

Gliederung

1	Rohstoffe	39			
				- Hopfenpellets	75
				- Hopfenextrakte	77
1.1	Gerste	39			
1.1.1	Gerstenformen und Sorten	39	1.3	Wasser	82
	- Gerstenformen	39	1.3.1	Kreislauf des Wassers	82
	- Gerstensorten	40	1.3.2	Frischwasserverbrauch in der Brauerei	83
1.1.2	Anbau der Gerste	41	1.3.3	Gewinnung des Wassers	85
1.1.3	Aufbau des Gerstenkornes	42		- Gewinnung von Grundwasser	85
	- Äußerer Aufbau	42		- Gewinnung von Quellwasser	86
	- Innerer Aufbau	43		- Gewinnung von Oberflächenwasser	86
1.1.4	Zusammensetzung und Eigenschaften der Bestandteile	45		- Bedeutung der Eigenwasserversorgung	86
	- Kohlenhydrate	45	1.3.4	Anforderungen an das Wasser	87
	- Eiweißstoffe (Proteine)	49		- Anforderungen an das Wasser als Trinkwasser	88
	- Fette (Lipide)	52		- Anforderungen an das Wasser als Brauwasser	88
	- Mineralstoffe	52		- Bedeutung einzelner Ionen	92
	- Sonstige Stoffe	53	1.3.5	Verfahren zur Verbesserung des Wassers	93
1.1.5	Beurteilung der Gerste	57		- Verfahren zur Entfernung von Schwebstoffen	93
	- Handbonitierung	57		- Entfernen von gelösten Stoffen	94
	- Physiologische Untersuchungen	60		- Verfahren zur Verbesserung der Restalkalität	95
1.2	Hopfen	61		- Entkeimen des Wassers	97
1.2.1	Hopfenanbaugebiete	61		- Entgasen des Wassers	98
1.2.2	Ernten, Trocknen und Haltbarmachen des Hopfens	64	1.3.6	Möglichkeiten der Wassereinsparung	100
	- Ernte	64			
	- Trocknen	64	1.4	Hefe	101
	- Haltbarmachen des Hopfens	65	1.4.1	Aufbau und Zusammensetzung der Hefezelle	101
1.2.3	Aufbau der Hopfendolde	65	1.4.2	Stoffwechsel der Hefezelle	105
1.2.4	Zusammensetzung und Eigenschaften der Bestandteile	66	1.4.3	Fortpflanzung und Wachstum von Hefen	106
	- Bitterstoffe oder Hopfenharze	66	1.4.4	Charakterisierung von Bierhefen	108
	- Hopfenöl	68		- Morphologische Merkmale	108
	- Gerbstoffe oder Polyphenole	69		- Physiologische Unterschiede	109
	- Eiweißstoffe	71		- Gärungstechn. Unterschiede	109
1.2.5	Beurteilung des Hopfens	71			
	- Handbonitierung des Doldenhopfens	71			
	- Bitterstoffgehalt	72			
1.2.6	Hopfensorten	73			
1.2.7	Hopfenprodukte	74			

- Systematische Einordnung	109	- Schädlingsbefall	148
1.5 Rohfrucht	110	2.3 Weichen der Gerste	149
1.5.1 Mais	110	2.3.1 Vorgänge beim Weichen	150
1.5.2 Reis	112	- Wasseraufnahme	150
1.5.3 Gerste	112	- Reinigung	153
1.5.4 Sorghum-Hirse	113	2.3.2 Weichgefäße	153
1.5.5 Weizen	113	2.3.3 Durchführen des Weichens	159
1.5.6 Zucker	114	2.4 Keimen der Gerste	161
1.5.7 Glukosesirup	115	2.4.1 Vorgänge beim Keimen	161
1.5.8 Zuckerkulör (auch -couleur)	116	- Wachstumsvorgänge	161
2 Herstellen des Malzes	117	- Enzymbildung	162
2.1 Annehmen, Putzen, Sortieren und Fördern der Gerste	118	- Stoffumwandlungen beim Keimen	164
2.1.1 Annehmen der Gerste	118	- Schlussfolgerungen für die Durchführung der Keimung	172
- Annehmen von Straßen- oder Schienenfahrzeugen	119	2.4.2 Keimverfahren	172
- Annehmen von Schiffen	119	- Tennenmälzerei	172
2.1.2 Putzen und Sortieren der Gerste	121	- Pneumatisch betriebene Mälzungs-systeme	173
- Vorreinigen der Gerste	121	- Durchführung der Keimung	184
- Magnetapparate	122	- Kontrolle der Keimung	185
- Trockensteinausleser	124	2.5 Darren des Malzes	186
- Entgranner	125	2.5.1 Veränderungen beim Darren	186
- Trieur	126	- Senkung des Wassergehaltes	186
- Sortieren der Gerste	127	- Unterbrechung der Keimung und Auflösung	187
2.1.3 Fördern von Gerste und Malz	129	- Bildung von Farb- und Aromastoffen	187
- Mechanische Fördermittel	131	- Bildung von DMS-Vorstufe und freiem DMS beim Darren	188
- Pneumatische Fördermittel	135	- Einfluss von Darretemperatur und -zeit	189
2.1.4 Anlagen zur Staubentfernung	139	- Bildung von Nitrosaminen	190
- Zyklone	139	- Inaktivierung der Enzyme	191
- Staubfilter	139	2.5.2 Bau der Darre	191
2.2 Trocknen und Lagern der Gerste	142	- Beheizung und Lüftung der Darre	192
2.2.1 Atmung der Gerste	142	- Zweihordendarre älterer Bauart	194
2.2.2 Trocknen der Gerste	144	- Darren mit Kipphorde	195
2.2.3 Kühlen der Gerste	145	- Plandarren mit Be- und Entlader	196
2.2.4 Lagern der Gerste	146		
- Silolagerung	146		
- Lagerung auf Speichern	147		

- Vertikaldarren	197	2.9.6 Sauermalz	214
2.5.3 Durchführung des Darrens	198	2.9.7 Kurz- und Spitzmalz	214
- Herstellung von Pilsner Malz	199	2.9.8 Rauchmalz	214
- Herstellung von Münchner Malz	200	2.9.9 Diastasemalz	214
- Darre abräumen	200	2.9.10 Röstmalz	214
- Kontrolle der Darrarbeit	202	2.9.11 Röstmalzbier	215
		2.9.12 Weizenmalz	216
2.6 Behandlung des Malzes nach dem Darren	202	2.9.13 Malzextrakt	217
2.6.1 Abkühlen d. abgedarrten Malzes	202	2.9.14 Malz aus anderem Brotgetreide	217
2.6.2 Putzen des Malzes	202	2.9.15 Sorghum-Malz	218
2.6.3 Lagern des Malzes	203	2.9.16 Einsatz von Malztypen für verschiedene Biersorten	219
2.6.4 Polieren des Malzes	203		
2.7 Ausbeute beim Mälzen	203	2.10 Unfallschutz in der Mälzerei	221
2.8 Beurteilen des Malzes	204	3 Herstellen der Würze	233
2.8.1 Handbonitierung	204	3.1 Schrotten des Malzes	234
2.8.2 Mechanische Untersuchungen	204	3.1.1 Vorbehandeln des Malzes	234
- Sortierung	204	- Entstauben und Entsteinen	234
- Tausendkornmasse	204	- Verwiegen der Schüttungsmenge	235
- Hektolitermasse	205	3.1.2 Grundlagen des Schrotens	238
- Schwimmprobe (Sinkerprobe)	205	3.1.3 Trockenschrotung	239
- Glasigkeit	205	- Sechswalzenmühlen	239
- Mürbigkeit	205	- Fünfwalzenmühlen	241
- Blattkeimentwicklung	205	- Vierwalzenmühlen	241
- Keimfähigkeit	205	- Zweiwalzenmühlen	242
- Dichte	205	- Walzen der Schrotmühlen	242
- Calcofluor-Carlsberg Methode	205	- Konditionierte Trockenschrotung	245
2.8.3 Chem. - techn. Untersuchungen	206	- Schrotrumpf	246
- Wassergehalt	206	- Hammermühlen	246
- Kongressmaischverfahren	206	3.1.4 Nassschrotung	247
2.8.4 Malzlieferungsvertrag	210	3.1.5 Weichkonditionierung	249
		3.1.6 Feinstzerkleinerung mit Wasser	253
2.9 Malzsorten und Malze aus anderem Getreide	211	3.1.7 Beurteilung des Schrotes	255
2.9.1 Pilsener Malz (helles Malz)	211	3.2 Maischen	256
2.9.2 Dunkles Malz (Münchner Art)	211	3.2.1 Umwandlungen beim Maischen	256
2.9.3 Wiener Malz	211	- Zweck des Maischens	256
2.9.4 Brühmalz/ Melanoidinmalz	212	- Eigenschaften der Enzyme	256
2.9.5 Caramelmalz	212	- Abbau der Stärke	258

- Abbau des β -Glucans	263	3.4.1 Vorgänge beim Würzekochen	339
- Abbau von Eiweißstoffen	268	- Lösung und Umwandlung der Hopfenbestandteile	339
- Umwandlungen von Fettsäuren	270	- Ausscheidung von Eiweiß	340
- Weitere Abbau- und Lösungsvorgänge	272	- Verdampfung von Wasser	341
- Biologische Säuerung	273	- Sterilisierung der Würze	343
- Zusammensetzung des Extraktes	279	- Zerstörung aller Enzyme	343
- Schlussfolgerungen für die Durchführung des Maischens	279	- Thermische Belastung der Würze	343
3.2.2 Gefäße zum Maischen	280	- pH-Wertabsenkung in der Würze	344
- Maischgefäße	280	- Bildung von reduzierenden Stoffen (Reduktonen)	344
3.2.3 Einmaischen	285	- Ausdampfen unerwünschter Aromastoffe	344
- Gussführung	285	- Zinkgehalt der Würze	346
- Einmaischtemperatur	286	- Pfannevollwürze - Ausschlagwürze	346
- Vermischung von Wasser und Malzschrot	287	3.4.2 Bau und Beheizung der Würzepfanne	346
3.2.4 Maischverfahren	290	- Braupfanne direkte Beheizung	347
- Gesichtspunkte zur Durchführung des Maischens	290	- Braupfanne Dampfbeheizung	347
- Infusionsverfahren	293	- Würzepfannen mit Niederdruckkochung	351
- Dekoktionsverfahren	294	- Hochtemperatur-Würzekochung	362
3.2.5 Dauer der Maischverfahren	309	- Energiesparende Würzekochsysteme	363
3.2.6 Kontrolle des Maischens	310	- Andere moderne Würzekochsysteme	369
3.2.7 Maischintensität	310	- Energieverbrauch beim Würzekochen	383
3.3 Abläutern	310	- Brüdenkondensat	384
3.3.1 Hauptguss und Nachgüsse	310	- Vorlaufgefäß	385
3.3.2 Glattwasser	311	3.4.3 Durchführung des Würzekochens	385
3.3.3 Abläutern mit dem Läuterbottich	313	- Kochen der Würze	385
- Bau Läuterbottich ält. Bauart	314	- Hopfengabe	386
- Bau Läuterbottich neuer Bauart	317	3.4.4 Kontrolle der Ausschlagwürze	389
- Arbeitsablauf beim Abläutern mit dem konv. Läuterbottich	322	3.5 Sudhausausbeute	391
3.3.4 Abläutern mit dem Maischefilter	325	3.5.1 Berechnung der Sudhausausbeute	391
- Konventionelle Maischefilter	325	- Ermittlung der Masseprozente	391
- Maischefilter neuer Generation	327	- Ermittlung d. Masse d. Extraktes	393
3.3.5 Treber	335	- Umrechnung Volumen heiße	
- Förderung der Treber	336		
- Treberanalyse	336		
3.4 Würzekochen	339		

Ausschlagwürze in kalte Würze	397	des Kühltrubes	417
- Berechnung der im Sudhaus gewonnenen Extraktmenge	397	- Belüftung der Würze	418
- Ermittlung der Sudhausausbeute (As)	398	- Veränderungen in der Konzentration der Würze	418
3.5.2 Beeinflussung Sudhausausbeute	398	3.9.2 Geräte zum Kühlen der Würze	418
3.5.3 Berechnung Sudhausausbeute	399	- Aufbau Plattenwärmeübertrager	418
		- Wirkungsweise Plattenwärmeübertragers	420
3.6 Sudhauseinrichtung	399	- Vorteile Plattenwärmeübertrager	423
3.6.1 Anzahl u. Aufstellung der Gefäße	399	3.9.3 Grundlagen und Durchführung der Würzebelüftung	423
3.6.2 Gefäßgröße	400	- Verfahren zur Würzebelüftung	424
3.6.3 Gefäßmaterial	401	- Zeitpunkt der Hefebelüftung	425
3.6.4 Produktionskapazität Sudhaus	401	3.9.4 Geräte zum Entfernen des Kühltrubes	426
3.6.5 Sudwerke besonderer Art	402	- Kieselgurfilter	426
- Sudwerke von Gasthausbrauereien	402	- Flotation	426
- Integral-Sudwerk	403	- Separation der kalten Würze	427
- Versuchs- und Lehrsudwerke	403	3.9.5 Würzekühllinien	427
3.7 Ausschlagen	403		
3.8 Entfernen des Heißtrubes	404	3.10 Steuerung und Kontrolle der Vorgänge Würzeherstellung	428
3.8.1 Kühlschiff	405		
3.8.2 Setzbottich	405	3.11 Arbeitssicherheit bei der Würzeherstellung	430
3.8.3 Whirlpool	406	- Unfallverhütung Bereich Mühle	430
- Wirkungsprinzip des Whirlpools	406	- Unfallverhütung bei Arbeiten in Sudgefäßen	431
- Bau des Whirlpools	408	- Unfallverhütung bei der Arbeit mit Separatoren	431
- Durchführung der Würzeklärung	409		
3.8.4 Separatoren	411	4 Herstellen des Bieres	433
- Prinzip der Zentrifugation	411		
- Arten von Zentrifugal-Separatoren (Zentrifugen)	413	4.1 Umwandlungen beim Gären und Reifen	441
- Bau und Arbeitsweise von selbstaustragenden Separatoren	413	4.1.1 Hefe als wichtigster Partner des Brauers	441
- Einschätzung der Heißwürze-separation	416	4.1.2 Stoffwechsel der Hefe	444
3.8.5 Gewinnung der Trubwürze	416	- Vergären des Zuckers	444
		- Eiweißstoffwechsel	449
3.9 Kühlen und Klären der Würze	417	- Fettstoffwechsel	451
3.9.1 Vorgänge beim Kühlen	417		
- Abkühlung der Würze	417		
- Bildung und optimale Entfernung			

	- Kohlenhydratstoffwechsel	451		- Gärbottiche	483
	- Mineralstoffwechsel	453		- Einrichtung des offenen Gärkellers	484
4.1.3	Bildung und Abbau von Gärungsnebenprodukten	454	4.3.2	Gärkellerausbeute	486
	- Diacetyl (vicinale Diketone)	456	4.3.3	Durchführung der offenen Hauptgärung	487
	- Aldehyde (Carbonyle)	458		- Anstellen	487
	- Höhere Alkohole	459		- Gärführung im Gärbottich	490
	- Ester	459		- Vergärungsgrad	491
	- Schwefelverbindungen	460		- Schlauchen aus dem Bottich	495
	- Organische Säuren	462	4.3.4	Hefeernte im Bottich	498
	- Beurteilungskriterien der Aromastoffe im Bier (nach Miedaner)	462	4.3.5	Vorgänge bei der Reifung des Bieres in konventionellen Tanks	498
4.1.4	Weitere Vorgänge und Umwandlungen	463		- Sättigen des Bieres mit Kohlendioxid unter Überdruck	498
	- Veränderungen der Zusammensetzung der Eiweißstoffe	464		- Klären des Bieres	499
	- Senkung des pH-Wertes	464	4.3.6	Einrichtung des konventionellen Lagerkellers	500
	- Veränderung der Redoxverhältnisse im Bier	465		- Einrichtung des Lagerkellers	500
	- Veränderung der Farbe des Bieres	465	4.3.7	Durchführung der Lagerung in konventionellen Tanks	501
	- Ausscheidung von Bitterstoffen und Gerbstoffen	465		- Schlauchen	502
	- CO ₂ -Gehalt des Bieres	466		- Spunden	502
	- Klärung und kolloidale Stabilisierung des Bieres	466	4.3.8	Anstecken	503
				- Herstellen der Verbindung	504
4.1.5	Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Hefe	467		- Druck beim Anstecken und Entleeren	504
4.1.6	Flockulation der Hefe	469	4.3.9	Ziehen aus konventionellen Tanks	504
4.1.7	Degeneration der Hefe	469		- Verschneidbock	504
				- Druckregler	505
4.2	Reinzucht der Hefe	470		- Gewinnen des Hefebieres	505
4.2.1	Grundlagen der Hefevermehrung	470		- Tiefkühlen des Bieres	505
4.2.3	Herführung im Labor	472		- Vor- und Nachlauf	506
4.2.4	Hefeführung im Betrieb	474	4.4	Gärung und Reifung in zylindronischen Tanks (ZKT)	506
	- Hefereinzuchtanlagen	474	4.4.1	Bau und Aufstellung von ZKT	506
	- Eintank-Reinzuchtverfahren	480		- Bau, Form und Material der ZKT	506
	- Offene Hefeführung	481		- Größenordnung der ZKT	507
4.3	Klassische Gärung und Reifung	483		- Aufstellung u. Anordnung ZKT	509
4.3.1	Gärbottiche – Einrichtung des offenen Gärkellers	483	4.4.2	Ausrüstung der ZKT	510
				- Kontroll- und Bedienelemente	

	und Sicherheitsarmaturen	510		- Abscheidemechanismen	550
	- Kühlen der ZKT	519		- Filtermittel	550
	- Möglichkeiten zur Steuerung u. Automatisierung d. Kühlung	526	4.5.2	- Filterhilfsmittel	552
4.4.3	Durchführung der Gärung und Reifung in ZKT	527		Bauformen von Filtern	555
	- Besondere Gesichtspunkte für die Gärung und Reifung in ZKT	529		- Massefilter	555
	- Kalte Gärung – kalte Reifung	533		- Membranfilter	572
	- Kalte Gärung mit gezielter Reifung im ZKT	533	4.6	- Multi Micro-System-Filter	574
	- Drucklose warme Gärung – kalte Reifung	534	4.6.1	- Filtrationsbereiche	575
	- Druckgärung	534		- Kieselgurfreie Bierfiltration	575
	- Kalte Gärung – warme Reifung	535		Haltbarmachen des Bieres	586
	- Kalte Hauptgärung mit programmierter Reifung	535		Biologische Haltbarmachung des Bieres	587
	- Warme Hauptgärung mit normaler oder forcierter Reifung	536		- Pasteurisation	588
4.4.4	Hefeernte aus dem ZKT	536		- Kurzzeiterhitzung (KZE)	588
	- Zeitpunkt der Hefeernte	536		- Heißabfüllung von Bier	591
	- Methoden der Hefeernte	538		- Pasteurisation im Tunnelpasteur	591
	- Behandeln und Aufbewahren der Erntehefe	538	4.6.2	- Kaltaseptische Behandlung	591
	- Kontrolle der Erntehefe	540		Kolloidale Stabilisierung	593
4.4.5	Bierqualität vor der Filtration	541		- Charakter der kolloiden Trübungen	593
4.4.6	Rückgewinnung von Bier aus Überschusshefe	541		- Verbesserung der kolloiden Haltbarkeit des Bieres	594
	- Trennung durch Sedimentation oder Filtration	542		- Technologische Maßnahmen zur Verbesserung der koll. Haltbarkeit	594
	- Separation der Hefe	542		- Zusatz von Stabilisierungsmitteln	595
	- Bierrückgewinnung mittels Dekanter	543		- Zudosierung von Hopfen- Downstream-Produkten	603
	- Membranfiltration der Hefe	544	4.6.3	Filtrationsanlage	603
	- Vibrations-Mikrofiltration (VMF)	544	4.6.4	Geschmackliche Stabilität	606
	- Aufbereitung and. Prozessbiere	546		- Alterungsprozess	606
4.4.7	CO ₂ -Rückgewinnung	546		- Förderung d. Geschmacksstabilität	608
4.4.8	Immobilisierte Hefen	548		- Vermeidung des O ₂ -Eintrages	609
				- Maßnahmen zur Vermeidung negativer Einflüsse b. d. Abfüllung	610
4.5	Filtrieren des Bieres	549	4.7	Karbonisieren des Bieres	612
4.5.1	Möglichkeiten der Filtration	549	4.8	Besondere Verfahren zur Bierherstellung	613
			4.8.1	High-Gravity-Brewing	614

4.8.2	Eisbierherstellung	616		- Abräumen von Neuglasflaschen und Dosen	670
4.8.3	Verfahren zur Entfernung des Alkohols	618	5.1.3	Kontrolle der gereinigten Mehrweg-Glasflaschen	671
	- Membrantrennverfahren	618	5.1.4	Befüllen von Flaschen	677
	- Thermische Verfahren/Destillation	622		- Grundsätze beim Abfüllen	677
	- Unterdrückung der Alkoholbildung	626		- Prinzipieller Aufbau von Flaschenmaschinen	681
4.9	Unfallschutz bei der Gärung, Reifung und Filtration	628		- Wesentliche Baugruppen der Flaschenfüllmaschinen	682
4.9.1	Unfallgefahren durch Gärungskohlensäure	628		- Bau und Funktionsweise der Füllorgane	685
4.9.2	Arbeit im Druckbehältern	630		- Hochdruckeinspritzung	702
4.9.3	Arbeiten mit Kieselgur	631	5.1.5	Verschließen der Flaschen	702
4.9.4	Generelle Hinweise zum Unfallschutz	631		- Verschließen mittels Kronenkorken	703
				- Verschließen mit Bügelverschluss	708
5	Abfüllen des Bieres		5.1.6	Reinigen des Füllers und Verschließers	709
					709
5.1	Abfüllen in Mehrweg-Glasflaschen	643	5.1.7	Kontrolle der befüllten und verschlossenen Flaschen	714
5.1.1	Mehrweg-Glasflaschen	643		- Füllhöhenkontrolle	714
	- Vor- und Nachteile	643		- Sauerstoff im Flaschenhals	715
	- Herstellen der Glasflaschen	643	5.1.8	Pasteurisieren in Flaschen	717
	- Flaschenformen	643		- Grundlagen der Pasteurisation in Flaschen	717
	- Flaschenfarbe	645		- Wesentliche Baugruppen des Tunnelpasteurs	718
	- Oberflächenvergütung	646		- PE-Sicherung	721
	- Scuffing	646	5.1.9	Etikettieren und Folieren	723
	- Flaschennachvergütung	646		- Etiketten und Folien	723
	- Kunststoffbeschichtete Leichtglas-Mehrwegflaschen	647		- Etikettenleim	725
	- Verfahrensschritte bei der Abfüllung	647		- Grundprinzip der Etikettierung	726
5.1.2	Reinigen von Mehrweg-Glasflaschen	647		- Bauarten von Etikettiermaschinen	728
	- Einwirkungsfaktoren bei der Flaschenreinigung	647		- Kopfeinfaltung mit Folien	729
	- Flaschenreinigungsmaschinen	648		- Datieren der Etiketten	730
	- Reinigungslauge	665		- Etikettenkontrolle	731
	- Reinigungs- und Wartungsarbeiten	670	5.2	Besonderheiten beim Abfüllen in Einweg-Glasflaschen	731
			5.2.1	Abräumen von Neuglasflaschen	731

5.2.2	Rinsen (Spülen)	731	5.5.9	Inspektion der gefüllten Dosen	792
5.3	Abfüllen in PET-Flaschen	732	5.5.10	Pasteurisieren der Dosen	792
5.3.1	PET-Flaschen	732	5.5.11	Rundumetikettierung von Dosen	793
	- Struktureigenschaften von PET	733	5.5.12	Datieren der Dosen	795
	- Barriereigenschaften von PET	733	5.6	Abfüllen in Fässer, Kegs, Partyfässer und Großdosen	795
	- Barriertechnologien	734	5.6.1	Holzfässer und Fassabfüllung	795
	- Bedeutung der Scavanger	736	5.6.2	Kegs und Fittings	798
5.3.2	Herstellen der PET-Flaschen	737		- Material, Form und Größe	798
	- Herstellen der Preforms	737		- Kegarmaturen (Fittings)	799
	- Kontrolle der hergestellten PET-Flaschen	740	5.6.3	Reinigen und Befüllen der Kegs	802
	- Rinsen der Neuflaschen	741		- Reinigen der Kegs	802
5.3.3	Transportieren der PET-Flaschen	741		- Befüllen der Kegs	804
5.3.4	Befüllen der PET-Flaschen	742	5.6.4	Keg-Gesamtanlagen	804
5.3.5	Verschließen der PET-Flaschen	753	5.6.5	Befüllen von Klein- und Partyfässern	805
	- Kunststoff-Schraubverschlüsse	753	5.6.6	Befüllen von Großdosen	806
	- Aluminium-Anrollverschlüsse	756	5.7	Transportieren und Verpacken	806
5.3.6	Etikettieren von PET-Flaschen	758	5.7.1	Transportgebinde	807
5.4	Abfüllen in Kunststoffflaschen im Mehrweg	760	5.7.2	Behandlung der Kunststoffkästen	808
5.4.1	PEN	760		- Aussortieren fremder und beschädigter Kästen und Flaschen	809
5.4.2	Reinigung von Mehrweg-Kunststoffflaschen	760		- Aussortieren fremder und bes	809
5.4.3	Fremdstoffinspektion	762		- Waschen der Kästen	810
5.5	Abfüllen in Dosen	765		- Kastenmagazin	811
5.5.1	Dosen und Dosenverschlüsse	765	5.7.3	Transporttechnik	811
5.5.2	Einlagern, Entpalettieren und Abschieben der Leerdosen	769		- Flaschen- und Dosentransport	812
5.5.3	Inspektion der Leerdosen	771		- Gebindetransport	816
5.5.4	Rinsen der Dosen	771	5.7.4	Verpackungstechnik	817
5.5.5	Befüllen der Dosen	772		- Packkopf und Packtulpen	817
	- Mechanische Dosenfüller	777		- Packerarten	820
	- Dosenfüller mit volumetrischer Füllung	777	5.7.5	Palettier- und Entpalettier-einrichtungen	826
5.5.6	Verschließen der Dosen	787		- Robotertechnik	827
5.5.7	Reinigung des Dosenfüllers und Verschließers	789		- Bau und Funktion der Palettier- und Entpalettier-einrichtungen	827
5.5.8	Widgets	790		- Stapelanlagen für Vollgutpaletten	830
				- Transportanlagen für Paletten	830
				- Paletten-Stellplätze	830

- Zu- und Ablaufvorrichtungen	831	7 Das fertige Bier	865
- Palettenmagazine	831		
- Palettensicherung	831	7.1 Inhaltsstoffe des Bieres	865
- Palettierung in der Fassfüllung	832	7.1.1 Bestandteile des Bieres	865
		7.1.1 Bestandteile des Bieres	865
5.8 Gesamt-Abfüllanlagen	832	7.1.2 Bier und Gesundheit	869
5.9 Bierschwand	838	7.2 Geschmack und Schaum	870
5.9.1 Berechnung Verkaufsbiermenge	838	7.2.1 Geschmack des Bieres	870
5.9.2 Bestandsaufnahme und Umrechnung auf Verkaufsbier	839	- Bieraroma	871
5.9.4 Berechnung des Malzverbrauches	841	- Vollmundigkeit	874
5.9.5 Bedeutung des Schwandes und Möglichkeiten der Verminderung	842	- Rezenz	874
		- Bittere des Bieres	875
		7.2.2 Schaum des Bieres	875
6 Reinigung und Desinfektion	847	7.3 Biersorten und ihre Besonderheiten	880
6.1 Materialien und ihr Verhalten gegenüber Reinigungsmitteln	847	7.3.1 Obergärig hergestellte Biere	880
6.1.1 Aluminiumgefäße	847	- Besonderheiten der Obergärung	880
6.1.2 Gefäße, Leitungen und Armaturen aus Chromnickelstahl	848	- Weizenbiere	883
6.1.3 Schläuche und Dichtungen	850	- Berliner Weiße	887
6.2 Reinigungsmittel		- Altbier	888
6.3 Desinfektionsmittel		- Kölsch	888
6.4 Durchführung der Reinigung und Desinfektion im CIP	854	- Ale	889
6.5 Reinigungsvorgang	861	- Stout	890
6.6 Mechanische Reinigung	863	- Porter	890
6.7 Kontrolle der Reinigung und Desinfektion	864	- Belgische Biersorten	890
6.8 Arbeitsschutz bei der Reinigung und Desinfektion	864	7.3.2 Untergärige Biersorten	892
		- Biere nach Pilsner Typ	892
		- Lagerbiere/Vollbiere	893
		- Export	894
		- Schwarzbieren	894
		- Festbiere	894
		- Eisbier	894
		- Märzen	895
		- Bockbier	895
		- Doppelbock	895
		- Alkoholfreies Bier	896
		- Diätbier	896
		- Leichtbier (Light)	898
		- Malztrunk (Malzbier)	898

- Biersorten mit geringem Anteil	899	8.3	Hobbybrauer	942
- Biermischgetränke	900			
7.3.3 Tendenzen bei der Entwicklung von Biersorten	902	9	Entsorgung und Umwelt	949
7.4 Qualitätsprüfung	905	9.1	Umweltrecht	949
7.4.1 Verkostung des Bieres	905	9.2	Abwasser	950
7.4.2 Mikrobiologische Prüfung	907	9.2.1	Abwasserkosten	950
7.4.3 Bieranalyse	912	9.2.2	Begriffsdefinitionen beim Abwasser	952
- Bestimmung der Stammwürze	912	9.2.3	Abwasserbehandlung	954
- Bestimmung der Bierfarbe	917	- Aerobe Abwasserbehandlungsanlagen	954	
- Bestimmung des pH-Wertes	917	- Anaerobe Abwasserbehandlungsanlagen	955	
- Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Bier	918	- Menge und Zusammensetzung des Brauereiabwassers	956	
- Bestimmung des Diacetylgehaltes	919	- Abwasserbehandlung mit Misch- und Ausgleichsbecken	957	
- Bestimmung der Schaumhaltbarkeit	919			
- Bestimmung des CO ₂ -Gehaltes	920	9.3	Reststoffe und Abfälle	958
- Bestimmung der Bittereinheiten	921	9.3.1	Malz- und Hopfentreber	959
- Bestimmung der Trübungsneigung	921	9.3.2	Trub	961
- Filtrierbarkeit des Bieres	922	9.3.3	Abfallhefe	961
- Weitere Untersuchungen	922	9.3.4	Kieselgurschlamm	961
7.5 Prozessmess- und Analysetechnik	923	9.3.5	Altetiketten	962
7.5.1 Temperaturmessgeräte	923	9.3.6	Glasbruch	962
7.5.2 Durchflussmessgeräte	923	9.3.7	Bierdosen	963
7.5.3 Füllstandsmessgeräte	924	9.3.8	Kleine Abfallmengen	963
7.5.4 Dichtemessgeräte	926			
7.5.5 Optische Online-Messtechnik	927	9.4	Emissionen	963
7.5.6 Sauerstoffmessgeräte	928	9.4.1	Staub und Staubemissionen	963
7.5.7 pH-Wert-Messgeräte	928	9.4.2	Emissionen aus dem Sudhaus	964
7.5.8 Leitfähigkeitsmessgeräte	929	9.4.3	Rauchgasemissionen	964
7.5.9 Grenzwertsonden	929			
7.5.10 Druckmessgeräte	929	9.5	Recyclen von PET-Flaschen	964
8 Kleine Brauer	935	10	Energiewirtschaft in der Brauerei und Mälzerei	967
8.1 Gaststättenbrauer (Pub-Brauer)	935	10.1	Energiebedarf bei der Malz-	
8.2 Mikrobrauer	942			

und Bierherstellung	967	10.4.4 Schutzmaßnahmen	1004
10.2 Dampfkesselanlagen	968	10.4.5 Hinweise für den wirtschaftlichen Verbrauch von Elektroenergie	1005
10.2.1 Brennstoffe	968	10.5 Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren	1006
10.2.2 Dampf	969	10.5.1 Pumpen	1006
- Verdampfungswärme	970	- Kreiselumpen	1007
- Heißwasser	971	- Verdrängerpumpen	1010
10.2.3 Dampfkessel	972	- Dimensionierung von Pumpen	1015
- Einteilung der Dampfkessel	972	- Drehzahlregelung von Pumpen	1016
- Bauarten von Dampfkesseln	972	- Gleitringdichtung	1017
- Dreizugkessel	973	10.5.2 Ventilatoren	1018
- Energierückgewinnung und Wirkungsgradverbesserung	975	- Axiallüfter oder Ventilatoren	1018
10.2.4 Dampfkraftmaschinen	977	- Radiallüfter	1018
10.2.5 Blockheizkraftwerke (BHKW)	977	10.5.3 Druckluftanlagen	1018
10.3 Kälteanlagen	979	- Druckluftverdichter	1020
10.3.1 Kältemittel und Kälteträger	979	- Lufttrockner	1024
- Kälteträger	980	- Druckbehälter	1026
- Wirkungsprinzip bei der Kälteerzeugung	980	- Druckleitungsnetz	1026
10.3.2 Kompressionskälteanlagen	986	- Luftfilter	1026
- Arbeitsprinzip	986	10.6 Der Energiebedarf wächst	1027
- Verdampfer	987	11 Automation und Anlagenplanung	1031
- Kompressor (Verdichter)	988	11.1 Hinweise zum Einsatz der Mess-, Steuer- und Regeltechnik	1031
- Kondensator (Verflüssiger)	991	11.1.1 Allgemeine Hinweise	1031
- Regelventil	992	11.1.2 Anforderungen an die Messunsicherheit der verwendeten Messtechnik	1032
10.3.3 Absorptionskühlanlage	993	11.1.4 Anforderungen der Betriebs- und Anlagensicherheit	1034
10.3.4 Raum- und Flüssigkeitskühlung	994	11.1.5 Anforderungen der Wartung und Instandhaltung	1035
- Kühlung von konventionellen Gär- und Lagerkellern	994	11.1.6 Anforderungen an automatische Steuerungen	1035
- Moderne Kälteanlagen	996	11.2 Anlagenplanung	1039
- Flüssigkeitskühlung	998		
10.3.5 Hinweise für den wirtschaftlichen Betrieb der Kälteanlage	999		
10.4 Elektrische Anlagen	1000		
10.4.1 Bezug der elektrischen Energie	1000		
10.4.2 Leistungsfaktor $\cos \varphi$	1001		
10.4.3 Umwandeln des elektrischen Stromes	1004		

11.2.1	Einführung	1039	schläge und Schwingungen	1070
11.2.4	Wichtige Dokumente und Unterlagen der Anlagenplanung	1045	- Entlüftung der Rohrleitungen, Sauerstoffentfernung	1072
	- Allgemeine Hinweise	1045	- Gestaltung von Wärmedämmungen bei Rohrleitungen	1072
	- Das Verfahrensschema	1046	- Gestaltung von Rohrausläufen	1073
	- Das Grundfließbild	1047	- Sicherung der Rohrleitungen gegen Frost und Verstopfungen	1073
	- Das Verfahrensfließbild	1047	- Toträume in Rohrleitungen	1074
	- Das Rohrleitungs- und Instrumenten-Fließbild	1050	- Dampfleitungen	1074
	- Rohrleitungs- und Montagepläne	1052	11.3.7 Hinweise zur Rohrleitungsverschaltung, zum Einsatz von Armaturen und zur Probeentnahme	1076
	- Die Verfahrensbeschreibung	1053	- Allgemeine Hinweise	1076
	- Die Gestaltung von Ausführungsunterlagen	1053	- Die manuelle Verbindungstechnik	1076
11.2.5	Hinweise für die Vertragsgestaltung	1055	- Festverrohrung	1077
11.2.6	Inbetriebnahme und Leistungsfahrt	1056	- Armaturen für Rohrleitungen und Anlagenelemente	1078
11.2.7	Projektabschluss	1057	- Probeentnahmearmaturen	1079
11.2.8	Projektdokumentation	1057	- Armaturenbauformen	1081
11.3	Gestaltung von Anlagen und Anforderungen an die Anlagen	1058	11.3.8 Hinweise zur Gestaltung und zum Betrieb von CIP-Stationen	1084
11.3.1	Allgemeine Hinweise	1058	11.3.9 Hinweise zur Chemikalienlagerung	1085
11.3.2	Voraussetzungen für die Automation moderner Anlagen	1058	11.3.10 Hinweise zur Oberflächenbeschaffenheit von Maschinen und Apparaten	1086
11.3.3	Anforderungen an die Gestaltung von Rohrleitungen und Anlagen im Hinblick auf kontaminationsfreies Arbeiten	1059	Verzeichnis der Inserenten	1090
11.3.4	Anforderungen an die Betriebssicherheit der Anlagen	1059	Alterungsrelevante Substanzen	1091
	- Medientrennung	1059	Messgrößen und Umwandlungen	1092
	- Sicherung der Anlage gegen unzulässige Drücke	1062	Hinweise auf verwendete Zeichnungen und Unterlagen	1099
	- Rohrleitungsverbindungen	1063	Sachwortverzeichnis	1109
	- Verlegung von Rohrleitungen und die Gestaltung von Rohrleitungshalterungen	1066		
	- Die Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen, Druckverluste	1068		
	- Maßnahmen gegen Flüssigkeits-			