

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	83
1.1.2	Anbau der Gerste	41	Brauerei	83
1.1.3	Aufbau des Gerstenkornes	42	1.3.3 Gewinnung des Wassers	85
	- Äußerer Aufbau	42	- Gewinnung von Grundwasser	85
	- Innerer Aufbau	43	- Gewinnung von Quellwasser	86
1.1.4	Zusammensetzung und Eigen- schaften der Bestandteile	45	- Gewinnung von Oberflächenwasser	86
	- Kohlenhydrate	45	- Bedeutung der Eigenwasser- versorgung	86
	- Eiweißstoffe (Proteine)	49	1.3.4 Anforderungen an das Wasser	87
	- Fette (Lipide)	52	- Anforderungen an das Wasser	
	- Mineralstoffe	52	als Trinkwasser	88
	- Sonstige Stoffe	53	- Anforderungen an das Wasser	
1.1.5	Beurteilung der Gerste	57	als Brauwasser	88
	- Handbonitierung	57	- Bedeutung einzelner Ionen	92
	- Physiologische Untersuchungen	60	1.3.5 Verfahren zur Verbesserung des	
			Wassers	93
1.2	Hopfen	61	- Verfahren zur Entfernung von	
1.2.1	Hopfenanbaugebiete	61	Schwebestoffen	93
1.2.2	Ernten, Trocknen und Haltbarmachen des Hopfens	64	- Entfernen von gelösten Stoffen	94
	- Ernte	64	- Verfahren zur Verbesserung der	
	- Trocknen	64	Restalkalität	95
	- Haltbarmachen des Hopfens	65	- Entkeimen des Wassers	97
1.2.3	Aufbau der Hopfendolde	65	- Entgasen des Wassers	98
1.2.4	Zusammensetzung und Eigen- schaften der Bestandteile	66	1.3.6 Möglichkeiten der Wasser- einsparung	100
	- Bitterstoffe oder Hopfenharze	66		
	- Hopfenöl	68	1.4 Hefe	101
	- Gerbstoffe oder Polyphe- nole	69	1.4.1 Aufbau und Zusammensetzung	
	- Eiweißstoffe	71	der Hefezelle	101
1.2.5	Beurteilung des Hopfens	71	1.4.2 Stoffwechsel der Hefezelle	105
	- Handbonitierung des Dolden- hopfens	71	1.4.3 Fortpflanzung und Wachstum	
	- Bitterstoffgehalt	72	von Hefen	106
1.2.6	Hopfensorten	73	1.4.4 Charakterisierung von Bierhefen	108
1.2.7	Hopfenprodukte	74	- Morphologische Merkmale	108
			- Physiologische Unterschiede	109
			- Gärungstechn. Unterschiede	109

- 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 Weichgefäß	153
1.5.5 Weizen	113	2.3.3 Durchführen des Weichens	159
1.5.6 Zucker	114		
1.5.7 Glukosesirup	115	2.4 Keimen der Gerste	161
1.5.8 Zuckerkulör (auch -couleur)	116	2.4.1 Vorgänge beim Keimen	161
		- Wachstumsvorgänge	161
		- Enzytbildung	162
		- Stoffumwandlungen beim Keimen	164
		- Schlussfolgerungen für die	
		Durchführung der Keimung	172
2 Herstellen des Malzes	117		
2.1 Annehmen, Putzen, Sortieren und Fördern der Gerste	118	2.4.2 Keimverfahren	172
2.1.1 Annehmen der Gerste	118	- Tennenmälzerei	172
- Annehmen von Straßen- oder Schienenfahrzeugen	119	- Pneumatisch betriebene Mälzungs-	
- Annehmen von Schiffen	119	systeme	173
2.1.2 Putzen und Sortieren der Gerste	121	- Durchführung der Keimung	184
- Vorreinigen der Gerste	121	- Kontrolle der Keimung	185
- Magnetapparate	122		
- Trockensteinausleser	124	2.5 Darren des Malzes	186
- Entgranner	125	2.5.1 Veränderungen beim Darren	186
- Trier	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 Aroma-	
- Mechanische Fördermittel	131	stoffen	187
- Pneumatische Fördermittel	135		
2.1.4 Anlagen zur Staubentfernung	139	- Bildung von DMS-Vorstufe	
- Zykfone	139	und freiem DMS beim Darren	188
- Staubfilter	139	- Einfluss von Darrttemperatur	
		und -zeit	189
		- Bildung von Nitrosaminen	190
2.2 Trocknen und Lagern der Gerste	142	- Inaktivierung der Enzyme	191
2.2.1 Atmung der Gerste	142		
2.2.2 Trocknen der Gerste	144	2.5.2 Bau der Darre	191
2.2.3 Kühlen der Gerste	145	- Beheizung und Lüftung der Darre	192
2.2.4 Lagern der Gerste	146	- Zweiuhordendarre älterer Bauart	194
- Silolagerung	146	- Darren mit Kipphorde	195
- Lagerung auf Speichern	147	- Plandarren mit Be- und Entlader	196

	- 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. abgedarnten 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	2.10	Unfallschutz in der Mälzerei	221
2.7	Ausbeute beim Mälzen	203	3	Herstellen der Würze	233
2.8	Beurteilen des Malzes	204	3.1	Schroten des Malzes	234
2.8.1	Handbonitierung	204	3.1.1	Vorbehandeln des Malzes	234
2.8.2	Mechanische Untersuchungen	204		- Entstauben und Entsteinen	234
	- Sortierung	204		- Verwiegen der Schüttungsmenge	235
	- Tausendkornmasse	204	3.1.2	Grundlagen des Schrotens	238
	- Hektolitermasse	205	3.1.3	Trockenschrotung	239
	- Schwimmprobe (Sinkerprobe)	205		- Sechswalzenmühlen	239
	- Glasigkeit	205		- Fünfwalzenmühlen	241
	- Mürbigkeit	205		- Vierwalzenmühlen	241
	- Blattkeimentwicklung	205		- Zweiwalzenmühlen	242
	- Keimfähigkeit	205		- Walzen der Schrotmühlen	242
	- Dichte	205		- Konditionierte Trockenschrotung	245
	- Calcofluor-Carlsberg Methode	205		- Schrottrumpf	246
2.8.3	Chem. - techn. Untersuchungen	206		- Hammermühlen	246
	- Wassergehalt	206	3.1.4	Nassschrotung	247
	- Kongressmaischverfahren	206	3.1.5	Weichkonditionierung	249
2.8.4	Malzlieferungsvertrag	210	3.1.6	Feinstzerkleinerung mit Wasser	253
			3.1.7	Beurteilung des Schrottes	255
2.9	Malzsorten und Malze aus anderem Getreide	211	3.2	Maischen	256
2.9.1	Pilsener Malz (helles Malz)	211	3.2.1	Umwandlungen beim Maischen	256
2.9.2	Dunkles Malz (Münchner Art)	211		- Zweck des Maischens	256
2.9.3	Wiener Malz	211		- Eigenschaften der Enzyme	256
2.9.4	Brühmalz/ Melanoidinmalz	212		- Abbau der Stärke	258
2.9.5	Caramelmalz	212			

- 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
- Maischgefäß	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 Malzschorf	287			
3.2.4 Maischverfahren	290	3.4.2	Bau und Beheizung der Würzepfanne	346
- Gesichtspunkte zur Durchführung des Maischens	290		- Braupfanne direkte Beheizung	347
- Infusionsverfahren	293		- Braupfanne Dampfbeheizung	347
- Dekoktionsverfahren	294		- Würzepfannen mit Niederdruckkochung	351
3.2.5 Dauer der Maischverfahren	309		- Hochtemperatur-Würzekochung	362
3.2.6 Kontrolle des Maischens	310		- Energiesparende Würzekochsysteme	363
3.2.7 Maischintensität	310		- Andere moderne Würzekochsysteme	369
3.3 Abläutern	310		- Energieverbrauch beim Würzekochen	383
3.3.1 Hauptguss und Nachgüsse	310		- Brüdenkondensat	384
3.3.2 Glattwasser	311		- Vorlaufgefäß	385
3.3.3 Abläutern mit dem Läuterbottich	313		3.4.3 Durchführung des Würzekochens	385
- Bau Läuterbottich ält. Bauart	314		- Kochen der Würze	385
- Bau Läuterbottich neuer Bauart	317		- Hopfengabe	386
- Arbeitsablauf beim Abläutern mit dem konv. Läuterbottich	322	3.4.4	Kontrolle der Ausschlagwürze	389
3.3.4 Abläutern mit dem Maischefilter	325			
- Konventionelle Maischefilter	325			
- Maischefilter neuer Generation	327			
3.3.5 Treber	335	3.5 Sudhausausbeute		391
- Förderung der Treber	336	3.5.1	Berechnung der Sudhausausbeute	391
- Treberanalyse	336		- Ermittlung der Massenprozente	391
			- Ermittlung d. Masse d. Extraktes	393
3.4 Würzekochen	339		- Umrechnung Volumen heiße	

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

- 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
4.1.5 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Hefe	467	- Herstellen der Verbindung	504
4.1.6 Flockulation der Hefe	469	- Druck beim Anstecken und Entleeren	504
4.1.7 Degeneration der Hefe	469	4.3.9 Ziehen aus konventionellen Tanks	504
4.2 Reinzucht der Hefe	470	- Verschneidbock	504
4.2.1 Grundlagen der Hefevermehrung	470	- Druckregler	505
4.2.3 Herführung im Labor	472	- Gewinnen des Hefebieres	505
4.2.4 Hefeführerführung im Betrieb	474	- Tiefkühlen des Bieres	505
- Hefereinzuchtanlagen	474	- Vor- und Nachlauf	506
- Eintank-Reinzuchtverfahren	480	4.4 Gärung und Reifung in zylindrischen Tanks (ZKT)	506
- Offene Hefeführerführung	481	4.4.1 Bau und Aufstellung von ZKT	506
4.3 Klassische Gärung und Reifung	483	- Bau, Form und Material der ZKT	506
4.3.1 Gärbottiche – Einrichtung des offenen Gärkellers	483	- Größenordnung der ZKT	507
		- Aufstellung u. Anordnung ZKT	509
		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			
	- Kalte Hauptgärung mit programmiertter Reifung	535	4.6.2	Haltbarmachen des Bieres	586
	- Warme Hauptgärung mit normaler oder forciertter Reifung	536		Biologische Haltbarmachung	
4.4.4	Hefeernte aus dem ZKT	536		des Bieres	587
	- Zeitpunkt der Hefeernte	536		- Pasteurisation	588
	- Methoden der Hefeernte	538		- Kurzzeiterhitzung (KZE)	588
	- Behandeln und Aufbewahren der Erntehefe	538		- Heißabfüllung von Bier	591
	- Kontrolle der Erntehefe	540		- Pasteurisation im Tunnelpasteur	591
4.4.5	Bierqualität vor der Filtration	541		- Kaltaseptische Behandlung	591
4.4.6	Rückgewinnung von Bier aus Überschusshefe	541		Kolloidale Stabilisierung	593
	- Trennung durch Sedimentation oder Filtration	542		- Charakter der kolloiden Trübungen	593
	- Separation der Hefe	542	4.6.3	- Verbesserung der kolloiden Haltbarkeit des Bieres	594
	- Bierrückgewinnung mittels Dekanter	543		- Technologische Maßnahmen zur Verbesserung der koll. Haltbarkeit	594
	- Membranfiltration der Hefe	544	4.6.4	- Zusatz von Stabilisierungsmitteln	595
	- Vibrations-Mikrofiltration (VMF)	544		- Zudosierung von Hopfen-Downstream-Produkten	603
	- Aufbereitung and. Prozessbiere	546		Filtrationsanlage	603
4.4.7	CO ₂ -Rückgewinnung	546	4.7	Geschmackliche Stabilität	606
4.4.8	Immobilisierte Hefen	548		- Alterungsprozess	606
			4.8	- Förderung d. Geschmacksstabilität	608
4.5	Filtrieren des Bieres	549		- Vermeidung des O ₂ -Eintrages	609
4.5.1	Möglichkeiten der Filtration	549	4.8.1	- Maßnahmen zur Vermeidung negativer Einflüsse b. d. Abfüllung	610
				High-Gravity-Brewing	614

4.8.2	Eisbierherstellung	616	- Abräumen von Neuglasflaschen	670
4.8.3	Verfahren zur Entfernung des Alkohols	618	und Dosen 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 Alkohol- bildung	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 Gärungs- kohlensäure	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
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
			- Abräumen von Neuglasflaschen	731

5.2.2	Rinsen (Spülen)	731	5.5.9	Inspektion der gefüllten Dosen	792
			5.5.10	Pasteurisieren der Dosen	792
5.3	Abfüllen in PET-Flaschen	732	5.5.11	Rundumetikettierung von Dosen	793
5.3.1	PET-Flaschen	732	5.5.12	Datieren der Dosen	795
	- Struktureigenschaften von PET	733	5.6	Abfüllen in Fässer, Kegs, Partyfässer und Großdosen	795
	- Barriereeigenschaften von PET	733	5.6.1	Holzfässer und Fassabfüllung	795
	- Barrieretechnologien	734	5.6.2	Kegs und Fittings	798
	- Bedeutung der Scavanger	736		- Material, Form und Größe	798
5.3.2	Herstellen der PET-Flaschen	737		- Kegarmaturen (Fittings)	799
	- Herstellen der Preforms	737	5.6.3	Reinigen und Befüllen der Kegs	802
	- Kontrolle der hergestellten PET-Flaschen	740		- Reinigen der Kegs	802
	- Rinsen der Neuflaschen	741		- Befüllen der Kegs	804
5.3.3	Transportieren der PET-Flaschen	741	5.6.4	Keg-Gesamtanlagen	804
5.3.4	Befüllen der PET-Flaschen	742	5.6.5	Befüllen von Klein- und Partyfässern	805
5.3.5	Verschließen der PET-Flaschen	753	5.6.6	Befüllen von Großdosen	806
	- Kunststoff-Schraubverschlüsse	753	5.7	Transportieren und Verpacken	806
	- Aluminium-Anrollverschlüsse	756	5.7.1	Transportgebinde	807
5.3.6	Etikettieren von PET-Flaschen	758	5.7.2	Behandlung der Kunststoffkästen	808
				- Aussortieren fremder und beschädigter Kästen und Flaschen	809
5.4	Abfüllen in Kunststoffflaschen im Mehrweg	760		- Aussortieren fremder und bes	809
5.4.1	PEN	760		- Waschen der Kästen	810
5.4.2	Reinigung von Mehrweg-Kunststoffflaschen	760		- Kastenmagazin	811
5.4.3	Fremdstoffinspektion	762	5.7.3	Transporttechnik	811
				- Flaschen- und Dosentransport	812
5.5	Abfüllen in Dosen	765	5.7.4	- Gebindetransport	816
5.5.1	Dosen und Dosenverschlüsse	765		Verpackungstechnik	817
5.5.2	Einlagern, Entpalettieren und Abschließen der Leerdosen	769		- Packkopf und Packtulpen	817
5.5.3	Inspektion der Leerdosen	771		- Packerarten	820
5.5.4	Rinsen der Dosen	771	5.7.5	Palettier- und Entpalettier-	826
5.5.5	Befüllen der Dosen	772		einrichtungen	827
	- Mechanische Dosenfüller	777		- Robotertechnik	827
	- Dosenfüller mit volumetrischer Füllung	777		- Bau und Funktion der Palettier-	
				und Entpalettierereinrichtungen	827
5.5.6	Verschließen der Dosen	787		- Stapelanlagen für Vollgutpaletten	830
5.5.7	Reinigung des Dosenfüllers und Verschließers	789		- Transportanlagen für Paletten	830
5.5.8	Widgets	790		- 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
		7.1.2	Bier und Gesundheit	869
5.8 Gesamt-Abfüllanlagen	832			
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	7.2.2	- Rezenz	874
			- Bittere des Bieres	875
			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
			- Altbier	888
			- Kölsch	888
			- Ale	889
			- Stout	890
			- Porter	890
			- Belgische Biersorten	890
6.2 Reinigungsmittel		7.3.2	Untergärige Biersorten	892
6.3 Desinfektionsmittel			- Biere nach Pilsner Typ	892
6.4 Durchführung der Reinigung und Desinfektion im CIP	854		- Lagerbiere/Vollbiere	893
			- Export	894
			- Schwarzbieren	894
6.5 Reinigungsvorgang	861		- Festbiere	894
6.6 Mechanische Reinigung	863		- Eisbier	894
6.7 Kontrolle der Reinigung und Desinfektion	864		- Märzen	895
			- Bockbier	895
			- Doppelbock	895
			- Alkoholfreies Bier	896
			- Diätbier	896
			- Leichtbier (Light)	898
6.8 Arbeitsschutz bei der Reinigung und Desinfektion	864		- 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
		9.1	Umweltrecht	949
7.4 Qualitätsprüfung	905			
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			
- Bestimmung der Bierfarbe	917	9.2.3	Abwasserbehandlung	954
- Bestimmung des pH-Wertes	917		- Aerobe Abwasserbehandlungsanlagen	954
- Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Bier	918		- Anaerobe Abwasserbehandlungsanlagen	955
- Bestimmung des Diacetylgehaltes	919		- Menge und Zusammensetzung des Brauereiabwassers	956
- Bestimmung der Schaumhaltbarkeit	919		- Abwasserbehandlung mit Misch- und Ausgleichsbecken	957
- Bestimmung des CO ₂ -Gehaltes	920			
- Bestimmung der Bittereinheiten	921			
- Bestimmung der Trübungsneigung	921			
- Filtrierbarkeit des Bieres	922	9.3	Reststoffe und Abfälle	958
- Weitere Untersuchungen	922	9.3.1	Malz- und Hopfentreber	959
		9.3.2	Trub	961
7.5 Prozessmess- und Analysentechnik	923	9.3.3	Abfallhefe	961
7.5.1 Temperaturmessgeräte	923	9.3.4	Kieselgurschlamm	961
7.5.2 Durchflussmessgeräte	923	9.3.5	Altetiketten	962
7.5.3 Füllstandsmessgeräte	924	9.3.6	Glasbruch	962
7.5.4 Dichtemessgeräte	926	9.3.7	Bierdosen	963
7.5.5 Optische Online-Messtechnik	927	9.3.8	Kleine Abfallmengen	963
7.5.6 Sauerstoffmessgeräte	928	9.4	Emissionen	963
7.5.7 pH-Wert-Messgeräte	928	9.4.1	Staub und Staubemissionen	963
7.5.8 Leitfähigkeitsmessgeräte	929	9.4.2	Emissionen aus dem Sudhaus	964
7.5.9 Grenzwertsonden	929	9.4.3	Rauchgasemissionen	964
7.5.10 Druckmessgeräte	929			
		9.5	Recyceln von PET-Flaschen	964
8 Kleine Brauer	935			
8.1 Gaststättenbrauer (Pub-Brauer)	935	10	Energiewirtschaft in der Brauerei und Mälzerei	967
8.2 Mikrobrauer	942	10.1	Energiebedarf bei der Malz-	

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		
10.2.2 Dampf	969	10.5 Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren	1006
- Verdampfungswärme	970	10.5.1 Pumpen	1006
- Heißwasser	971	- Kreiselpumpen	1007
10.2.3 Dampfkessel	972	- Verdrängerpumpen	1010
- Einteilung der Dampfkessel	972	- Dimensionierung von Pumpen	1015
- Bauarten von Dampfkesseln	972	- Drehzahlregelung von Pumpen	1016
- Dreizugkessel	973	- Gleitringdichtung	1017
- Energierückgewinnung und Wirkungsgradverbesserung	975	10.5.2 Ventilatoren	1018
10.2.4 Dampfkraftmaschinen	977	- Axiallüfter oder Ventilatoren	1018
10.2.5 Blockheizkraftwerke (BHKW)	977	- Radiallüfter	1018
10.3 Kälteanlagen	979	10.5.3 Druckluftanlagen	1018
10.3.1 Kältemittel und Kälteträger	979	- Druckluftverdichter	1020
- Kälteträger	980	- Lufttrockner	1024
- Wirkungsprinzip bei der Kälteerzeugung	980	- Druckbehälter	1026
10.3.2 Kompressionskälteanlagen	986	- Druckleitungsnetz	1026
- Arbeitsprinzip	986	- Luftfilter	1026
- Verdampfer	987		
- Kompressor (Verdichter)	988	10.6 Der Energiebedarf wächst	1027
- Kondensator (Verflüssiger)	991		
- Regelventil	992	11 Automation und Anlagen- planung	1031
10.3.3 Absorptionskühl anlage	993	11.1 Hinweise zum Einsatz der Mess-, Steuer- und Regeltechnik	1031
10.3.4 Raum- und Flüssigkeitskühlung	994	11.1.1 Allgemeine Hinweise	1031
- Kühlung von konventionellen Gär- und Lagerkellern	994	11.1.2 Anforderungen an die Mess- unsicherheit der verwendeten	
- Moderne Kälteanlagen	996	Messtechnik	1032
- Flüssigkeitskühlung	998	11.1.4 Anforderungen der Betriebs- und Anlagensicherheit	1034
10.3.5 Hinweise für den wirtschaftlichen Betrieb der Kälteanlage	999	11.1.5 Anforderungen der Wartung und Instandhaltung	1035
10.4 Elektrische Anlagen	1000	11.1.6 Anforderungen an automatische Steuerungen	1035
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 Anlagenplanung	1039

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		
	- Die Verfahrensbeschreibung	1053		
	- Die Gestaltung von Ausführungsunterlagen	1053		
11.2.5	Hinweise für die Vertragsgestaltung	1055	11.3.7 Hinweise zur Rohrleitungsverschaltung, zum Einsatz von Armaturen und zur Probeentnahme	1076
11.2.6	Inbetriebnahme und Leistungsfahrt	1056	- Allgemeine Hinweise	1076
11.2.7	Projektabchluss	1057	- Die manuelle Verbindungs-technik	1076
11.2.8	Projektdokumentation	1057	- Festverrohrung	1077
11.3	Gestaltung von Anlagen und Anforderungen an die Anlagen	1058	- Armaturen für Rohrleitungen und Anlagenelemente	1078
11.3.1	Allgemeine Hinweise	1058	- Probeentnahmearmaturen	1079
11.3.2	Voraussetzungen für die Automation moderner Anlagen	1058	- Armaturenbauformen	1081
11.3.3	Anforderungen an die Gestaltung von Rohrleitungen und Anlagen im Hinblick auf kontaminations-freies Arbeiten	1059	11.3.8 Hinweise zur Gestaltung und zum Betrieb von CIP-Stationen	1084
11.3.4	Anforderungen an die Betriebssicherheit der Anlagen	1059	11.3.9 Hinweise zur Chemikalien-lagerung	1085
	- Medientrennung	1059	11.3.10 Hinweise zur Oberflächen-beschaffenheit von Maschinen und Apparaten	1086
	- Sicherung der Anlage gegen unzulässige Drücke	1062		
	- Rohrleitungsverbindungen	1063		
	- Verlegung von Rohrleitungen und die Gestaltung von Rohrleitungshalterungen	1066		
	- Die Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen, Druckverluste	1068		
	- Maßnahmen gegen Flüssigkeits-			