

## Inhalt

### **Bier – das älteste Volksgetränk 23**

<b>1</b>	<b>Rohstoffe</b>	<b>37</b>
1.1	Gerste	37
1.1.1	Gerstenanbau und Sorten	37
1.1.1.1	Gerstenanbau	37
1.1.1.2	Gerstensorten	38
1.1.3	Aufbau des Gerstenkorns	40
1.1.3.1	Äußerer Aufbau	40
1.1.3.2	Innerer Aufbau	41
1.1.4	Zusammensetzung und Eigenschaften der Bestandteile	43
1.1.4.1	Kohlenhydrate	43
1.1.4.2	Eiweißstoffe (Proteine)	47
1.1.4.3	Fette (Lipide)	49
1.1.4.4	Mineralstoffe	51
1.1.4.5	Sonstige Stoffe	51
1.1.4.6	Enzyme der Gerste	52
1.1.5	Beurteilung der Gerste	54
1.1.5.1	Handbonitierung	55
1.1.5.2	Mechanische und chemische Untersuchungen	56
1.1.5.3	Physiologische Untersuchungen	58
1.2	Hopfen	60
1.2.1	Hopfenanbaugebiete	60
1.2.2	Ernten, Trocknen und Haltbarmachen des Hopfens	62
1.2.2.1	Ernte	62
1.2.2.2	Trocknen	62
1.2.2.3	Haltbarmachen des Hopfens	63
1.2.3	Aufbau der Hopfendolde	63
1.2.4	Zusammensetzung und Eigenschaften der Hopfen- bestandteile	64
1.2.4.1	Bitterstoffe oder Hopfenharze	64
1.2.4.2	Hopfenöl	66
1.2.4.3	Gerbstoffe oder Polyphenole	67
1.2.4.4	Eiweißstoffe	68
1.2.5	Beurteilung des Hopfens	69
1.2.5.1	Handbonitierung des Doldenhopfens	69
1.2.5.2	Bitterstoffgehalt	70
1.2.6	Hopfensorten	70
1.2.7	Hopfenprodukte	71
1.2.7.1	Hopfenpellets	72

1.2.7.2	Hopfenextrakte	74	1.5.4	Hirsen	110
1.3	Wasser	80	1.5.5	Weizen	111
1.3.1	Kreislauf des Wassers	80	1.5.6	Zucker	111
1.3.2	Frischwasserverbrauch in der Brauerei	81	1.5.7	Glucosesirup	112
1.3.3	Gewinnung des Wassers	81	1.5.8	Zuckerkulör (auch -couleur)	113
1.3.3.1	Gewinnung von Grundwasser	82	<b>2</b>	<b>Herstellen des Malzes</b>	<b>115</b>
1.3.3.2	Gewinnung von Quellwasser	83	2.1	Annehmen, Putzen, Sortieren und Fördern der Gerste	116
1.3.3.3	Gewinnung von Oberflächenwasser	83	2.1.1	Annehmen der Gerste	116
1.3.3.4	Bedeutung der Eigenwasserversorgung	84	2.1.1.1	Annehmen von Straßen- oder Schienenfahrzeugen	116
1.3.4	Anforderungen an das Wasser	84	2.1.1.2	Annehmen von Schiffen	117
1.3.4.1	Anforderungen an das Wasser als Trinkwasser	84	2.1.2	Putzen & Sortieren der Gerste	118
1.3.4.2	Anforderungen an das Wasser als Brauwasser	85	2.1.2.1	Vorreinigen der Gerste	118
1.3.4.3	Bedeutung einzelner Ionen	88	2.1.2.2	Magnetapparate	119
1.3.5	Verfahren zur Verbesserung des Wassers	89	2.1.2.3	Trockensteinausleser	120
1.3.5.1	Verfahren zur Entfernung von Schwebestoffen	89	2.1.2.4	Entgranner	121
1.3.5.2	Entfernen von gelösten Stoffen	90	2.1.2.5	Trieur	121
1.3.5.3	Verfahren zur Verbesserung der Restalkalität	91	2.1.2.6	Sortieren der Gerste	122
1.3.5.4	Entkeimen des Wassers	94	2.1.3	Fördern von Gerste und Malz	126
1.3.5.5	Entgasen des Wassers	95	2.1.3.1	Mechanische Fördermittel	126
1.3.6	Möglichkeiten der Wassereinsparung	97	2.1.3.2	Pneumatische Fördermittel	129
1.4	Hefe	99	2.1.4	Anlagen zur Staubentfernung	132
1.4.1	Aufbau und Zusammensetzung der Hefezelle	99	2.1.4.1	Zyklone	132
1.4.2	Stoffwechsel der Hefezelle	102	2.1.4.2	Staubfilter	133
1.4.3	Fortpflanzung und Wachstum von Hefen	103	2.2	Gerste Trocknen und Lagern	135
1.4.4	Charakterisierung von Bierhefen	105	2.2.1	Atmung der Gerste	135
1.4.4.1	Morphologische Merkmale	105	2.2.2	Trocknen der Gerste	136
1.4.4.2	Physiologische Unterschiede	106	2.2.3	Kühlen der Gerste	137
1.4.4.3	Gärungstechnologische Unter- schiede	106	2.2.4	Lagern der Gerste	138
1.4.4.4	Systematische Einordnung	106	2.2.4.1	Silolagerung	138
1.5	Rohfrucht	108	2.2.4.2	Lagerung auf Speichern	139
1.5.1	Mais	108	2.2.4.3	Schädlingsbefall	140
1.5.2	Reis	109	2.3	Weichen der Gerste	141
1.5.3	Gerste	110	2.3.1	Vorgänge beim Weichen	141
			2.3.1.1	Wasseraufnahme	141
			2.3.1.2	Versorgung mit Sauerstoff	144
			2.3.1.3	Reinigung	144
			2.3.2	Weichgefäße	145
			2.3.3	Durchführen des Weichens	150
			2.4	Keimen der Gerste	151
			2.4.1	Vorgänge beim Keimen	152
			2.4.1.1	Wachstumsvorgänge	152
			2.4.1.2	Enzymbildung	153
			2.4.1.3	Stoffumwandlungen beim Keimen	155

2.4.1.4	Schlussfolgerungen für die Durchführung der Keimung	162	2.8	Mechanische Untersuchungen	192
2.4.2	Keimverfahren	162	2.8.2.1	Sortierung	192
2.4.2.1	Tennenmälzerei	162	2.8.2.2	Tausendkornmasse	192
2.4.2.2	Pneumatisch betriebene Mälzungssysteme	163	2.8.2.3	Hektolitermasse	192
2.4.2.3	Durchführung der Keimung	174	2.8.2.4	Schwimmprobe (Sinkprobe)	192
2.4.2.4	Kontrolle der Keimung	174	2.8.2.5	Glasigkeit	193
2.5	Darren des Malzes	175	2.8.2.6	Mürbigkeit	193
2.5.1	Veränderungen beim Darren	176	2.8.2.7	Blattkeimentwicklung	193
2.5.1.1	Senkung des Wassergehaltes	176	2.8.2.8	Keimfähigkeit	193
2.5.1.2	Unterbrechung der Keimung und Auflösung	176	2.8.2.9	Dichte	193
2.5.1.3	Bildung von Farb- und Aromastoffen (Maillard-Reaktion)	176	2.8.2.10	Calcofluor-Carlsberg Methode (Kornschleifmethode)	193
2.5.1.4	Bildung von DMS-Vorstufe und freiem DMS beim Darren	178	2.8.3	Chemisch-technische Untersuchungen	194
2.5.1.5	Einfluss von Darrtemperatur und Darrzeit	178	2.8.3.1	Wassergehalt	194
2.5.1.6	Bildung von Nitrosaminen	179	2.8.3.2	Kongressmaischverfahren	194
2.5.1.7	Inaktivierung der Enzyme	180	2.8.4	Malzlieferungsvertrag	197
2.5.2	Bau der Darre	180	2.9	Malzsorten und Malze aus anderem Getreide	198
2.5.2.1	Beheizung und Lüftung der Darre	180	2.9.1	Pilsener Malz (helles Malz)	198
2.5.2.2	Zweiordendarre älterer Bauart	183	2.9.2	Dunkles Malz (Münchener Art)	198
2.5.2.3	Darren mit Kipphorde	183	2.9.3	Wiener Malz	199
2.5.2.4	Plandarren mit Be- und Entlader	184	2.9.4	Brühmalz/Melanoidinmalz	199
2.5.2.5	Vertikaldarren	186	2.9.5	Caramelmalz	199
2.5.3	Durchführung des Darrens	187	2.9.6	Sauermalz	200
2.5.3.1	Herstellung von Pilsner Malz	188	2.9.7	Kurz- und Spitzmalz	201
2.5.3.2	Herstellung von Münchner Malz	189	2.9.8	Rauchmalz	201
2.5.3.3	Darre abräumen	190	2.9.9	Diastemalz	201
2.5.3.4	Kontrolle der Darrarbeit	190	2.9.10	Röstmalz	201
2.6	Behandlung des Malzes nach dem Darren	190	2.9.11	Röstmalzbier	202
2.6.1	Abkühlen des abgedarrten Malzes	190	2.9.12	Weizenmalz	202
2.6.2	Putzen des Malzes	190	2.9.13	Malzextrakt	203
2.6.3	Lagern des Malzes	191	2.9.14	Malz aus anderem Brotgetreide	204
2.6.4	Polieren des Malzes	191	2.9.15	Sorghum-Malz	205
2.7	Ausbeute beim Mälzen	191	2.9.16	Einsatz von Malztypen für verschiedene Biersorten	206
2.8	Beurteilen des Malzes	192	2.10	Unfallschutz in der Mälzerei	208
2.8.1	Handbonitierung	192	<b>3</b>	<b>Herstellen der Würze</b>	<b>211</b>
			3.1	Schroten des Malzes	212
			3.1.1	Vorbehandeln des Malzes	212
			3.1.1.1	Entstauben und Entsteinen	212
			3.1.1.2	Verwiegen der Schüttungsmenge	213
			3.1.2	Grundlagen des Schrotens	215
			3.1.3	Trockenschrotung	216

3.1.3.1	Sechswalzenmühlen	216	3.3	Abläutern	280
3.1.3.2	Fünfwalzenmühlen	217	3.3.1	Hauptguss und Nachgüsse	280
3.1.3.3	Vierwalzenmühlen	217	3.3.2	Glattwasser	282
3.1.3.4	Zweiwalzenmühlen	218	3.3.3	Abläutern mit dem	
3.1.3.5	Walzen der Schrotmühlen	218		Läuterbottich	283
3.1.3.6	Konditionierte Trocken-		3.3.3.1	Bau des Läuterbottichs	283
	schrotung	220		(ältere Bauart)	283
3.1.3.7	Schrotrumpf	221	3.3.3.2	Bau der Läuterbottiche	
3.1.3.8	Hammermühlen	221		neuer Bauart	285
3.1.3.9	Andere Mühlensysteme	224	3.3.3.3	Arbeitsablauf beim Abläutern	
3.1.4	Nassschrotung	225		mit dem konventionellen	
3.1.5	Weichkonditionierung	226		Läuterbottich	289
3.1.6	Feinstzerkleinerung mit		3.3.4	Abläutern mit Maischefilter	291
	Wasser	229	3.3.4.1	Konventionelle Maischefilter	292
3.1.7	Beurteilung des Schrotes	230	3.3.4.2	Maischefilter der neuen	
3.2	Maischen	231		Generation	293
3.2.1	Umwandlungen beim		3.3.5	Treber	302
	Maischen	231	3.3.5.1	Förderung der Treber	302
3.2.1.1	Zweck des Maischens	231	3.3.5.2	Treberanalyse	302
3.2.1.2	Eigenschaften der Enzyme	231	3.4	Würzekochen	306
3.2.1.3	Abbau der Stärke	233	3.4.1	Vorgänge beim Würzekochen	306
3.2.1.4	Abbau des $\beta$ -Glucans	239	3.4.1.1	Lösung und Umwandlung	
3.2.1.5	Abbau von Eiweißstoffen	243		der Hopfenbestandteile	306
3.2.1.6	Umwandlungen von		3.4.1.2	Ausscheidung von Eiweiß	307
	Fettsäuren (Lipiden)	244	3.4.1.3	Verdampfung von Wasser	308
3.2.1.7	Weitere Abbau- und Lösungs-		3.4.1.4	Sterilisierung der Würze	309
	vorgänge	246	3.4.1.5	Zerstörung aller Enzyme	309
3.2.1.8	Biologische Säuerung	247	3.4.1.6	Thermische Belastung der	
3.2.1.9	Zusammensetzung des			Würze	309
	Extraktes	251	3.4.1.7	pH-Wert-Senkung in der	
3.2.1.10	Schlussfolgerungen für die			Würze	310
	Durchführung des Maischens	252	3.4.1.8	Bildung von reduzierenden	
3.2.2	Gefäße zum Maischen	252		Stoffen (Reduktonen)	310
3.2.2.1	Maischgefäße	253	3.4.1.9	Ausdampfen flüchtiger	
3.2.3	Einmaischen	257		Aromastoffe	310
3.2.3.1	Gussführung	257	3.4.1.10	Zinkgehalt der Würze	313
3.2.3.2	Einmischtemperatur	258	3.4.1.11	Pfannevollwürze	313
3.2.3.3	Vermischung von Wasser und		3.4.2	Bau und Beheizung der	
	Malzschrot	259		Würzepfanne	313
3.2.4	Maischverfahren	261	3.4.2.1	Braupfanne mit direkter	
3.2.4.1	Gesichtspunkte zur Durch-			Beheizung	313
	führung des Maischens	262	3.4.2.2	Braupfanne mit Dampf-	
3.2.4.2	Infusionsverfahren	265		beheizung	313
3.2.4.3	Dekoktionsverfahren	266	3.4.2.3	Würzepfannen mit	
3.2.5	Dauer der Maischverfahren	279		Niederdruckkochung	317
3.2.6	Kontrolle des Maischens	280	3.4.2.4	Hochtemperatur-Würze-	
3.2.7	Maischintensität	280		kochung	326

3.4.2.5	Energiesparende Würzekochsysteme	326	3.8.3.2	Bau des Whirlpools	366
3.4.2.6	Moderne Würzekochsysteme	329	3.8.3.3	Durchführung der Würzeklärung im Whirlpool	367
3.4.2.7	Energieverbrauch beim Würzekochen	340	3.8.3.4	Klärung mittels Clarisaver	369
3.4.2.8	Brüdenkondensatkühler	343	3.8.4	Separatoren	369
3.4.2.9	Vorlaufgefäß	344	3.8.4.1	Prinzip der Zentrifugation	369
3.4.3	Durchführung des Würzekochens	344	3.8.4.2	Arten von Zentrifugal-Separatoren	370
3.4.3.1	Kochen der Würze	345	3.8.4.3	Selbstaustragende Separatoren	371
3.4.3.2	Hopfungabe	345	3.8.4.4	Heißwürzeseparation	373
3.4.4	Kontrolle der Ausschlagwürze	349	3.8.4.5	Entfernung des Heißtrubes mittels Dekanter	373
3.5	Sudhausausbeute	350	3.8.5	Gewinnung der Trubwürze	374
3.5.1	Berechnung Sudhausausbeute	350	3.9	Kühlen und Klären der Würze	374
3.5.1.1	Ermittlung der Masseprozent	351	3.9.1	Vorgänge beim Kühlen	374
3.5.1.2	Ermittlung der Masse des Extraktes je 1 hl Würze	352	3.9.1.1	Kühlung der Würze	374
3.5.1.3	Umrechnung des Volumens der heißen Ausschlagwürze in das der kalten Würze	356	3.9.1.2	Bildung und optimale Entfernung des Kühltrubes	375
3.5.1.4	Berechnung der Extraktmenge	356	3.9.1.3	Veränderungen in der Konzentration der Würze	375
3.5.1.5	Ermittlung der Sudhausausbeute ( $A_s$ )	357	3.9.2	Geräte zum Kühlen der Würze	375
3.5.2	Beeinflussung der Sudhausausbeute	358	3.9.2.1	Aufbau des Plattenwärmeübertragers	376
3.5.3	Bewertung der Sudhausausbeute	358	3.9.2.2	Wirkungsweise des Plattenwärmeübertragers	377
3.6	Sudhauseinrichtung	359	3.9.2.3	Vorteile des Plattenwärmeübertragers	379
3.6.1	Anzahl und Aufstellung der Gefäße	359	3.9.3	Grundlagen und Durchführung der Würzebelüftung	379
3.6.2	Gefäßgröße	360	3.9.3.1	Verfahren zur Würzebelüftung	380
3.6.3	Gefäßmaterial	360	3.9.3.2	Zeitpunkt der Hefebelüftung	382
3.6.4	Produktionskapazität des Sudhauses	360	3.9.4	Geräte zum Entfernen des Kühltrubes	382
3.6.5	Sudwerke besonderer Art	361	3.9.5	Würzekühllinien	382
3.6.5.1	Sudwerke von Gasthausbrauereien	361	3.10	Kontinuierliche Würzeherstellung	382
3.6.5.2	Integralsudwerk	362	3.11	Steuerung und Kontrolle der Vorgänge bei der Würzeherstellung	385
3.6.5.3	Versuchs- und Lehrsudwerke	362	3.12	Arbeitsicherheit bei der Würzeherstellung	386
3.7	Ausschlagen	363	3.12.1	Unfallverhütung im Bereich der Mühle	386
3.8	Entfernen des Heißtrubes	363	3.12.2	Unfallverhütung bei Arbeiten in Sudgefäßen	386
3.8.1	Kühlschiff	364	3.12.3	Unfallverhütung bei der Arbeit mit Separatoren	387
3.8.2	Setzbottich	364			
3.8.3	Whirlpools	365			
3.8.3.1	Wirkungsprinzip des Whirlpools	365			

<b>4</b>	<b>Herstellen des Bieres (Gären, Reifen &amp; Filtrieren) 391</b>		
4.1	Umwandlungen beim Gären und Reifen 391	4.2.3	Hefezellen 420
4.1.1	Hefe als wichtigster Partner des Brauers 391	4.2.4	Herführung im Labor 420
4.1.2	Stoffwechsel der Hefe 393	4.2.4.1	Hefeherführung im Betrieb 421
4.1.2.1	Vergären des Zuckers 394	4.2.4.2	Hefereinzuchtanlagen 422
4.1.2.2	Eiweißstoffwechsel 399	4.2.4.3	Optimierte Hefewirtschaft nach Back 425
4.1.2.3	Fettstoffwechsel 400	4.2.4.4	Eintank-Reinzuchtverfahren 426
4.1.2.4	Kohlenhydratstoffwechsel 401	4.3	Offene Hefeherführung 428
4.1.2.5	Mineralstoffwechsel 402	4.3.1	Klassische Gärung und Reifung 429
4.1.3	Bildung und Abbau von Gärungs-nebenprodukten 403	4.3.1.1	Gärbottiche – Einrichtung des offenen Gärkellers 429
4.1.3.1	Diacetyl (vicinale Diketone) 404	4.3.1.2	Gärbottiche Einrichtung des offenen Gärkellers 430
4.1.3.2	Aldehyde (Carbonyle) 407	4.3.2	Gärkellerausbeute 432
4.1.3.3	Höhere Alkohole 407	4.3.3	Durchführung der offenen Hauptgärung 433
4.1.3.4	Ester 408	4.3.3.1	Anstellen 433
4.1.3.5	Schwefelverbindungen 409	4.3.3.2	Gärführung im Gärbottich 435
4.1.3.6	Organische Säuren 410	4.3.3.3	Vergärungsgrad 437
4.1.3.7	Beurteilungskriterien der Aromastoffe im Bier (nach Miedaner) 410	4.3.3.4	Schlauchen aus dem Bottich 440
4.1.4	Weitere Vorgänge und Umwandlungen 412	4.3.4	Hefeernte im Bottich 442
4.1.4.1	Veränderungen der Zusammen- setzung der Eiweißstoffe 412	4.3.5	Reifung des Bieres in konventionellen Tanks 443
4.1.4.2	Senkung des pH-Wertes 413	4.3.5.1	Sättigen des Bieres mit Kohlen- dioxid unter Überdruck 443
4.1.4.3	Veränderung der Redox- verhältnisse im Bier 413	4.3.5.2	Klären des Bieres 444
4.1.4.4	Veränderung in der Farbe des Bieres 413	4.3.6	Einrichtung des konventionellen Lagerkellers 444
4.1.4.5	Ausscheidung von Bitterstoffen und Gerbstoffen 414	4.3.6.1	Einrichtung des Lagerkellers 444
4.1.4.6	CO <sub>2</sub> -Gehalt des Bieres 414	4.3.6.2	Lagertanks 445
4.1.4.7	Klärung und kolloidale Stabilisie- rung des Bieres 414	4.3.7	Durchführung der Lagerung in konventionellen Tanks 446
4.1.5	Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Hefe 414	4.3.7.1	Schlauchen 447
4.1.6	Flockulation der Hefe 416	4.3.7.2	Spunden 447
4.1.7	Degeneration der Hefe 417	4.3.8	Anstecken 448
4.1.8	Physiologischer Zustand der Hefe 417	4.3.8.1	Herstellen der Verbindung 448
4.2	Reinzucht der Hefe 418	4.3.8.2	Druck beim Anstecken und Entleeren 449
4.2.1	Grundlagen der Hefe- vermehrung 418	4.3.9	Ziehen aus konventionellen Tanks 449
4.2.2	Gewinnung geeigneter	4.3.9.1	Verschneidbock 449
		4.3.9.2	Druckregler 450
		4.3.9.3	Gewinnen des Hefebieres 450
		4.3.9.4	Tiefkühlen des Bieres 450
		4.3.9.5	Vor- und Nachlauf 450

4.4	Gärung und Reifung in zylindrokonischen Tanks (ZKT)	450	4.4.7	Überschusshefe (Hefebier)	487
4.4.1	Bau und Aufstellung von zylindrokonischen Tanks	451	4.4.8	CO <sub>2</sub> -Rückgewinnung	489
4.4.1.1	Bau, Form, Material der ZKT	451	4.5	Immobilisierte Hefen	491
4.4.1.2	Größenordnung der ZKT	452	4.5.1	Filtrieren des Bieres	492
4.4.1.3	Aufstellung und Anordnung der ZKT	454	4.5.1.1	Möglichkeiten der Filtration	493
4.4.2	Ausrüstung der zylindrokonischen Tanks	455	4.5.1.1.1	Abscheidemechanismen	493
4.4.2.1	Kontroll- und Bedienelemente und Sicherheitsarmaturen	455	4.5.1.2	Filtermittelträger	494
4.4.2.2	Kühlen der ZKT	463	4.5.1.3	Filterhilfsmittel	496
4.4.2.3	Möglichkeiten zur Steuerung und Automatisierung der Kühlung	470	4.5.2	Bauformen von Filtern	498
4.4.3	Durchführung der Gärung und Reifung in ZKT	471	4.5.2.1	Massefilter	498
4.4.3.1	Besondere Gesichtspunkte der Gärung und Reifung in ZKT	473	4.5.2.2	Anschwemmfilter	499
4.4.3.2	Kalte Gärung – kalte Reifung	476	4.5.2.3	Schichtenfilter (Rahmenfilter)	513
4.4.3.3	Kalte Gärung mit gezielter Reifung im ZKT	477	4.5.2.4	Membranfilter	515
4.4.3.4	Drucklose warme Gärung – kalte Reifung	478	4.5.2.5	Multi-Micro-System	516
4.4.3.5	Druckgärung	478	4.5.2.6	Filtrationsbereiche	517
4.4.3.6	Kalte Gärung – warme Reifung	478	4.5.2.7	Kieselgurfreie Bierfiltration	517
4.4.3.7	Kalte Hauptgärung mit programmierter Reifung	478	4.6	Haltbarmachen des Bieres	524
4.4.3.8	Warme Hauptgärung mit normaler oder forcierter Reifung	480	4.6.1	Biologische Haltbarmachung	525
4.4.4	Hefeernte aus dem ZKT	480	4.6.1.1	Pasteurisation	526
4.4.4.1	Zeitpunkt der Hefeernte	480	4.6.1.2	Kurzzeiterhitzung (KZE)	526
4.4.4.2	Methoden der Hefeernte	481	4.6.1.3	Heißabfüllung von Bier	528
4.4.4.3	Behandeln und Aufbewahren der Erntehefe	482	4.6.1.4	Pasteurisation im Tunnelpasteur	528
4.4.4.4	Kontrolle der Erntehefe	483	4.6.1.5	Kaltseptische Behandlung des Bieres	529
4.4.5	Bierqualität vor der Filtration	484	4.6.2	Kolloidale Stabilisierung des Bieres	530
4.4.6	Rückgewinnung von Bier aus Überschusshefe	485	4.6.2.1	Charakter der kolloiden Trübungen	530
4.4.6.1	Trennung durch Sedimentation oder Filterpressen	485	4.6.2.2	Verbesserung der kolloiden Haltbarkeit des Bieres	531
4.4.6.2	Separation der Hefe	485	4.6.2.3	Technologische Maßnahmen zur Verbesserung der kolloiden Haltbarkeit	532
4.4.6.3	Bierrückgewinnung mittels Dekanter	486	4.6.2.4	Zusatz von Stabilisierungsmitteln	532
4.4.6.4	Membranfiltration der Hefe	487	4.6.2.5	Zudosierung von Hopfen-Downstream-Produkten	540
4.4.6.5	Aufbereitung des Bieres aus		4.6.3	Filtrationsanlage	541
			4.6.4	Geschmackliche Stabilität	543
			4.6.4.1	Alterungsprozess	543
			4.6.4.2	Faktoren zur Förderung der Geschmacksstabilität	545
			4.6.4.3	Maßnahmen zur Vermeidung des Sauerstoffeintrages	547
			4.6.4.4	Maßnahmen zur Vermeidung negativer Einflüsse	547

4.7	Karbonisieren des Bieres	549	5.1.2.6	Abräumen von Neuglasflaschen und Dosen	597
4.8	Besondere Verfahren zur Bierherstellung	550	5.1.3	Kontrolle der gereinigten Mehrweg-Glasflaschen	598
4.8.1	High-Gravity-Brewing	550	5.1.4	Befüllen von Flaschen	604
4.8.2	Eisbierherstellung	554	5.1.4.1	Grundsätze beim Abfüllen	604
4.8.3	Verfahren zur Entfernung des Alkohols	555	5.1.4.2	Prinzipieller Aufbau von Flaschenfüllmaschinen	607
4.8.3.1	Membrantrennverfahren	555	5.1.4.3	Wesentliche Baugruppen der Flaschenfüllmaschinen	607
4.8.3.2	Thermische Verfahren/ Destillation	559	5.1.4.4	Bau und Funktionsweise der Füllorgane	611
4.8.3.3	Unterdrückung der Alkoholbildung	563	5.1.4.5	Hochdruckeinspritzung	622
4.9	Unfallschutz bei der Gärung, Reifung und Filtration	565	5.1.5	Verschließen der Flaschen	624
4.9.1	Unfallgefahren durch Gärungskohlensäure	565	5.1.5.1	Verschließen Kronenkorken	624
4.9.2	Arbeit im Druckbehältern	566	5.1.5.2	Verschließen Bügelverschluss	629
4.9.3	Arbeiten mit Kieselgur	567	5.1.6	Reinigen des Füllers und Verschließers	630
4.9.4	Generelle Hinweise zum Unfallschutz	568	5.1.7	Kontrolle der befüllten und verschlossenen Flaschen	634
<b>5</b>	<b>Abfüllen des Bieres</b>	<b>571</b>	5.1.7.1	Füllhöhenkontrolle	634
5.1	Abfüllen in Mehrweg-Glasflaschen	571	5.1.7.2	Sauerstoff im Flaschenhals	636
5.1.1	Mehrweg-Glasflaschen	571	5.1.8	Pasteurisieren in Flaschen	638
5.1.1.1	Vor- und Nachteile von Glasflaschen	571	5.1.8.1	Grundlagen der Pasteurisation in Flaschen	638
5.1.1.2	Herstellen der Glasflaschen	571	5.1.8.2	Wesentliche Baugruppen des Tunnelpasteurs	639
5.1.1.3	Flaschenformen	571	5.1.8.3	Sicherheitsmaßnahmen beim Pasteurisieren	641
5.1.1.4	Flaschenfarbe	573	5.1.9	Etikettieren und Folieren der Flaschen	641
5.1.1.5	Oberflächenvergütung	574	5.1.9.1	Etiketten und Folien	641
5.1.1.6	Scuffing	574	5.1.9.2	Etikettenleim	643
5.1.1.7	Flaschennachvergütung	574	5.1.9.3	Grundprinzip der Etikettierung	645
5.1.1.8	Leichtglas-Mehrwegflaschen	574	5.1.9.4	Bauarten von Etikettiermaschinen	646
5.1.1.9	Verfahrensschritte bei der Abfüllung von Mehrweg-Glasflaschen	575	5.1.9.5	Kopfeinfaltung mit Folien	647
5.1.2	Reinigen von Mehrweg-Glasflaschen	575	5.1.10	Datieren der Etiketten	647
5.1.2.1	Leergutsortierung	575	5.2	Besonderheiten beim Abfüllen in Einweg-Glasflaschen	649
5.1.2.2	Einwirkungsfaktoren bei der Flaschenreinigung	576	5.2.1	Abräumen von Neuglasflaschen	649
5.1.2.3	Bauformen	577	5.2.2	Rinsen (Spülen)	649
5.1.2.4	Reinigungslauge	592	5.3	Abfüllen in PET-Flaschen	650
5.1.2.5	Reinigungs- und Wartungsarbeiten an der Flaschenreinigungsmaschine	597	5.3.1	PET-Flaschen	650
			5.3.1.1	Struktureigenschaften von PET	650

5.3.1.2	Barriereeigenschaften von PET	651	5.6.2.1	Material, Form und Größe der Kegs	696
5.3.1.3	Barriertechnologien	652	5.6.2.2	Kegarmaturen	697
5.3.1.4	Bedeutung der Scavenger	653	5.6.2.3	Kunststoff-Kegs	699
5.3.2	Herstellen der PET-Flaschen	655	5.6.3	Reinigen und Befüllen d. Kegs	699
5.3.2.1	Herstellen der Preforms	655	5.6.3.1	Reinigen der Kegs	700
5.3.2.2	Strecken und Blasen der PET-Flaschen	655	5.6.3.2	Befüllen der Kegs	701
5.3.2.3	Kontrolle der hergestellten PET-Flaschen	657	5.6.4	Keg-Gesamtanlagen	702
5.3.2.4	Rinsen von Neufaschen	657	5.6.5	Befüllen Klein- und Partyfässer	702
5.3.3	Transportieren der PET-Flaschen	657	5.6.6	Befüllen von Großdosen	704
5.3.4	Befüllen der PET-Flaschen	658	5.7	Transportieren und Verpacken	704
5.3.5	Verschließen der PET-Flaschen	658	5.7.1	Transportgebinde	704
5.3.5.1	Kunststoff-Schraubverschlüsse	658	5.7.2	Behandlung der Kunststoffkästen	707
5.3.5.2	Aluminium-Anrollverschlüsse	660	5.7.2.1	Aussortieren fremder und beschädigter Kästen und Flaschen	707
5.3.6	Etikettieren von PET-Flaschen	662	5.7.2.2	Waschen der Kästen	708
5.4	Abfüllen von Kunststoffflaschen in Mehrweg-Flaschen	664	5.7.2.3	Kastenmagazin	708
5.4.1	PEN / PLA	664	5.7.3	Transporttechnik	709
5.4.2	Reinigung von Mehrweg-Kunststoffflaschen	664	5.7.3.1	Flaschen- und Dosentransport	709
5.4.3	Fremdstoffinspektion	666	5.7.3.2	Gebindetransport	713
5.5	Abfüllen in Dosen	669	5.7.4	Verpackungstechnik	714
5.5.1	Dosen und Dosenverschlüsse	669	5.7.4.1	Packkopf und Packtulpen	714
5.5.2	Einlagern, Entpalettieren und Abschieben der Leerdosen	673	5.7.4.2	Packerarten	716
5.5.3	Inspektion der Leerdosen	674	5.7.5	Palettier- und Entpalettier-einrichtungen	721
5.5.4	Rinsen der Dosen	675	5.7.5.1	Robotertechnik	721
5.5.5	Befüllen der Dosen	675	5.7.5.2	Bau und Funktion der Palettier- und Entpalettier-einrichtungen	722
5.5.5.1	Mechanische Dosenfüller	677	5.7.5.3	Stapelung von Vollgutpaletten	725
5.5.5.2	Dosenfüller mit volumetrischer Füllung	679	5.7.5.4	Transportanlagen für Paletten	725
5.5.6	Verschließen der Dosen	686	5.7.5.5	Paletten-Stellplätze	725
5.5.7	Reinigung des Dosenfüllers und Verschließers	688	5.7.5.6	Zu- und Ablaufvorrichtungen	725
5.5.8	Widgets	688	5.7.5.7	Palettenmagazine	725
5.5.9	Inspektion der gefüllten Dosen	689	5.7.5.8	Palettenkontrolle	726
5.5.10	Pasteurisieren der Dosen	690	5.7.5.9	Palettensicherung	726
5.5.11	Rundumetikettierung von Dosen	690	5.7.5.10	Palettierung in der Fassfüllung	726
5.5.12	Datieren der Dosen	691	5.8	Gesamt-Abfüllanlagen	727
5.6	Abfüllen in Fässer, Kegs, Partyfässer und Großdosen	692	5.9	Bierschwand	732
5.6.1	Holzfässer und Fassabfüllung	692	5.9.1	Berechnung der hergestellten Verkaufsbiermenge	732
5.6.2	Kegs und Fittings	696	5.9.2	Bestandsaufnahme und Umrechnung auf Verkaufsbier	733
			5.9.3	Berechnung des Volumenschwandes	734

5.9.4	Berechnung des Malzverbrauches	735	7.3.2	Untergärige Biersorten	782
5.9.5	Bedeutung des Schwandes und dessen Minderung	735	7.3.2.1	Biere nach Pilsner Typ	782
			7.3.2.2	Lagerbiere/Vollbiere	783
			7.3.2.3	Export	784
			7.3.2.4	Schwarzbiere	784
<b>6</b>	<b>Reinigung &amp; Desinfektion</b>	<b>739</b>	7.3.2.5	Festbiere	784
6.1	Materialien und ihr Verhalten gegenüber Reinigungsmitteln	739	7.3.2.6	Eisbier	785
6.1.1	Aluminiumgefäße	739	7.3.2.7	Märzen	785
6.1.2	Gefäße, Leitungen und Armaturen aus Chromnickelstahl	740	7.3.2.8	Bockbier	785
6.1.3	Schläuche und Dichtungen	742	7.3.2.9	Doppelbock	786
6.2	Reinigungsmittel	743	7.3.2.10	Alkoholfreies Bier	786
6.3	Desinfektionsmittel	745	7.3.2.11	Kohlenhydratreduziertes Bier (Diätbier)	787
6.4	Durchführung der Reinigung und Desinfektion (CIP)	746	7.3.2.12	Leichtbier (Light)	788
6.5	Reinigungsvorgang	752	7.3.2.13	Malztrunk	788
6.6	Mechanische Reinigung	754	7.3.2.14	Weitere spezielle Biersorten	789
6.7	Kontrolle der Reinigung und Desinfektion	755	7.3.2.15	Biermischgetränke	790
6.8	Arbeitsschutz bei der Reinigung und Desinfektion	755	7.3.3	Tendenzen der Entwicklung von Biersorten, die nicht dem Reinheitsgebot entsprechen	792
			7.4	Qualitätsprüfung	795
<b>7</b>	<b>Das fertige Bier</b>	<b>757</b>	7.4.1	Verkostung des Bieres	795
7.1	Inhaltsstoffe des Bieres	757	7.4.2	Mikrobiologische Prüfung	797
7.1.1	Bestandteile des Bieres	757	7.4.3	Bieranalyse	801
7.1.2	Bier und Gesundheit	760	7.4.3.1	Bestimmung der Stammwürze	802
7.2	Geschmack und Schaum	762	7.4.3.2	Bestimmung der Bierfarbe	806
7.2.1	Geschmack des Bieres	762	7.4.3.3	Bestimmung des pH-Wertes	806
7.2.1.1	Bieraroma	762	7.4.3.4	Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Bier	806
7.2.1.2	Vollmundigkeit	765	7.4.3.5	Bestimmung des Diacetylgehaltes im Bier	808
7.2.1.3	Rezenz	765	7.4.3.6	Bestimmung der Schaumhaltbarkeit	808
7.2.1.4	Bittere des Bieres	766	7.4.3.7	Bestimmung des Kohlendioxidgehaltes	809
7.2.2	Schaum des Bieres	766	7.4.3.8	Bestimmung Bittereinheiten	810
7.3	Biersorten und ihre Besonderheiten	770	7.4.3.9	Bestimmung Trübungsneigung	810
7.3.1	Obergärig hergestellte Biere	771	7.4.3.10	Filtrierbarkeit des Bieres	811
7.3.1.1	Besonderheiten der Obergärung	771	7.4.3.11	Weitere Untersuchungen	811
7.3.1.2	Weizenbiere	773	7.5	Prozessmess- und Analysetechnik	812
7.3.1.3	Berliner Weiße	778	7.5.1	Temperaturmessgeräte	812
7.3.1.4	Altbier	779	7.5.2	Durchflussmessgeräte	812
7.3.1.5	Kölsch	779	7.5.3	Füllstandsmessgeräte	813
7.3.1.6	Ale	779	7.5.4	Dichtemessgeräte	814
7.3.1.7	Stout	780	7.5.5	Optische Online-Messtechnik	814
7.3.1.8	Porter	781	7.5.6	Sauerstoffmessgeräte	816
7.3.1.9	Belgische Biersorten	781			

7.5.7	pH-Wert-Messgeräte	816	9.3.5	Altetiketten	854
7.5.8	Leitfähigkeitsmessgeräte	817	9.3.6	Glasbruch	855
7.5.9	Grenzwertsonden	817	9.3.7	Bierdosen	855
7.5.10	Druckmessgeräte	817	9.3.8	Kleine Abfallmengen	855
			9.4	Emissionen	855
<b>8</b>	<b>Kleine Brauer</b>	<b>819</b>	9.4.1	Staub und Staubemissionen	855
8.1	Gasthausbrauerei (Brewpub)	821	9.4.2	Emissionen aus dem Sudhaus	855
8.1.2	Überlegungen zur Planung einer Gasthausbrauerei	821	9.4.3	Rauchgasemissionen	856
8.2	Mikrobrauer	828	9.4.4	Schallemissionen	856
8.3	Vertragsbrauer („Contract Brewer“)	830	9.5	Recycling von PET-Flaschen	856
8.4	Heimbrauer	830	9.5.1	Prüfung der PET-Recyclate	857
8.4.1	Die rechtliche Seite des Hobbybrauens	830	<b>10</b>	<b>Energiewirtschaft in der Brauerei und Mälzerei</b>	<b>859</b>
8.4.2	Bezug der Rohstoffe	830	10.1	Energiebedarf bei der Malz- und Bierherstellung	859
8.4.3	Herstellung von Malz im Kleinverfahren	831	10.2	Dampfkesselanlagen	860
8.4.4	Bierherstellung für Heimbrauer	833	10.2.1	Brennstoffe	860
8.4.4.1	Vorgaben	833	10.2.2	Dampf	861
8.4.4.2	Berechnung der Schüttung	833	10.2.2.1	Verdampfungswärme	861
8.4.4.3	Berechnung des Hauptgusses	837	10.2.2.2	Nassdampf	863
8.4.4.4	Berechnung Gesamtmaische	837	10.2.2.3	Überhitzter Dampf	863
8.4.4.5	Abläutern	838	10.2.2.4	Heißwasser	863
8.4.4.6	Berechnung des Nachgusses	838	10.2.3	Dampfkessel	863
8.4.4.7	Würzekochung	838	10.2.3.1	Einteilung der Dampfkessel	863
<b>9</b>	<b>Entsorgung und Umwelt</b>	<b>843</b>	10.2.3.2	Bauarten von Dampfkesseln	864
9.1	Umweltrecht	844	10.2.3.3	Dreizugkessel	864
9.2	Abwasser	844	10.2.3.4	Energierückgewinnung und Wirkungsgradverbesserung	866
9.2.1	Abwasserkosten	844	10.2.4	Dampfkraftmaschinen	868
9.2.2	Begriffsdefinitionen beim Abwasser	846	10.2.5	Blockheizkraftwerke (BHKW)	868
9.2.3	Abwasserbehandlung	847	10.3	Kälteanlagen	870
9.2.3.1	Aerobe Abwasserbehandlungs- anlagen	847	10.3.1	Kältemittel und Kälteträger	870
9.2.3.2	Anaerobe Abwasser- behandlungsanlagen	848	10.3.1.1	Kältemittel	870
9.2.3.3	Menge und Zusammensetzung des Brauereiabwassers	849	10.3.1.2	Kälteträger	871
9.2.3.4	Abwasserbehandlung mit Misch- und Ausgleichsbecken	850	10.3.1.3	Wirkungsprinzip bei der Kälteerzeugung	871
9.3	Reststoffe und Abfälle	851	10.3.2	Kompressionskälteanlagen	876
9.3.1	Malz- und Hopfentreber	851	10.3.2.1	Arbeitsprinzip	876
9.3.2	Trub	853	10.3.2.2	Verdampfer	877
9.3.3	Überschusshefe	854	10.3.2.3	Kompressor (Verdichter)	878
9.3.4	Kieselgurschlamm	854	10.3.2.4	Kondensator (Verflüssiger)	880
			10.3.2.5	Regelventil	881
			10.3.2.6	Eiswasserspeichersystem	882
			10.3.3	Absorptionskühlanlage	883
			10.3.4	Raum- und Flüssigkeits- kühlung	883

10.3.4.1	Kühlung von konventionellen Gär- und Lagerkellern	884	11.1.6	Anforderungen an automatische Steuerungen	917
10.3.4.2	Moderne Kälteanlagen	885	11.2	Anlagenplanung	920
10.3.4.3	Flüssigkeitskühlung	887	11.2.1	Einführung	920
10.3.5	Hinweise für den Betrieb der Kälteanlage	888	11.2.1.1	Allgemeine Betrachtungen zur Anlagenplanung	920
10.4	Elektrische Anlagen	889	11.2.1.2	Grundsätzliches zum Ablauf der Anlagenplanung	921
10.4.1	Bezug der elektrischen Energie	889	11.2.2	Grundlagen Anlagenplanung	923
10.4.2	Leistungsfaktor $\cos \varphi$	890	11.2.3	Varianten der Durchführung der Anlagenplanung und -realisierung	925
10.4.3	Umwandeln des elektrischen Stromes	892	11.2.4	Wichtige Dokumente und Unterlagen	927
10.4.4	Schutzmaßnahmen	893	11.2.4.1	Allgemeine Hinweise	927
10.4.5	Hinweise für den Verbrauch von Elektroenergie	893	11.2.4.2	Das Verfahrensschema	927
10.4.6	Sonstige Energiequellen	894	11.2.4.3	Das Grundfließbild	928
10.5	Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren	894	11.2.4.4	Das Verfahrensfließbild	928
10.5.1	Pumpen	894	11.2.4.5	Das Rohrleitungs- und Instrumenten-Fließbild	931
10.5.1.1	Kreiselpumpen	895	11.2.4.6	Rohrleitungs- und Montage- pläne	933
10.5.1.2	Verdrängerpumpen	898	11.2.4.7	Die Verfahrensbeschreibung	933
10.5.1.3	Dimensionierung Pumpen	902	11.2.4.8	Die Gestaltung von Ausführungsunterlagen	934
10.5.1.4	Drehzahlregelung Pumpen	903	11.2.5	Hinweise für die Vertrags- gestaltung	935
10.5.1.5	Gleitringdichtung	903	11.2.6	Inbetriebnahme und Leistungsfahrt	936
10.5.2	Ventilatoren und Verdichter	904	11.2.7	Projektabschluss	937
10.5.2.1	Lüfter und Gebläse	904	11.2.8	Projektdokumentation	937
10.5.3	Druckluftanlagen	904	11.3	Gestaltung von Anlagen, An- forderungen an die Anlagen	938
10.5.3.1	Druckluftverdichter (Kompressoren)	906	11.3.1	Allgemeine Hinweise	938
10.5.3.2	Lufttrockner	908	11.3.2	Voraussetzungen für die Automation moderner Anlagen	938
10.5.3.3	Druckbehälter	909	11.3.3	Hygienic Design von Rohr- leitungen und Anlagen	939
10.5.3.4	Druckluftleitungsnetz	910	11.3.4	Anforderungen an die Betriebs- sicherheit der Anlagen	939
10.5.3.5	Luftfilter	910	11.3.4.1	Medientrennung	939
			11.3.4.2	Sicherung der Anlage gegen unzulässige Drücke	942
<b>11</b>	<b>Automation und Anlagenplanung</b>	<b>913</b>	11.3.5	Hinweise für die Gestaltung von Rohrleitungen	943
11.1	Hinweise zum Einsatz der Mess-, Steuer- und Regeltechnik	913	11.3.5.1	Allgemeine Hinweise	943
11.1.1	Allgemeine Hinweise	913	11.3.5.2	Rohrleitungsverbindungen	943
11.1.2	Anforderungen an die Mess- unsicherheit der verwendeten Messtechnik	913			
11.1.3	Anforderungen an Einbauort und an Reinigung/Desinfektion	914			
11.1.4	Anforderungen der Betriebs- und Anlagensicherheit	916			
11.1.5	Anforderungen der Wartung und Instandhaltung	916			

11.3.5.3	Verlegung von Rohrleitungen, Gestaltung von Rohrleitungshalterungen	945	11.3.6.3	Festverrohrung	955
11.3.5.4	Die Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen, Druckverluste	947	11.3.6.4	Armaturen für Rohrleitungen und Anlagenelemente	956
11.3.5.5	Maßnahmen gegen Flüssigkeits-schläge und Schwingungen	950	11.3.6.5	Probeentnahmearmaturen	956
11.3.5.6	Entlüftung der Rohrleitungen, Sauerstoffentfernung	951	11.3.6.6	Armaturenbauformen	958
11.3.5.7	Gestaltung von Wärmedämmungen bei Rohrleitungen	951	11.3.7	Hinweise zur Gestaltung und zum Betrieb von CIP-Stationen	961
11.3.5.8	Gestaltung von Rohrausläufen	952	11.3.8	Hinweise zur Chemikalienlagerung	962
11.3.5.9	Sicherung der Rohrleitungen	952	11.3.9	Hinweise zur Oberflächenbeschaffenheit von Maschinen und Apparaten	963
11.3.5.10	Toträume in Rohrleitungen	953	Im Text verwendete Abkürzungen		966
11.3.5.11	Dampfleitungen	953	Verzeichnis der Inserenten		967
11.3.6	Hinweise zur Rohrleitungs-verschaltung, Einsatz von Armaturen und Probeentnahme	953	Alterungsrelevante Substanzen		968
11.3.6.1	Allgemeine Hinweise	953	Messgrößen und Umwandlungen		969
11.3.6.2	Manuelle Verbindungstechnik	954	Hinweise auf verwendete Zeichnungen und Unterlagen		972
			Literaturverzeichnis		976
			Index		987