

## 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  $\beta$ -Amylase 241
      - 4.1.4.3  $\alpha$ -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  $\beta$ -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
      - 4.1.6.1 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 Kornes 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 Kornes 328
- 5.1.3 Die Sauerstoffversorgung des Kornes 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<sub>2</sub> 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,  $\beta$ -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 Abcisinsäure 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 Brennstoffwärmearaufwand beim Darren 627

7.7.2	Wärmeinsparung 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
<b>8</b>	<b>Der Malzschwand</b>	<b>657</b>
8.1	Allgemeines	657
8.2	Der Weichschwand	658

- 8.3 Der Atmungs- und Keimschwand 659
    - 8.3.1 Ausmaß des Atmungs- und Keimschwandes 659
      - 8.3.1.1 Atmungsschwand 659
      - 8.3.1.2 Keimschwand 660
    - 8.3.2 Der Einfluß der Mälzungsbedingungen auf den Atmungs- und Keimschwand 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-Schrottdifferenz 685
- 9.1.4.2 Viskosität der Kongreßwürze 686
- 9.1.4.3 Bestimmung der  $\beta$ -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 *Hartong-Kretschmer* 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

<b>10</b>	<b>Sonder- und Spezialmalze</b>	<b>717</b>
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	<b>Die Kleinmälzung</b>	831
11.1	Die Statistik-Mälzung	835
<b>Anhang</b>		837
<b>Literaturverzeichnis</b>		847
<b>Sachregister</b>		879