung	225
4.1	Die Theorie der Keimung	226
4.1.1	Allgemeines über die Vorgänge bei der Keimung	226
4.1.2	Die Gestaltsveränderungen des Keimlings	226
4.1.3	Umsetzungen im Mehlkörper	227
4.1.4	Der Stärkeabbau bei der Keimung	236
4.1.4.1	Allgemeines	236
4.1.4.2	β -Amylase	241
4.1.4.3	α -Amylase	244
4.1.4.4	Saccharase	247
4.1.4.5	Maltase	249
4.1.4.6	Grenzdextrinase	249
4.1.4.7	R-Enzym	251
4.1.4.8	Verfolg des Stärkeabbaus mit Hilfe analytischer Methoden	252
4.1.5	Der Abbau der Hemicellulosen und Gummistoffe	254
4.1.5.1	Allgemeines zum Abbau der Stütz- und Gerüstsubstanzen	254
4.1.5.2	Enzyme des β -Glucan-Abbaus	255
4.1.5.3	Enzyme der Pentosan-Hydrolyse	261
4.1.5.4	Abbau der Hemicellulosen und Gummistoffe	262
4.1.5.5	Beurteilung der Cytolyse	267
4.1.6	Der Eiweißabbau	270
4.6.1.1	Allgemeines	270
4.1.6.2	Endopeptidasen	270
4.1.6.3	Exopeptidasen	273
4.1.6.4	Quantitativer Verlauf der Eiweißlösung	278
4.1.6.5	S-Methyl-Methionin, Prolin, Amine	285
4.1.7	Der Abbau der Phosphate	287
4.1.7.1	Allgemeines	287
4.1.7.2	Phosphatasen	288
4.1.7.3	Phosphatabbau bei der Keimung	290
4.1.7.4	Beurteilung des Phosphatabbaus	291
4.1.8	Der Fettstoffwechsel während der Keimung	291
4.1.8.1	Allgemeines	291
4.1.8.2	Lipasen	292
4.1.8.3	Lipidabbau	295

4.1.9	Enzyme des Oxido-Reduktasenkomplexes	300
4.1.9.1	Allgemeines	300
4.1.9.2	Katalase	300
4.1.9.3	Peroxidase	301
4.1.9.4	Polyphenoloxidasen	304
4.1.9.5	Sonstige Oxidasen	304
4.1.10	Die Polyphenole während der Keimung	305
4.1.11	Sonstige Stoffgruppen	307
4.1.12	Die Entwicklung der Mikroorganismenflora während der industriellen Mälzung	311
4.2	Die Praxis der Keimung	313
4.2.1	Die Erscheinungen am einzelnen Gerstenkorn	314
4.2.1.1	Wurzelkeime	314
4.2.1.2	Blattkeim	315
4.2.1.3	Auflösung des Korns	316
4.2.1.4	Maßstab für den Auflösungsgrad	319
4.2.2	Die Erscheinungen im Haufen	320
4.2.3	Die Keimbedingungen	322
4.2.3.1	Keimtemperaturen	322
4.2.3.2	Keimgutfeuchte	323
4.2.3.3	Verhältnis von Sauerstoff zu Kohlensäure	324
4.2.3.4	Keimdauer	325
4.2.3.5	Sonstige Maßnahmen	326
5	Das Weichen der Gerste	327
5.1	Theorie des Weichens	327
5.1.1	Allgemeines	327
5.1.2	Die Wasseraufnahme des Korns	328
5.1.3	Die Sauerstoffversorgung des Korns	333
5.1.4	Die Reinigung der Gerste	337
5.2	Praxis des Weichens	339
5.2.1	Die Weicheinrichtungen	339
5.2.1.1	Weichbehälter herkömmlicher Bauart	339
5.2.1.2	Fassungsvermögen	341
5.2.1.3	Flachbodenweichen	342
5.2.1.4	Aufstellung der Weichen	347
5.2.1.5	Weichraum	347
5.2.1.6	Wasser-Zu- und -Ableitung	347
5.2.1.7	Pumpen	348
5.2.1.8	Zufuhr der Druckluft	349
5.2.1.9	Entfernung der Kohlensäure	350
5.2.1.10	Sprühvorrichtungen	352
5.2.2	Die Technik des Weichens	353

5.2.2.1	Herkömmliche Weicharbeit	353
5.2.2.2	Moderne Weichverfahren	354
5.2.2.3	Vergleich der Wirkungsweise des konventionellen und des pneumatischen Verfahrens	358
5.2.2.4	Andere, bekannte Weichverfahren	360
5.2.2.5	Die Sprühweiche	361
5.2.2.6	Analytischer Vergleich von Sprühweiche, Pneumatischer Weiche und Tauchweiche	362
5.2.2.7	Variationsmöglichkeiten bei der Pneumatischen Weiche	364
5.2.3	Die Beurteilung der Weicharbeit	365
5.2.3.1	Weichgrad	365
5.2.3.2	Aussehen und Geruch des Weichgutes	366
5.2.4	Der Wasserverbrauch beim Weichen	366
5.2.4.1	Wasserbedarf	366
5.2.4.2	Wiederverwendung des Weichwassers	371
5.2.5	Verluste beim Weichen	374
5.2.6	Die Pflege und Instandhaltung der Weiche	375
6	Die verschiedenen Mälzungssysteme	377
6.1	Die Tennenmälzerei	377
6.1.1	Der Mälzungsraum, die Tenne	377
6.1.2	Die Führung des Tennenhaufens	378
6.1.3	Die Keimbedingungen auf der Tenne	381
6.1.4	Arbeitsaufwand und Weiterentwicklung der Tennenmälzerei	381
6.2	Die pneumatische Mälzerei	382
6.2.1	Allgemeines	382
6.2.2	Die Belüftungseinrichtungen	382
6.2.2.1	Reinigungsanlagen	382
6.2.2.2	Temperiereinrichtungen	383
6.2.2.3	Künstliche Befeuchtung der Luft	389
6.2.2.4	Wasserverbrauch	392
6.2.3	Das Kanalsystem	393
6.2.3.1	Frischluftkanal	393
6.2.3.2	Rückluftkanal	393
6.2.3.3	Abluftkanal	394
6.2.4	Die Ventilatoren	394
6.2.4.1	Radialventilatoren	394
6.2.4.2	Axialventilatoren	395
6.2.4.3	Saugventilation	395
6.2.4.4	Druckventilation	395
6.2.4.5	Messung der Druckverhältnisse	396
6.2.4.6	Luftmengen	396
6.2.5	Die automatische Steuerung der Temperaturen	397
6.2.6	Der Bedarf an elektrischer Energie pneumatischer Anlagen	398

6.2.6.1	Energiebedarf der Keimkastenventilation	398
6.2.6.2	Bedarf an elektrischer Energie	399
6.3	Die Keimanlagen der pneumatischen Mälzerei	399
6.3.1	Die Trommelmälzerei	399
6.3.1.1	Aufbau der Galland- Trommel	400
6.3.1.2	Belüftungseinrichtungen	401
6.3.1.3	Haufenführung in der Trommel	402
6.3.1.4	Die Keimbedingungen in der Trommel	404
6.3.2	Die Kastenkeimtrommel	404
6.3.2.1	Aufbau der Kastenkeimtrommel	404
6.3.2.2	Belüftungseinrichtungen	405
6.3.2.3	Haufenführung und Keimbedingungen	405
6.3.3	Die Kastenmälzerei	406
6.3.3.1	Keimraum	407
6.3.3.2	Keimkasten	407
6.3.3.3	Belüftungseinrichtungen	412
6.3.3.4	Haufenführung bei konventioneller Mälzung (Druckbelüftung)	418
6.3.3.5	Keimung bei fallenden Temperaturen	422
6.3.3.6	Besonderheiten bei der Führung des Keimkastens	425
6.3.3.7	Keimbedingungen	431
6.3.3.8	Haufenziehen	433
6.3.4	Die Wanderhaufenmälzerei	438
6.3.4.1	Keimapparat	438
6.3.4.2	Belüftungseinrichtungen	442
6.3.4.3	Haufenführung und Keimbedingungen in der Wanderhaufenmälzerei	442
6.3.5	Der Umsetzkasten	443
6.3.5.1	Keimkasten	443
6.3.5.2	Belüftungseinrichtungen	446
6.3.5.3	Haufenführung und Keimbedingungen	446
6.3.6	Runde Keimkasten	447
6.3.6.1	Gebäude	447
6.3.6.2	Horde	448
6.3.6.3	Schneckenwender	448
6.3.6.4	Be- und Entladegerät	449
6.3.6.5	Größe	449
6.3.6.6	Belüftungseinrichtungen	450
6.3.6.7	Haufenführung und die Keimbedingungen	450
6.3.6.8	Runde Keimkasten	450
6.3.6.9	Reinigung und Pflege der Keimkästen	451
6.3.7	Besondere Mälzungssysteme	452
6.3.8	Die Keimdarrkasten	453
6.3.8.1	Rechteckige Keimdarrkasten	453
6.3.8.2	Rechteckige Weich-, Keim- und Darrkasten	455

6.3.8.3	Statische Turmmälzerei	457
6.3.8.4	Unimälzer	458
6.3.8.5	Zusammenfassende Betrachtungen	462
6.3.9	Kontinuierliche Mälzungssysteme	463
6.3.9.1	„Domalt“-System	463
6.3.9.2	Kontinuierliche Saturnmälzerei	464
6.4	Spezielle Mälzungsmethoden	465
6.4.1	Das Kohlensäurerastverfahren	466
6.4.1.1	Anreicherung von CO ₂	467
6.4.1.2	Kohlensäurerastverfahren nach Kropff	468
6.4.2	Das Wiederweichverfahren	468
6.4.3	Andere physikalische Verfahren zur Beeinflussung der Keimung	470
6.4.3.1	Mechanische Bearbeitung von Gerste oder Weichgut	470
6.4.3.2	Die Bestrahlung mittels Mikrowellen	470
6.4.4	Die Verwendung von Gibberellinsäure und anderen Aktivatoren	470
6.4.4.1	Gibberellinsäurebehandlung zur Beschleunigung der Umsetzungen beim Mälzen	471
6.4.4.2	Gibberellinsäure in Verbindung mit Warmwasser- oder Wiederweiche	473
6.4.4.3	Verarbeitung entspelzter Gerste	474
6.4.4.4	Verarbeitung abgeschliffener Gerste	475
6.4.4.5	Quetschen von Weichgut niedrigen Wassergehaltes	478
6.4.4.6	Andere Wuchsstoffe	479
6.4.5	Der Einsatz von Starterkulturen	479
6.4.6	Der Zusatz von Enzymen (Cellulase, β -Glucanase) beim Mälzen	482
6.4.7	Die Verwendung von Hemmstoffen	484
6.4.7.1	Kaliumbromat	484
6.4.7.2	Weichen in ammoniakalischer Lösung	485
6.4.7.3	Anwendung von Säure beim Mälzen	485
6.4.7.4	Abscisinsäure	487
6.4.7.5	Zusatz von Bakteriziden oder Fungiziden	487
6.4.7.6	Sonstige Mälzungszusätze	487
6.4.8	Schlußfolgerungen	488
6.5	Das fertige Grünmalz	488
7	Das Darren des Grünmalzes	491
7.1	Allgemeines	491
7.2	Die Theorie des Darrens	491
7.2.1	Die physikalischen Veränderungen	492
7.2.1.1	Entwässerung des Grünmalzes	492

7.2.1.2	Volumenänderung	492
7.2.1.3	Gewicht des Grünmalzes	493
7.2.1.4	Farbe	493
7.2.2	Die chemischen Veränderungen	493
7.2.2.1	Wachstum	493
7.2.2.2	Enzymatische Phase	494
7.2.2.3	Chemische Phase	494
7.2.3	Die Beeinflussung der Enzyme beim Darren	495
7.2.3.1	Stärkeabbauende Enzyme	495
7.2.3.2	Peptidasen	498
7.2.3.3	Hemicellulasen	504
7.2.3.4	Lipase	506
7.2.3.5	Phosphatase	507
7.2.3.6	Enzyme des Oxido-Reduktasenkomplexes	509
7.2.3.7	Unterschiede zwischen hellem und dunklem Malz	512
7.2.4	Die Veränderungen der Stoffgruppen	513
7.2.4.1	Kohlenhydrate	513
7.2.4.2	Stickstoffverbindungen	517
7.2.4.3	Veränderung der Lipide	524
7.2.4.4	Organische Säuren – Oxalat und Phosphat	524
7.2.4.5	Bildung von Aromastoffen beim Schwelken und Darren	526
7.2.4.6	Die Aromastoffe und ihre Beeinflussung beim Schwelk- und Darrprozeß	534
7.2.4.7	Einfluß des Schwelkverfahrens auf Farbe und Aromasubstanzen des Malzes	537
7.2.4.8	Einfluß der Darrung auf die Farbe und den Aromastoffgehalt des Malzes	544
7.2.4.9	Veränderung von organischen Schwefelverbindungen beim Darren	549
7.2.4.10	Verhalten der Polyphenole beim Schwelken und Darren	555
7.2.4.11	Sonstige Veränderungen beim Darren	556
7.2.4.12	Glasigkeit des Malzes	562
7.3	Praxis des Darrens	564
7.3.1	Allgemeines	564
7.3.2	Einteilung der Darren	565
7.3.3	Die Einhordenhochleistungsdarren	565
7.3.3.1	Darrhorde	566
7.3.3.2	Belüftungseinrichtungen	568
7.3.3.3	Heizeinrichtung	571
7.3.3.4	Wichtige Daten	576
7.3.4	Die Keimdarrkasten	577
7.3.4.1	Rechteckiger Keimdarrkasten	577
7.3.4.2	Rechteckiger Weich-, Keim- und Darrkasten	578
7.3.4.3	Statische Turmmälzerei	578

- 7.3.4.4 Vergleich zwischen den rechteckigen Flachbauten und den Turmmälzereien 579
- 7.3.5 Runde Einhordenhochleistungsdarren 580
- 7.3.6 Gekoppelte Einhordenhochleistungsdarren 580
- 7.3.7 Zweihordenhochleistungsdarren 581
- 7.3.7.1 Zweihordendarre mit übereinanderliegenden Horden 581
- 7.3.7.2 Zweihordendarren mit nebeneinanderliegenden, rechteckigen oder quadratischen Horden 583
- 7.3.7.3 „Triflex-Darre“ 585
- 7.3.8 Kontinuierlich arbeitende Darren 587
- 7.3.8.1 Bauliche Ausführung 587
- 7.3.8.2 Belüftung der Darre 587
- 7.3.9 Die „klassischen“ Mehrhordendarren 589
- 7.3.9.1 Heizapparat 591
- 7.3.9.2 Horden 591
- 7.3.9.3 Belüftungseinrichtungen 591
- 7.3.9.4 Wender 592
- 7.3.9.5 Leistungsdaten 593
- 7.3.9.6 Vertikaldarre 593
- 7.4 Der Trocknungsvorgang 593
- 7.5 Der Darrvorgang bei den einzelnen Darrkonstruktionen und Malztypen 600
- 7.5.1 Allgemeines 600
- 7.5.2 Die Arbeitsweise der Einhordenhochleistungsdarren 600
- 7.5.2.1 Helles Malz 600
- 7.5.2.2 Dunkles Malz 606
- 7.5.2.3 Mittelfarbige Malze 611
- 7.5.3 Die Arbeitsweise der Keimdarrkasten 611
- 7.5.4 Die Arbeitsweise der Zweihordenhochleistungsdarren mit übereinanderliegenden Horden 615
- 7.5.3.1 Zweihordendarre mit nur einem Ventilator 615
- 7.5.3.2 Darren mit getrenntem Schweiß- und Darrventilator 616
- 7.5.5 Zweihordendarren nach dem Luftumkehrsystem 616
- 7.5.6 Die Arbeitsweise der Triflex-Darre 618
- 7.5.7 Die kontinuierlich arbeitende Vertikaldarre 620
- 7.5.8 Die Arbeitsweise der „klassischen“ Zweihordendarren 621
- 7.5.8.1 Helles Malz 621
- 7.5.8.2 Dunkles Malz 623
- 7.6 Kontrolle und Automatisierung der Darrarbeit 625
- 7.6.1 Überwachungsmaßnahmen 625
- 7.6.2 Die Automatisierung der Darrarbeit 625
- 7.7 Maßnahmen zur Energieeinsparung 626
- 7.7.1 Brennstoffwärmeaufwand beim Darren 627

7.7.2	Wärmeeinsparung durch Vorwärmen der Einströmluft	627
7.7.2.1	Anordnung des luftgekühlten Kondensators	628
7.7.2.2	Kreuzstromwärmeübertrager	628
7.7.2.3	Wärmepumpen	630
7.7.3	Die Veränderung des Feuchtigkeitszustandes der Trocknungsluft	631
7.7.3.1	Entfeuchtung der Einströmluft	631
7.7.3.2	Verwendung von Mischluft	631
7.7.4	Höhere Wassergehalte im Darrmalz	631
7.7.5	Die Isolierung der Darre	632
7.7.6	Zweihorden- bzw. Luftumkehrdarren	632
7.7.7	Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	633
7.8	Die Nebenarbeiten beim Darren	635
7.8.1	Das Beladen der Darre	635
7.8.2	Das Abräumen der Darren	638
7.8.3	Die Pflege und Instandhaltung der Darre	639
7.8.4	Andere Verfahren zum Trocknen und Darren von Malz	640
7.9	Die Behandlung des Malzes nach dem Darren	641
7.9.1	Das Abkühlen	641
7.9.2	Das Entkeimen	642
7.9.2.1	Klassische Entkeimungsmaschine	642
7.9.2.2	Entkeimungsschnecken	643
7.9.2.3	Pneumatische Malzentkeimung	644
7.9.2.4	Malzkeime	645
7.9.2.5	Verarbeitung der Malzkeime	646
7.9.3	Das Polieren des Malzes	646
7.10	Die Lagerung und Aufbewahrung des Darrmalzes	647
7.10.1	Allgemeines	647
7.10.2	Vorgänge bei der Lagerung des Malzes	647
7.10.3	Die Dauer der Lagerung	650
7.10.4	Die Durchführung der Malzlagerung	650
7.10.4.1	Bodenlagerung	650
7.10.4.2	Malzkästen	650
7.10.4.3	Silolagerung	650
7.10.4.4	Mischzellen	651
7.10.4.5	Entmischung	651
7.10.4.6	Abgabesilos	655
7.10.5	Zusätzliche Maßnahmen	655
8	Der Malzschwand	657
8.1	Allgemeines	657
8.2	Der Weichschwand	658

8.3	Der Atmungs- und Keimswand	659
8.3.1	Ausmaß des Atmungs- und Keimswandes	659
8.3.1.1	Atmungsschwand	659
8.3.1.2	Keimswand	660
8.3.2	Der Einfluß der Mälzungsbedingungen auf den Atmungs- und Keimswand	660
8.3.2.1	Feuchtigkeitsniveau	660
8.3.2.2	Keimtemperatur	660
8.3.2.3	Keimzeit	661
8.3.2.4	Zusammensetzung der Haufenluft	661
8.3.2.5	Charakter des zu erzeugenden Malzes	661
8.3.2.6	Beschaffenheit und Gleichmäßigkeit der eingeweichten Gerste	662
8.3.3	Technologische Möglichkeiten zur Verminderung des Mälzungsschwandes	662
8.3.3.1	Verkürzung der Keimdauer	662
8.3.3.2	Anwendung von Kohlensäure in der Haufenluft	663
8.3.3.3	Wiederweichverfahren	664
8.3.3.4	Keimung bei fallenden Temperaturen	665
8.3.3.5	Wuchs- und Hemmstoffe	665
8.4	Die Ermittlung des Malzschwandes	667
8.4.1	Die Berechnung des Malzschwandes	668
8.4.1.1	Berechnung aus den Gewichten von Gerste und Malz	668
8.4.1.2	Berechnung aus den Tausendkorngewichten	669
8.4.2	Die Feststellung der einzelnen Schwandfaktoren	670
9	Die Eigenschaften des Malzes	673
9.1	Die Beurteilung des Malzes	673
9.1.1	Äußere Merkmale	673
9.1.1.1	Reinheitsgrad	673
9.1.1.2	Farbe des Malzes	674
9.1.1.3	Geruch des Malzes	674
9.1.1.4	Geschmack des Malzes	674
9.1.2	Die mechanische Analyse	674
9.1.2.1	Tausendkorngewicht (TKG)	674
9.1.2.2	Sortierung des Malzes	675
9.1.2.3	Hektolitergewicht	675
9.1.2.4	Spezifisches Gewicht	675
9.1.2.5	Sinkertest	676
9.1.2.6	Schnittprobe	676
9.1.2.7	Härte bzw. Mürbigkeit	677
9.1.2.8	Blattkeimwachstum	680
9.1.2.9	Keimfähigkeit	680
9.1.3	Die chemisch-technische Analyse des Malzes	681
9.1.3.1	Wassergehalt	681

9.1.3.2	Extraktergiebigkeit	681
9.1.3.3	Verzuckerungszeit	682
9.1.3.4	Ablauf der Kongreßwürze	682
9.1.3.5	Farbe der Kongreßwürze	683
9.1.3.6	Geruch und Geschmack der Maische	684
9.1.4	Untersuchung der cytolytischen Lösung	684
9.1.4.1	Mehl-Schrotdifferenz	685
9.1.4.2	Viskosität der Kongreßwürze	686
9.1.4.3	Bestimmung der β -Glucane	687
9.1.5	Untersuchung der proteolytischen Lösung	689
9.1.5.1	Eiweißgehalt des Malzes	689
9.1.5.2	Löslicher Stickstoff und Eiweißlösungsgrad	689
9.1.5.3	Fraktionierung der Stickstoffsubstanzen	690
9.1.5.4	Bestimmung des niedermolekularen Stickstoffs	691
9.1.6	Untersuchungen des Stärkeabbaus	692
9.1.6.1	Endvergärungsgrad	692
9.1.6.2	Verkleisterungstemperatur	693
9.1.6.3	Zuckerverteilung	693
9.1.6.4	Jodwert der Labortreber	694
9.1.6.5	Bestimmung der Enzymaktivitäten	694
9.1.7	Sonderuntersuchungen	695
9.1.7.1	Viermaischenmethode nach <i>Hartong-Kretschmer</i>	695
9.1.7.2	Acidität der Kongreßwürze	697
9.1.7.3	Untersuchung der Polyphenole	697
9.1.7.4	Analyse des DMS-Vorläufers (DMS-P)	698
9.1.7.5	HMF bzw. TBZ	699
9.1.7.6	Analyse umweltrelevanter Substanzen	699
9.1.7.7	Schlußfolgerungen	700
9.1.8	Die Berechnung des Malzqualitätsindex (MQI) für Gersten-Neuzüchtungen	701
9.2	Zusammenhänge zwischen Malzqualität, Prozeßablauf, Bierqualität und Kosten beim Brauprozeß	703
9.2.1	Malzqualität und Prozeßablauf	703
9.2.2	Malzeigenschaften und Bierqualität	704
9.2.2.1	Farbe und Biertyp	705
9.2.2.2	Geruch und Geschmack	706
9.2.2.3	Geschmacksstabilität des Bieres	708
9.2.2.4	Bierschaum	710
9.2.2.5	Kolloidale Stabilität	712
9.2.2.6	Filtrierbarkeit	713
9.2.3	Malzqualität und Kosten beim Brauprozeß	714

10	Sonder- und Spezialmalze	717
10.1	Malze aus anderen Getreidearten und aus Pseudogetreide	717
10.1.1	Brauweizen	720
10.1.1.1	Allgemeines	720
10.1.1.2	Bedarf an Brauweizen und Problematik der Beschaffung	720
10.1.1.3	Geeignete Sorten	721
10.1.1.4	Anbaugegebenheiten	722
10.1.1.5	Zusammensetzung und Analyse des Brauweizens	723
10.1.1.6	Die Vermälzung des Weizens	725
10.1.1.7	Die Analyse des Weizenmalzes	734
10.1.1.8	Der Einfluss von Weizenmalz auf den Biergeschmack	737
10.1.2	Roggen (<i>Secale cereale</i> L.)	738
10.1.2.1	Allgemeines	738
10.1.2.2	Anbaubedingungen	738
10.1.2.3	Zusammensetzung des Roggens	739
10.1.2.4	Die Vermälzung des Roggens	739
10.1.2.5	Analyse des Roggenmalzes	743
10.1.2.6	Weitere Verarbeitung des Roggenmalzes	744
10.1.3	Triticale	744
10.1.3.1	Allgemeines	744
10.1.3.2	Anbaubedingungen	745
10.1.3.3	Zusammensetzung	745
10.1.3.4	Vermälzung	746
10.1.3.5	Analyseendaten der Triticalemalze	750
10.1.3.6	Weitere Verarbeitung des Triticalemalzes	751
10.1.4	Dinkel (<i>Triticum spelta</i> L.)	751
10.1.4.1	Allgemeines zu Dinkel	752
10.1.4.2	Botanik und Anbau	752
10.1.4.3	Zusammensetzung	753
10.1.4.4	Vermälzung	755
10.1.4.5	Weitere Verarbeitung zu Würze und Bier, Biereigenschaften	757
10.1.5	Emmer	757
10.1.5.1	Allgemeines	757
10.1.5.2	Eigenschaften, Anbau, Ernte	758
10.1.5.3	Zusammensetzung des Emmers	758
10.1.5.4	Vermälzung	759
10.1.5.5	Verarbeitung zu Würze und Bier, Eigenschaften von Bier	762
10.1.6	Einkorn	762
10.1.6.1	Allgemeines	762
10.1.6.2	Eigenschaften, Anbau, Ernte	763
10.1.6.3	Chemische Zusammensetzung des Einkorns	763
10.1.6.4	Die Vermälzung von Einkorn	764
10.1.7	Tetraploider Hartweizen (Kamut)	765
10.1.7.1	Allgemeines	765

- 10.1.7.2 Vermälzung von Kamut 766
- 10.1.7.3 Verarbeitung zu Würze und Bier 769
- 10.1.8 Hafer (*Avena sativa* L.) 769
 - 10.1.8.1 Allgemeines 769
 - 10.1.8.2 Zusammensetzung des Hafers 769
 - 10.1.8.3 Die Vermälzung des Hafers 770
 - 10.1.8.4 Verarbeitung zu Würze 774
 - 10.1.8.5 Bier 774
- 10.1.9 Kleinkörnige Hirsen 775
 - 10.1.9.1 Perlhirse (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) 775
 - 10.1.9.2 Kolbenhirse (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) 775
 - 10.1.9.3 Foniohirse (*Digitaria exilis*) 776
 - 10.1.9.4 Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) 776
 - 10.1.9.5 Fingerhirse (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) 780
 - 10.1.9.6 Rispenhirse (*Panicum miliaceum* L.) 780
- 10.1.10 Mais (*Zea mays* L.) 783
 - 10.1.10.1 Allgemeines 783
 - 10.1.10.2 Zusammensetzung 784
 - 10.1.10.3 Vermälzung 785
 - 10.1.10.4 Verarbeitung von Maismalz, Beschaffenheit von Maismalzbieren 788
- 10.1.11 Reis (*Oryza sativa* L.) 789
 - 10.1.11.1 Allgemeines 789
 - 10.1.11.2 Zusammensetzung von Reis (poliert) 790
 - 10.1.11.3 Vermälzung 790
 - 10.1.11.4 Weitere Verarbeitung des Reismalzes, Bierbeschaffenheit 793
- 10.1.12 Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) 793
 - 10.1.12.1 Allgemeines 793
 - 10.1.12.2 Zusammensetzung von Sorghum 794
 - 10.1.12.3 Das Vermälzen von Sorghum 797
 - 10.1.12.4 Weitere Verarbeitung und Biereigenschaften 800
- 10.1.13 Tritordeum (hexaploid) 800
- 10.1.14 Wildreis (*Zizania aquatica* L.) 802
- 10.2 Pseudogetreide (Pseudozerealien) 803
 - 10.2.1 Körneramarant (hauptsächliche Arten: *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus* und *A. caudatus*) 803
 - 10.2.1.1 Allgemeines 803
 - 10.2.1.2 Zusammensetzung 803
 - 10.2.1.3 Vermälzung 803
 - 10.2.1.4 Weitere Verarbeitung zu Würze und Bier 806
 - 10.2.2 Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench) 807
 - 10.2.2.1 Allgemeines 807
 - 10.2.2.2 Inhaltsstoffe 807
 - 10.2.2.3 Vermälzung 808

10.2.2.4	Weitere Verarbeitung zu Würze und Bier	810
10.2.3	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	811
10.2.3.1	Allgemeines	811
10.2.3.2	Inhaltsstoffe	811
10.2.3.3	Vermälzung	812
10.2.3.4	Weitere Verarbeitung zu Würze und Bier	814
10.2.4	Schlußfolgerungen zu den Kapiteln Malze aus anderen Getreidearten und Pseudozerealien	815
10.3	Spitz- und Kurzmalze	816
10.4	Grünmalze	818
10.5	Karamellmalze	819
10.6	Röstmalz	823
10.7	Brühmalz	827
10.8	Sauermalze	829
11	Die Kleinmälzung	831
11.1	Die Statistik-Mälzung	835
Anhang		837
Literaturverzeichnis		847
Sachregister		879