

Gliederung

1	Rohstoffe	37	1.2.7	Hopfenprodukte	73
1.1	Gerste	37		- Hopfenpellets	73
1.1.1	Gerstenformen und Sorten	37		- Hopfenextrakte	76
	- Gerstenformen	38			
	- Gerstensorten	38	1.3	Wasser	81
1.1.2	Anbau der Gerste	39	1.3.1	Kreislauf des Wassers	82
1.1.3	Aufbau des Gerstenkornes	41	1.3.2	Frischwasserverbrauch in der	
	- Äußerer Aufbau	41		Brauerei	83
	- Innerer Aufbau	42	1.3.3	Gewinnung des Wassers	84
1.1.4	Zusammensetzung und			- Gewinnung von Grundwasser	84
	Eigenschaften der Bestandteile	44		- Gewinnung von Quellwasser	85
	- Kohlenhydrate	44		- Gewinnung von Oberflächen-	
	- Eiweißstoffe (Proteine)	48		wasser	86
	- Fette (Lipide)	51		- Bedeutung der Eigenwasser-	
	- Mineralstoffe	52		versorgung	87
	- Sonstige Stoffe	53	1.3.4	Anforderungen an das Wasser	87
1.1.5	Beurteilung der Gerste	56		- Anforderungen an das Wasser	
	- Handbonitierung	56		als Trinkwasser	87
	- Mechanische und chemische			- Anforderungen an das Wasser	
	Untersuchungen	58		als Brauwasser	88
	- Physiologische Untersuchungen	60		- Bedeutung einzelner Ionen	92
			1.3.5	Verfahren zur Verbesserung	
1.2	Hopfen	60		des Wassers	92
1.2.1	Hopfenanbaugebiete	61		- Verfahren zur Entfernung von	
1.2.2	Ernten, Trocknen und Haltbar-			Schwebestoffen	92
	machen des Hopfens	63		- Verfahren zur Verbesserung der	
	- Ernte	63		Restalkalität	94
	- Trocknen	63		- Entkeimen des Wassers	97
	- Haltbarmachen des Hopfens	64		- Entgasen des Wassers	99
1.2.3	Aufbau der Hopfendolde	64	1.3.6	Möglichkeiten der Wasser-	
1.2.4	Zusammensetzung und			einsparung	102
	Eigenschaften der Bestandteile	64	1.4	Hefe	102
	- Bitterstoffe oder Hopfenharze	65	1.4.1	Aufbau und Zusammensetzung	
	- Hopfenöl	67		der Hefezelle	103
	- Gerbstoffe oder Polyphenole	68	1.4.2	Stoffwechsel der Hefezelle	107
	- Eiweißstoffe	69	1.4.3	Fortpflanzung und Wachstum	
1.2.5	Beurteilung des Hopfens	69		von Hefen	108
	- Handbonitierung des Dolden-		1.4.4	Charakterisierung von Bierhefen	109
	hopfens	69		- Morphologische Merkmale	110
	- Bitterstoffgehalt	71		- Physiologische Unterschiede	110
1.2.6	Hopfensorten	71			

- Gärungstechnologische Unterschiede	110	2.3	Weichen der Gerste	148
- Systematische Einordnung	111	2.3.1	Vorgänge beim Weichen	148
			- Wasseraufnahme	148
			- Versorgung mit Sauerstoff	151
			- Reinigung	151
1.5 Rohfrucht	111	2.3.2	Weichgefäße	152
1.5.1 Mais	112	2.3.3	Durchführen des Weichens	158
1.5.2 Reis	113			
1.5.3 Gerste	114	2.4	Keimen der Gerste	159
1.5.4 Sorghum-Hirse	114	2.4.1	Vorgänge beim Keimen	160
1.5.5 Weizen	115		- Wachstumsvorgänge	160
1.5.6 Zucker	115		- Enzymbildung	161
1.5.7 Glucosesirup	117		- Schlussfolgerungen für die	
1.5.8 Zuckerkulör (auch -couleur)	117		Durchführung der Keimung	171
2 Herstellen des Malzes	119	2.4.2	Keimverfahren	171
2.1 Annehmen, Putzen, Sortieren und Fördern der Gerste	119		- Tennenmälzerei	171
2.1.1 Annehmen der Gerste	120		- Pneumatisch betriebene Mälzungssysteme	172
- Annehmen von Straßen- oder Schienenfahrzeugen	120		- Durchführung der Keimung	183
- Annehmen von Schiffen	121		- Kontrolle der Keimung	184
2.1.2 Putzen und Sortieren der Gerste	122	2.5	Darren des Malzes	185
- Vorreinigen der Gerste	122	2.5.1	Veränderungen beim Darren	185
- Magnetapparate	124		- Senkung des Wassergehaltes	185
- Trockensteinausleser	124		- Unterbrechung der Keimung und Auflösung	186
- Entgranner	125		- Bildung von Farb- und Aromastoffen (Maillard-Reaktion)	186
- Trieur	126		- Bildung von DMS-Vorstufe und freiem DMS beim Darren	187
- Sortieren der Gerste	127		- Einfluss von Darretemperatur und -zeit	188
2.1.3 Fördern von Gerste und Malz	131		- Bildung von Nitrosaminen	189
- Mechanische Fördermittel	131		- Inaktivierung der Enzyme	190
- Pneumatische Fördermittel	135	2.5.2	Bau der Darre	190
2.1.4 Anlagen zur Staubentfernung	138		- Beheizung und Lüftung der Darre	191
- Zyklone	138		- Zweiordendarre älterer Bauart	193
- Staubfilter	138		- Darren mit Kipphorde	194
			- Plandarren mit Be- und Entlader	195
			- Vertikaldarren	196
2.2 Trocknen und Lagern der Gerste	141	2.5.3	Durchführung des Darrens	197
2.2.1 Atmung der Gerste	141		- Herstellung von Pilsner Malz	198
2.2.2 Trocknen der Gerste	143		- Herstellung von Münchner Malz	199
2.2.3 Kühlen der Gerste	143			
2.2.4 Lagern der Gerste	144			
- Silolagerung	144			
- Lagerung auf Speichern	145			
- Schädlingsbefall	146			

- Darre abräumen	199	2.9.10	Röstmalz	213
- Kontrolle der Darrarbeit	200	2.9.11	Röstmalzbier	213
2.6	Behandlung des Malzes nach dem	2.9.12	Weizenmalz	214
	Darren	2.9.13	Malzextrakt	215
2.6.1	Abkühlen des abgedarrten Malzes	2.9.14	Malz aus anderem Brotgetreide . .	216
2.6.2	Putzen des Malzes	2.9.15	Sorghum-Malz	217
2.6.3	Lagern des Malzes	2.9.16	Einsatz von Malztypen für	
2.6.4	Polieren des Malzes		verschiedene Biersorten	218
		2.10	Unfallschutz in der Mälzerei . . .	220
2.7	Ausbeute beim Mälzen	3	Herstellen der Würze	227
2.8	Beurteilen des Malzes	3.1	Schroten des Malzes	228
2.8.1	Handbonitierung	3.1.1	Vorbehandeln des Malzes	228
2.8.2	Mechanische Untersuchungen . .		- Entstauben und Entsteinen	
	- Sortierung		des Malzes	228
	- Tausendkornmasse		- Verwiegen der Schüttungs-	
	- Hektolitermasse		menge	229
	- Schwimmprobe (Sinkerprobe) . .	3.1.2	Grundlagen des Schrotens	232
	- Glasigkeit	3.1.3	Trockenschrotung	233
	- Mürbigkeit		- Sechswalzenmühlen	233
	- Blattkeimentwicklung		- Fünfwalzenmühlen	235
	- Keimfähigkeit		- Vierwalzenmühlen	235
	- Dichte		- Zweiwalzenmühlen	236
	- Calcofluor-Carlsberg Methode		- Walzen der Schrotmühlen	236
	(Kornschleifmethode)		- Konditionierte Trockenschrotung	239
2.8.3	Chemisch-technische		- Schrotrumpf	239
	Untersuchungen	3.1.4	- Hammermühlen	240
	- Wassergehalt	3.1.5	Nassschrotung	241
	- Kongressmaischverfahren	3.1.6	Weichkonditionierung	243
2.8.4	Malzlieferungsvertrag	3.1.7	Feinstzerkleinerung mit Wasser . .	246
			Beurteilung des Schrotes	248
2.9	Malzsorten und Malze	3.2	Maischen	250
	aus anderem Getreide	3.2.1	Umwandlungen beim Maischen .	250
2.9.1	Pilsener Malz (helles Malz)		- Zweck des Maischens	250
2.9.2	Dunkles Malz (Münchner Art) . .		- Eigenschaften der Enzyme	250
2.9.3	Wiener Malz		- Abbau der Stärke	252
2.9.4	Brühmalz/ Melanoidinmalz		- Abbau des β -Glucans	258
2.9.5	Caramelmalz		- Abbau von Eiweißstoffen	262
2.9.6	Sauermalz		- Umwandlungen von Fettsäuren	
2.9.7	Kurz- und Spitzmalz		(Lipiden)	264
2.9.8	Rauchmalz		- Weitere Abbau- und Lösungs-	
2.9.9	Diastasemalz		vorgänge	266

	- Biologische Säuerung	267		- Ausscheidung von Eiweiß	336
	- Zusammensetzung des Extraktes .	272		- Verdampfung von Wasser	337
	- Schlussfolgerungen für die Durchführung des Maischens . .	273		- Sterilisierung der Würze	338
3.2.2	Gefäße zum Maischen	274		- Zerstörung aller Enzyme	338
	- Maischgefäße	274		- Thermische Belastung der Würze .	338
3.2.3	Einmaischen	280		- pH-Wertabsenkung in der Würze .	339
	- Gussführung	280		- Bildung von reduzierenden Stoffen (Reduktonen)	339
	- Einmischtemperatur	281		- Ausdampfen flüchtiger Aromastoffe	339
	- Vermischung von Wasser und Malzschrot	282		- Zinkgehalt der Würze	342
3.2.4	Maischverfahren	285		- Pfannevollwürze	342
	- Gesichtspunkte zur Durchführung des Maischens	285	3.4.2	Bau und Beheizung der Würze- pfanne	343
	- Infusionsverfahren	288	3.4.2.1	Braupfanne mit direkter Beheizung	343
	- Dekoktionsverfahren	290		- Braupfanne mit Dampf- beheizung	343
3.2.5	Dauer der Maischverfahren	305		- Würzepfannen mit Niederdruckkochung	347
3.2.6	Kontrolle des Maischens	306		- Hochtemperatur-Würzekochung .	358
3.2.7	Maischintensität	306		- Energiesparende Würzekoch- systeme	358
3.3	Abläutern	306		- Moderne Würzekochsysteme . .	364
3.3.1	Hauptguss und Nachgüsse	306		- Energieverbrauch beim Würzekochen	379
3.3.2	Glattwasser	308		- Brüdenkondensatkühler	384
3.3.3	Abläutern mit dem Läuterbottich .	309		- Vorlaufgefäß	384
	- Bau des Läuterbottichs (ältere Bauart)	309	3.4.3	Durchführung des Würzekochens .	384
	- Bau der Läuterbottiche neuer Bauart	311		- Kochen der Würze	385
	- Arbeitsablauf beim Abläutern mit dem konventionellen Läuterbottich	316	3.4.4	Kontrolle der Ausschlagwürze . . .	389
3.3.4	Abläutern mit dem Maischefilter . .	319	3.5	Sudhausausbeute	390
	- Konventionelle Maischefilter . . .	319	3.5.1	Berechnung der Sudhausausbeute .	391
	- Maischefilter der neuen Generation	320		- Ermittlung der Masseprozente . .	391
3.3.5	Treber	331		- Ermittlung der Masse des Extraktes	392
	- Förderung der Treber	331		- Umrechnung des Volumens der heißen Ausschlagwürze in das der kalten Würze	396
	- Treberanalyse	332		- Berechnung der im Sudhaus gewonnenen Extraktmenge	397
3.4	Würzekochen	334		- Ermittlung der Sudhausausbeute .	397
3.4.1	Vorgänge beim Würzekochen . . .	334			
3.4.1.1	Lösung und Umwandlung der Hopfenbestandteile	335			

3.5.2	Beeinflussung der Sudhaus- ausbeute	397		des Kühltrubes	417
3.5.3	Berechnung einer Sudhaus- ausbeute	398		- Belüftung der Würze	418
3.5.3	Bewertung der Sudhausausbeute	399	3.9.2	- Veränderungen in der Konzentration der Würze	418
3.6	Sudhauseinrichtung	399		Geräte zum Kühlen der Würze	419
3.6.1	Anzahl und Aufstellung der Gefäße	399		- Aufbau des Plattenwärme- übertragers	419
3.6.2	Gefäßgröße	400		- Wirkungsweise des Plattenwärme- übertragers	420
3.6.3	Gefäßmaterial	400		- Vorteile des Plattenwärme- übertragers	423
3.6.4	Produktionskapazität des Sudhauses	401	3.9.3	Grundlagen und Durchführung der Würzebelüftung	423
3.6.5	Sudwerke besonderer Art	402		Verfahren zur Würzebelüftung	424
	- Sudwerke von Gasthaus- brauereien	402		- Zeitpunkt der Hefebelüftung	425
	- Integral-Sudwerk	402	3.9.4	Geräte zum Entfernen des Kühltrubes	426
	- Versuchs- und Lehrsudwerke	403		- Kieselgurfilter	426
3.7	Ausschlagen	404		- Flotation	426
3.8	Entfernen des Heißtrubes	404		- Separation der kalten Würze	427
3.8.1	Kühlschiff	405	3.9.5	Würzekühllinien	428
3.8.2	Setzbottich	405	3.10	Kontinuierliche Würzeherstellung	428
3.8.3	Whirlpool	406	3.11	Steuerung und Kontrolle der Vor- gänge bei der Würzeherstellung	430
	- Wirkungsprinzip des Whirlpools	406	3.12	Arbeitssicherheit bei der Würzeherstellung	433
	- Bau des Whirlpools	407	3.12.1	Unfallverhütung im Bereich der Mühle	433
	- Durchführung der Würzeklärung im Whirlpool	408	3.12.2	Unfallverhütung bei Arbeiten in Sudgefäßen	433
	- Klärung mittels Clarisaver	410	3.12.3	Unfallverhütung bei der Arbeit mit Separatoren	434
3.8.4	Separatoren	411	4	Herstellen des Bieres	443
	- Prinzip der Zentrifugation	411	4.1	Umwandlungen beim Gären und Reifen	443
	- Arten von Zentrifugal-Separatoren (Zentrifugen)	413	4.1.1	Hefe als wichtigster Partner des Brauers	443
	- Bau und Arbeitsweise von selbstaustragenden Separatoren	413	4.1.2	Stoffwechsel der Hefe	446
	- Einschätzung der Heißwürze- separation	415		- Vergären des Zuckers	446
3.8.5	Gewinnung der Trubwürze	416			
3.9	Kühlen und Klären der Würze	417			
3.9.1	Vorgänge beim Kühlen	417			
	- Abkühlung der Würze	417			
	- Bildung und optimale Entfernung				

	- Eiweißstoffwechsel	451		- Eintank-Reinzuchtverfahren	482
	- Fettstoffwechsel	453		- Offene Hefeherführung	483
	- Kohlenhydratstoffwechsel	453			
	- Mineralstoffwechsel	455	4.3	Klassische Gärung und Reifung	485
4.1.3	Bildung und Abbau von Gärungs- nebenprodukten	456	4.3.1	Gärbottiche – Einrichtung des offenen Gärkellers	485
	- Diacetyl (vicinale Diketone)	457		- Gärbottiche	485
	- Aldehyde (Carbonyle)	460		- Einrichtung des offenen Gärkellers	486
	- Höhere Alkohole	461	4.3.2	Gärkellerausbeute	488
	- Ester	461	4.3.3	Durchführung der offenen Hauptgärung	489
	- Schwefelverbindungen	462		- Anstellen	489
	- Organische Säuren	464		- Gärführung im Gärbottich	492
	- Beurteilungskriterien der Aromastoffe im Bier (nach Miedaner)	464		- Vergärungsgrad	493
4.1.4	Weitere Vorgänge und Umwandlungen	466		- Schlauchen aus dem Bottich	497
	- Veränderungen der Zusammensetzung der Eiweißstoffe	466	4.3.4	Hefeernte im Bottich	499
	- Senkung des pH-Wertes	467	4.3.5	Vorgänge bei der Reifung des Bieres in konventionellen Tanks	500
	- Veränderung der Redoxverhältnisse im Bier	467		- Sättigen des Bieres mit Kohlen- dioxid unter Überdruck	500
	- Veränderung in der Farbe des Bieres	468		- Klären des Bieres	501
	- Ausscheidung von Bitterstoffen und Gerbstoffen	468	4.3.6	Einrichtung des konventionellen Lagerkellers	501
	- CO ₂ -Gehalt des Bieres	468		- Einrichtung des Lagerkellers	501
	- Klärung und kolloidale Stabilisierung des Bieres	468		- Lagertanks	502
4.1.5	Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Hefe	469	4.3.7	Durchführung der Lagerung in konventionellen Tanks	504
4.1.6	Flockulation der Hefe (Bruchbildung)	471		- Schlauchen	504
4.1.7	Degeneration der Hefe	472		- Spunden	504
4.1.8	Physiologischer Zustand der Hefe	472	4.3.8	Anstecken	506
				- Herstellen der Verbindung	506
				- Druck beim Anstecken und Entleeren	506
4.2	Reinzucht der Hefe	473	4.3.9	Ziehen aus konventionellen Tanks	507
4.2.1	Grundlagen der Hefevermehrung	473		- Verschneidbock	507
4.2.2	Gewinnung von geeigneten Hefezellen	475		- Druckregler	507
4.2.3	Herführung im Labor	475		- Gewinnen des Hefebieres	507
4.2.4	Hefeherführung im Betrieb	476		- Tiefkühlen des Bieres	508
	- Hefereinzuchtanlagen	476		- Vor- und Nachlauf	508
	- Assimilationsverfahren	480	4.4	Gärung und Reifung in zylindronischen Tanks (ZKT)	508

4.4.1	Bau und Aufstellung von zylindrokonischen Tanks	508	- Membranfiltration der Hefe	548
	- Bau, Form und Material der ZKT	508	- Aufbereitung des Bieres aus Überschusshefe (Hefebier)	548
	- Größenordnung der ZKT	509	4.4.7 CO ₂ -Rückgewinnung	550
	- Aufstellung und Anordnung der ZKT	512	4.4.8 Immobilisierte Hefen	552
4.4.2	Ausrüstung der zylindrokonischen Tanks	513	4.5 Filtrieren des Bieres	553
4.4.2.1	Kontroll- und Bedienelemente und Sicherheitsarmaturen	513	4.5.1 Möglichkeiten der Filtration	554
	- Kühlen der ZKT	522	- Abscheidemechanismen	554
	- Möglichkeiten zur Steuerung und Automatisierung der Kühlung	529	- Filtermittel	555
4.4.3	Durchführung der Gärung und Reifung in ZKT	530	- Filterhilfsmittel	556
	- Besondere Gesichtspunkte für die Gärung und Reifung in ZKT	533	4.5.2 Bauformen von Filtern	560
	- Kalte Gärung – kalte Reifung	536	- Massefilter	560
	- Kalte Gärung mit gezielter Reifung im ZKT	538	- Anschwemmfilter	561
	- Drucklose warme Gärung – kalte Reifung	538	- Schichtenfilter (Rahmenfilter)	576
	- Druckgärung	538	- Membranfilter	577
	- Kalte Gärung – warme Reifung	539	- Multi-Micro-System	579
	- Kalte Hauptgärung mit programmierter Reifung	540	- Filtrationsbereiche	579
	- Warme Hauptgärung mit normaler oder forcierter Reifung	540	- Kieselgurfreie Bierfiltration	580
4.4.4	Hefeernte aus dem ZKT	540	4.6 Haltbarmachen des Bieres	589
	- Zeitpunkt der Hefeernte	541	4.6.1 Biologische Haltbarmachung	589
	- Methoden der Hefeernte	542	- Pasteurisation	590
	- Behandeln und Aufbewahren der Erntehefe	543	- Kurzzeiterhitzung (KZE)	591
	- Kontrolle der Erntehefe	544	- Heißabfüllung von Bier	593
4.4.5	Bierqualität vor der Filtration	545	- Pasteurisation im Tunnelpasteur	593
4.4.6	Rückgewinnung von Bier aus Überschusshefe (Gelägebier, Hefebier)	546	- Kaltaseptische Behandlung des Bieres	594
	- Trennung durch Sedimentation oder Filtration	546	4.6.2 Kolloidale Stabilisierung des Bieres	595
	- Separation der Hefe	546	- Charakter der kolloiden Trübungen	595
	- Bierrückgewinnung mittels Dekanter	547	- Verbesserung der kolloiden Haltbarkeit des Bieres	596
			- Technologische Maßnahmen zur Verbesserung der kolloiden Haltbarkeit	597
			- Zusatz von Stabilisierungsmitteln	598
			- Best-Filtrations-System BeFiS	605
		4.6.3 Filtrationsanlage	606	
		4.6.4 Geschmackliche Stabilität	609	
			- Alterungsprozess	610
			- Faktoren zur Förderung der Geschmacksstabilität	611

- Maßnahmen zur Vermeidung des Sauerstoffeintrages auf dem Filtrations- und Abfüllwege	613	5.1.2	- Verfahrensschritte bei der Abfüllung von Mehrweg-Glasflaschen	647
- Maßnahmen zur Vermeidung negativer Einflüsse auf die geschmackliche Stabilität nach der Abfüllung	614		Reinigen von Mehrweg-Glasflaschen	647
4.7	Karbonisieren des Bieres	616	- Einwirkungsfaktoren bei der Flaschenreinigung	647
4.8	Besondere Verfahren zur Bierherstellung	617	- Flaschenreinigungsmaschinen	648
4.8.1	High Gravity Brewing	617	- Reinigungslauge	665
4.8.2	Eisbierherstellung	620	- Reinigungs- und Wartungsarbeiten an der Flaschenreinigungs- maschine	670
4.8.3	Verfahren zur Entfernung des Alkohols	622	- Abräumen von Neuglasflaschen und Dosen	671
	- Membrantrennverfahren	622	5.1.3	Kontrolle der gereinigten Mehrweg-Glasflaschen
	- Thermische Verfahren/Destillation	626	5.1.4	Befüllen von Flaschen
	- Unterdrückung der Alkoholbildung	630		- Grundsätze beim Abfüllen
4.9	Unfallschutz bei der Gärung, Reifung und Filtration	633		- Prinzipieller Aufbau von Flaschenfüll- maschinen
4.9.1	Unfallgefahren durch Gärungskohlensäure	633		- Wesentliche Baugruppen der Flaschenfüllmaschinen
4.9.2	Arbeit im Druckbehältern	634		- Bau und Funktionsweise der Füllorgane
4.9.3	Arbeiten mit Kieselgur	635		- Hochdruckeinspritzung
4.9.4	Generelle Hinweise zum Unfallschutz	636	5.1.5	Verschließen der Flaschen
5	Abfüllen des Bieres	643		- Verschließen mittels Kronen- korken
5.1	Abfüllen in Mehrweg-Glasflaschen	643		- Verschließen mit Bügel- verschluss
5.1.1	Mehrweg-Glasflaschen	643	5.1.6	Reinigen des Füllers und Verschließers
	- Vor- und Nachteile von Glas- flaschen	643	5.1.7	Kontrolle der befüllten und verschlossenen Flaschen
	- Herstellen der Glasflaschen	643		- Füllhöhenkontrolle
	- Flaschenformen	643		- Sauerstoff im Flaschenhals
	- Flaschenfarbe	645	5.1.8	Pasteurisieren in Flaschen
	- Oberflächenvergütung	646		- Grundlagen der Pasteurisation in Flaschen
	- Scuffing	646		- Wesentliche Baugruppen des Tunnelpasteurs
	- Flaschennachvergütung	646		- PE-Sicherung
	- Kunststoffbeschichtete Leichtglas- Mehrwegflaschen	647	5.1.9	Etikettieren und Folieren der Flaschen

- Etiketten und Folien	719		Abschieben der Leerdosen	760
- Etikettenleim	721	5.5.3	Inspektion der Leerdosen	761
- Grundprinzip der Etikettierung	722	5.5.4	Rinsen der Dosen	761
- Bauarten von Etikettier-		5.5.5	Befüllen der Dosen	762
maschinen	724		- Mechanische Dosenfüller	764
- Kopfeinfaltung mit Folien	725		- Dosenfüller mit volumetrischer	
- Datieren der Etiketten	726		Füllung	766
		5.5.6	Verschließen der Dosen	773
5.2 Besonderheiten beim Abfüllen		5.5.7	Reinigung des Dosenfüllers und	
in Einweg-Glasflaschen	727		Verschließers	775
5.2.1 Abräumen von Neuglasflaschen	727	5.5.8	Widgets	776
5.2.2 Rinsen (Spülen)	727	5.5.9	Inspektion der gefüllten Dosen	778
		5.5.10	Pasteurisieren der Dosen	778
5.3 Abfüllen in PET-Flaschen	728	5.5.11	Rundumetikettierung von Dosen	779
5.3.1 PET-Flaschen	729	5.5.12	Datieren der Dosen	780
- Struktureigenschaften von PET	729			
- Barriereigenschaften von PET	729	5.6	Abfüllen in Fässer, Kegs, Partyfässer und	
- Barriertechnologien	730		Großdosen	781
- Bedeutung der Scavanger	732	5.6.1	Holzfässer und Fassabfüllung	781
5.3.2 Herstellen der PET-Flaschen	733	5.6.2	Kegs und Fittings	784
- Herstellen der Preforms	733	5.6.3	Reinigen und Befüllen der Kegs	786
- Strecken und Blasen der			- Material, Form und Größe	
PET-Flaschen	733		der Kegs	785
- Kontrolle der hergestellten			- Kegarmaturen (Fittings)	786
PET-Flaschen	736		- Reinigen der Kegs	788
- Rinsen der Neuflaschen	736		- Befüllen der Kegs	788
5.3.3 Transportieren der PET-Flaschen	737	5.6.4	Keg-Gesamtanlagen	790
5.3.4 Befüllen der PET-Flaschen	737	5.6.5	Befüllen von Klein- u. Partyfässern	790
5.3.5 Verschließen der PET-Flaschen	744	5.6.6	Befüllen von Großdosen	791
- Kunststoff-Schraubverschlüsse	744			
- Aluminium-Anrollverschlüsse	746	5.7	Transportieren und Verpacken	792
5.3.6 Etikettieren von PET-Flaschen	749	5.7.1	Transportgebinde	792
		5.7.2	Behandlung der Kunststoffkästen	795
5.4 Abfüllen von Kunststoffflaschen			- Aussortieren fremder und	
im Mehrweg	751		beschädigter Kästen und Flaschen	795
5.4.1 PEN	751		- Waschen der Kästen	795
5.4.2 Reinigung von Mehrweg-			- Kastenmagazin	796
Kunststoffflaschen	751	5.7.3	Transporttechnik	796
5.4.3 Fremdstoffinspektion	752		- Flaschen- und Dosentransport	797
			- Gebindetransport	802
5.5 Abfüllen in Dosen	755	5.7.4	Verpackungstechnik	802
5.5.1 Dosen und Dosenverschlüsse	756		- Packkopf und Packtulpen	802
5.5.2 Einlagern, Entpalettieren und			- Packerarten	805

5.7.5	Palettier- und Entpalettier- einrichtungen	811	6.7	Kontrolle der Reinigung und Desinfektion	852
	- Robotertechnik	811			
	- Bau und Funktion der Palettier- und Entpalettierereinrichtungen . .	813	6.8	Arbeitsschutz bei der Reinigung und Desinfektion	852
	- Stapelung von Vollgutpaletten . .	815			
	- Transportanlagen für Paletten . .	815	7	Das fertige Bier	853
	- Paletten-Stellplätze	815	7.1	Inhaltsstoffe des Bieres	853
	- Zu- und Ablaufvorrichtungen . .	815	7.1.1	Bestandteile des Bieres	853
	- Palettenmagazine	816	7.1.2	Bier und Gesundheit	857
	- Palettenkontrolle	816			
	- Palettensicherung	816	7.2	Geschmack und Schaum	858
	- Palettierung in der Fassfüllung . .	817	7.2.1	Geschmack des Bieres	859
5.8	Gesamt-Abfüllanlagen	817		- Bieraroma	859
5.9	Bierschwand	822		- Vollmundigkeit	862
5.9.1	Berechnung der hergestellten Verkaufsbiermenge	823		- Rezenz	863
5.9.2	Bestandsaufnahme und Umrechnung auf Verkaufsbier	823	7.2.2	- Bittere des Bieres	863
5.9.3	Berechnung Volumenschwand . .	825		Schaum des Bieres	864
5.9.4	Berechnung des Malzverbrauches .	826	7.3	Biersorten und ihre Besonderheiten	868
5.9.5	Bedeutung des Schwandes und Möglichkeiten der Verminderung .	826	7.3.1	Obergärig hergestellte Biere	869
6	Reinigung und Desinfektion	835		- Besonderheiten der Obergärung .	869
6.1	Materialien und ihr Verhalten gegenüber Reinigungsmitteln . .	835		- Weizenbiere	871
6.1.1	Aluminiumgefäße	835		- Berliner Weiße	877
6.1.2	Gefäße, Leitungen und Armaturen aus Chromnickelstahl	836		- Altbier	877
6.1.3	Schläuche und Dichtungen	838		- Kölsch	878
6.2	Reinigungsmittel	839		- Ale	878
6.3	Desinfektionsmittel	841		- Stout	879
6.4	Durchführung der Reinigung und Desinfektion im CIP	842		- Porter	879
6.5	Reinigungsvorgang	849	7.3.2	- Belgische Biersorten	879
6.6	Mechanische Reinigung	851		Untergärige Biersorten	881
				- Biere nach Pilsner Typ	881
				- Lagerbiere/Vollbiere	882
				- Export	883
				- Schwarzbieren	883
				- Festbiere	884
				- Eisbier	884
				- Märzen	884
				- Bockbier	884
				- Doppelbock	885
				- Alkoholfreies Bier	885
				- Diätbier	886
				- Leichtbier (Light)	887

	- Malztrunk	.888	8.3	Hobbybrauer	.934
	- Biersorten mit sehr geringem Anteil	.889	9	Entsorgung und Umwelt	.941
	- Biermischgetränke	.889	9.1	Umweltrecht	.942
7.3.3	Tendenzen bei der Entwicklung von Biersorten, die nicht dem Reinheitsgebot entsprechen	.891	9.2	Abwasser	.944
			9.2.1	Abwasserkosten	.944
			9.2.2	Begriffsdefinitionen b. Abwasser	.946
			9.2.3	Abwasserbehandlung	.948
7.4	Qualitätsprüfung	.894		- Aerobe Abwasserbehandlungsanlagen	.948
7.4.1	Verkostung des Bieres	.894		- Anaerobe Abwasserbehandlungsanlagen	.949
7.4.2	Mikrobiologische Prüfung	.897		- Menge und Zusammensetzung des Brauereiabwassers	.950
7.4.3	Bieranalyse	.901		- Abwasserbehandlung mit Misch- und Ausgleichsbecken	.951
	- Bestimmung der Stammwürze	.901			
	- Bestimmung der Bierfarbe	.906			
	- Bestimmung des pH-Wertes	.907			
	- Bestimmung des Sauerstoffgehaltes im Bier	.907			
	- Bestimmung des Diacetylgehaltes im Bier	.908	9.3	Reststoffe und Abfälle	.952
	- Bestimmung der Schaumhaltbarkeit	.909	9.3.1	Malz- und Hopfentreber	.953
	- Bestimmung des CO ₂ -Gehaltes	.910	9.3.2	Trub	.955
	- Bestimmung der Bittereinheiten	.911	9.3.3	Überschusshefe	.955
	- Bestimmung d. Trübungsneigung	.911	9.3.4	Kieselgurschlamm	.955
	- Filtrierbarkeit des Bieres	.911	9.3.5	Altetiketten	.956
	- Weitere Untersuchungen	.912	9.3.6	Glasbruch	.957
			9.3.7	Bierdosen	.957
			9.3.8	Kleine Abfallmengen	.957
7.5	Prozessmess- und Analysetechnik	.912	9.4	Emissionen	.958
7.5.1	Temperaturmessgeräte	.913	9.4.1	Staub und Staubemissionen	.958
7.5.2	Durchflussmessgeräte	.913	9.4.2	Emissionen aus dem Sudhaus	.958
7.5.3	Füllstandsmessgeräte	.914	9.4.3	Rauchgasemissionen	.958
7.5.4	Dichtemessgeräte	.915	9.4.4	Schallemissionen	.958
7.5.5	Optische Online-Messtechnik	.917			
7.5.6	Sauerstoffmessgeräte	.918	9.5	Recycling von PET-Flaschen	.959
7.5.7	pH-Wert-Messgeräte	.918			
7.5.8	Leitfähigkeitsmessgeräte	.919			
7.5.9	Grenzwertsonden	.919	10	Energiewirtschaft in der Brauerei und Mälzerei	.961
7.5.10	Druckmessgeräte	.919	10.1	Energiebedarf bei der Malz- und Bierherstellung	.961
8	Kleine Brauer	.927	10.2	Dampfkesselanlagen	.962
8.1	Gaststättenbrauer (Pub-Brauer)	.928	10.2.1	Brennstoffe	.962
8.2	Mikrobrauer	.934	10.2.2	Dampf	.964

	- Verdampfungswärme	964	10.5	Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren	1001
	- Nassdampf	965	10.5.1	Pumpen	1001
	- Überhitzter Dampf	965		- Kreispumpen	1001
	- Heißwasser	966		- Verdrängerpumpen	1004
10.2.3	Dampfkessel	966		- Dimensionierung von Pumpen . .	1010
	- Einteilung der Dampfkessel	966		- Drehzahlregelung von Pumpen .	1010
	- Bauarten von Dampfkesseln . . .	966		- Gleitringdichtung	1011
	- Dreizugkessel	967	10.5.2	Ventilatoren	1012
	- Energierückgewinnung und Wirkungsgradverbesserung	969		- Lüfter und Ventilatoren	1012
	- Dampfkraftmaschinen	971	10.5.3	Druckluftanlagen	1012
10.2.5	Blockheizkraftwerke (BHKW)	972		- Druckluftverdichter (Kompressoren)	1014
10.3	Kälteanlagen	973		- Lufttrockner	1019
10.3.1	Kältemittel und Kälte Träger	974		- Druckbehälter	1020
	- Kältemittel	974		- Druckleitungsnetz	1020
	- Kälte Träger	974		- Luftfilter	1021
	- Wirkungsprinzip bei der Kälteerzeugung	975	10.6	Der Energiebedarf wächst	1021
10.3.2	Kompressionskälteanlagen	980	11	Automation und Anlagenplanung	1025
	- Arbeitsprinzip	980	11.1	Hinweise zum Einsatz der Mess-, Steuer- und Regeltechnik	1025
	- Verdampfer	981	11.1.1	Allgemeine Hinweise	1025
	- Kompressor (Verdichter)	983	11.1.2	Anforderungen an die Messunsicherheit der Messtechnik	1026
	- Kondensator (Verflüssiger)	985	11.1.3	Anforderungen des Einbauortes und der Reinigung/Desinfektion . .	1027
	- Regelventil	986	11.1.4	Anforderungen der Betriebssicherheit und Anlagensicherheit	1028
	- Eiswasserspeichersystem	987	11.1.5	Anforderungen der Wartung und Instandhaltung	1029
10.3.3	Absorptionskühlanlage	988	11.1.6	Anforderungen an automatische Steuerungen	1029
10.3.4	Raum- und Flüssigkeitskühlung . .	989	11.2	Anlagenplanung	1033
	- Kühlung von konventionellen Gär- und Lagerkellern	989	11.2.1	Einführung	1033
	- Moderne Kälteanlagen	990		- Allgemeine Betrachtungen zur Anlagenplanung	1033
	- Flüssigkeitskühlung	992		- Grundsätzliches zum Ablauf der Anlagenplanung	1034
10.3.5	Hinweise für den wirtschaftlichen Betrieb der Kälteanlage	994	11.2.2	Grundlagen der Anlagenplanung	1036
10.4	Elektrische Anlagen	995	11.2.3.	Varianten für die Durchführung der	
10.4.1	Bezug der elektrischen Energie . .	995			
10.4.2	Leistungsfaktor $\cos \varphi$	996			
10.4.3	Umwandeln des elektrischen Stromes	998			
10.4.4	Schutzmaßnahmen	999			
10.4.5	Hinweise für den wirtschaftlichen Verbrauch von Elektroenergie . .	1000			

	Anlagenplanung und -realisierung	1038		schläge und Schwingungen	1064
11.2.4	Wichtige Dokumente und Unterlagen der Anlagenplanung	1040		- Entlüftung der Rohrleitungen, Sauerstoffentfernung	1066
	- Allgemeine Hinweise	1040		- Gestaltung von Wärmedämmungen bei Rohrleitungen	1067
	- Das Verfahrensschema	1040		- Gestaltung von Rohrausläufen . .	1067
	- Das Grundfließbild	1041		- Sicherung der Rohrleitungen gegen Frost und Verstopfungen .	1068
	- Das Verfahrensließbild	1041		- Toträume in Rohrleitungen	1068
	- Das Rohrleitungs- und Instrumenten-Fließbild	1044		- Dampfleitungen	1068
	- Rohrleitungs- und Montagepläne	1045	11.3.6	Hinweise zur Gestaltung von Wärme- und Kälte-dämmungen	1069
	- Die Verfahrensbeschreibung . .	1047		- Allgemeine Hinweise	1069
	- Die Gestaltung von Ausführungs-unterlagen	1047		- Vermeidung von Wasserdampf-diffusion und Schweißwasser-bildung	1070
11.2.5	Hinweise für die Vertrags-gestaltung	1049	11.3.7	Hinweise zur Rohrleitungsverschaltung, zum Einsatz von Armaturen und zur Probeentnahme	1070
11.2.6	Inbetriebnahme und Leistungs-fahrt	1050		- Allgemeine Hinweise	1070
11.2.7	Projektabschluss	1051		- Die manuelle Verbindungs-technik	1070
11.2.8	Projektdokumentation	1051		- Festverrohrung	1072
11.3	Gestaltung von Anlagen und Anforderungen an die Anlagen .	1052		- Armaturen für Rohrleitungen und Anlagenelemente	1072
11.3.1	Allgemeine Hinweise	1052		- Probeentnahme-armaturen	1073
11.3.2	Voraussetzungen für die Automation moderner Anlagen	1052		- Armaturenbauformen	1075
11.3.3	Anforderungen an die Gestaltung von Rohrleitungen und Anlagen im Hinblick auf kontaminationsfreies Arbeiten	1053	11.3.8	Hinweise zur Gestaltung und zum Betrieb von CIP-Stationen	1078
11.3.4	Anforderungen an die Betriebs-sicherheit der Anlagen	1053	11.3.9	Hinweise zur Chemikalien-lagerung	1080
	- Medientrennung	1053	11.3.10	Hinweise zur Oberflächen-beschaffenheit von Maschinen und Apparaten	1081
	- Sicherung der Anlage gegen unzulässige Drücke	1056			
11.3.5.	Hinweise für die Gestaltung von Rohrleitungen	1057		Verzeichnis der Inserenten	1085
	- Allgemeine Hinweise	1057		Alterungsrelevante Substanzen	1086
	- Rohrleitungsverbindungen	1058		Messgrößen und Umwandlungen	1087
	- Verlegung von Rohrleitungen und die Gestaltung von Rohrleitungs-halterungen	1060		Hinweise auf verw. Zeichnungen und Unterlagen	1090
	- Die Fließgeschwindigkeit in Rohr-leitungen, Druckverluste	1062			
	- Maßnahmen gegen Flüssigkeits-				