

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 Gerstenkernes	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	1.3.5	- Bedeutung einzelner Ionen	92
1.2	Hopfen	60		Verfahren zur Verbesserung	
1.2.1	Hopfenanbaugebiete	61		des Wassers	92
1.2.2	Ernten, Trocknen und Haltbar-			- Verfahren zur Entfernung von	
	machen des Hopfens	63		Schwebestoffen	92
	- Ernte	63		- Verfahren zur Verbesserung der	
	- Trocknen	63		Restalkalität	94
	- Haltbarmachen des Hopfens	64		- Entkeimen des Wassers	97
1.2.3	Aufbau der Hopfendolde	64	1.3.6	- Entgasen des Wassers	99
1.2.4	Zusammensetzung und			Möglichkeiten der Wasser-	
	Eigenschaften der Bestandteile	64		einsparung	102
	- Bitterstoffe oder Hopfenharze	65	1.4	Hefe	102
	- Hopfenöl	67	1.4.1	Aufbau und Zusammensetzung	
	- Gerbstoffe oder Polyphenole	68		der Hefezelle	103
	- Eiweißstoffe	69	1.4.2	Stoffwechsel der Hefezelle	107
1.2.5	Beurteilung des Hopfens	69	1.4.3	Fortpflanzung und Wachstum	
	- Handbonitierung des Dolden-			von Hefen	108
	hopfens	69	1.4.4	Charakterisierung von Bierhefen	109
	- Bitterstoffgehalt	71		- Morphologische Merkmale	110
1.2.6	Hopfensorten	71		- Physiologische Unterschiede	110

- Gärungstechnologische Unter-	2.3	Weichen der Gerste	148
schiede110	2.3.1	Vorgänge beim Weichen	148
- Systematische Einordnung111		- Wasseraufnahme	148
		- Versorgung mit Sauerstoff	151
		- Reinigung	151
1.5 Rohfrucht111	2.3.2	Weichgefäße	152
1.5.1 Mais112	2.3.3	Durchführen des Weichens	158
1.5.2 Reis113			
1.5.3 Gerste114	2.4	Keimen der Gerste	159
1.5.4 Sorghum-Hirse114	2.4.1	Vorgänge beim Keimen	160
1.5.5 Weizen115		- Wachstumsvorgänge	160
1.5.6 Zucker115		- Enzymbildung	161
1.5.7 Glucosesirup117		- Schlussfolgerungen für die	
1.5.8 Zuckerkulör (auch -couleur)117		Durchführung der Keimung	171
		Keimverfahren	171
2 Herstellen des Malzes119	2.4.2	- Tennenmälzerei	171
2.1 Annehmen, Putzen, Sortieren		- Pneumatisch betriebene	
und Fördern der Gerste119		Mälzungssysteme	172
2.1.1 Annehmen der Gerste120		- Durchführung der Keimung	183
- Annehmen von Straßen- oder		- Kontrolle der Keimung	184
Schienenfahrzeugen120			
- Annehmen von Schiffen121			
2.1.2 Putzen und Sortieren der Gerste ..122	2.5	Darren des Malzes	185
- Vorreinigen der Gerste122	2.5.1	Veränderungen beim Darren	185
- Magnetapparate124		- Senkung des Wassergehaltes	185
- Trockensteinausleser124		- Unterbrechung der Keimung	
- Entgranner125		und Auflösung	186
- Trieur126		- Bildung von Farb- und Aromastoffen	
- Sortieren der Gerste127		(Maillard-Reaktion)	186
2.1.3 Fördern von Gerste und Malz131		- Bildung von DMS-Vorstufe und	
- Mechanische Fördermittel131		freiem DMS beim Darren	187
- Pneumatische Fördermittel135		- Einfluss von Darrttemperatur	
2.1.4 Anlagen zur Staubentfernung138		und -zeit	188
- Zykloone138		- Bildung von Nitrosaminen	189
- Staubfilter138		- Inaktivierung der Enzyme	190
		Bau der Darre	190
2.2 Trocknen und Lagern der Gerste ..141		- Beheizung und Lüftung der Darre191	
2.2.1. Atmung der Gerste141		- Zweihordendarre älterer Bauart ..193	
2.2.2 Trocknen der Gerste143		- Darren mit Kipphorde	194
2.2.3 Kühlen der Gerste143		- Plandarren mit Be- und Entlader ..195	
2.2.4 Lagern der Gerste144		- Vertikaldarren	196
- Silolagerung144	2.5.3	Durchführung des Darrens	197
- Lagerung auf Speichern145		- Herstellung von Pilsner Malz	198
- Schädlingsbefall146		- Herstellung von Münchner Malz ..199	

	- Darre abräumen	199	2.9.10	Röstmalz	213
	- Kontrolle der Darrarbeit	200	2.9.11	Röstmalzbier	213
			2.9.12	Weizenmalz	214
2.6	Behandlung des Malzes nach dem Darren	201	2.9.13	Malzextrakt	215
2.6.1	Abkühlen des abgedarnten Malzes	201	2.9.14	Malz aus anderem Brotgetreide . .	216
2.6.2	Putzen des Malzes	201	2.9.15	Sorghum-Malz	217
2.6.3	Lagern des Malzes	202	2.9.16	Einsatz von Malztypen für verschiedene Biersorten	218
2.6.4	Polieren des Malzes	202	2.10	Unfallschutz in der Mälzerei	220
2.7	Ausbeute beim Mälzen	202	3	Herstellen der Würze	227
2.8	Beurteilen des Malzes	203	3.1	Schroten des Malzes	228
2.8.1	Handbonitierung	203	3.1.1	Vorbehandeln des Malzes	228
2.8.2	Mechanische Untersuchungen	203		- Entstauben und Entsteinen des Malzes	228
	- Sortierung	203		- Verwiegen der Schüttungsmenge	229
	- Tausendkornmasse	203	3.1.2	Grundlagen des Schrotens	232
	- Hektolitermasse	203		Trockenschrotung	233
	- Schwimmprobe (Sinkerprobe)	203	3.1.3	- Sechswalzenmühlen	233
	- Glasigkeit	203		- Fünfwalzenmühlen	235
	- Mürbigkeit	204		- Vierwalzenmühlen	235
	- Blattkeimentwicklung	204		- Zweiwalzenmühlen	236
	- Keimfähigkeit	204		- Walzen der Schrotmühlen	236
	- Dichte	204		- Konditionierte Trockenschrotung . .	239
	- Calcofluor-Carlsberg Methode (Kornschielefmethode)	204		- Schrotrumpf	239
2.8.3	Chemisch-technische Untersuchungen	205	3.1.4	- Hammermühlen	240
	- Wassergehalt	205	3.1.5	Nassschrotung	241
	- Kongressmaischverfahren	205	3.1.6	Weichkonditionierung	243
2.8.4	Malzlieferungsvertrag	208	3.1.7	Feinstzerkleinerung mit Wasser . .	246
				Beurteilung des Schrotes	248
2.9	Malzsorten und Malze aus anderem Getreide	209	3.2	Maischen	250
2.9.1	Pilsener Malz (helles Malz)	209	3.2.1	Umwandlungen beim Maischen .	250
2.9.2	Dunkles Malz (Münchner Art)	210		- Zweck des Maischens	250
2.9.3	Wiener Malz	210		- Eigenschaften der Enzyme	250
2.9.4	Brühmalz/ Melanoidinmalz	210		- Abbau der Stärke	252
2.9.5	Caramelmalz	211		- Abbau des β -Glucans	258
2.9.6	Sauermalz	212		- Abbau von Eiweißstoffen	262
2.9.7	Kurz- und Spitzmalz	212		- Umwandlungen von Fettsäuren (Lipiden)	264
2.9.8	Rauchmalz	213		- Weitere Abbau- und Lösungsvorgänge	266
2.9.9	Diastasemalz	213			

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

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 Plattenwärmevertragers	419
3.6.2	Gefäßgröße	400		- Wirkungsweise des Plattenwärmevertragers	420
3.6.3	Gefäßmaterial	400		- Vorteile des Plattenwärmevertragers	423
3.6.4	Produktionskapazität des Sudhauses	401	3.9.3	Grundlagen und Durchführung der Würzelbelüftung	423
3.6.5	Sudwerke besonderer Art	402		Verfahren zur Würzelbelüftung	424
	- Sudwerke von Gasthausbrauereien	402		- Zeitpunkt der Hefebelüftung	425
	- Integral-Sudwerk	402		Geräte zum Entfernen des Kühltrubes	426
	- Versuchs- und Lehrsudwerke	403	3.9.4	- Kieselgurfilter	426
3.7	Ausschlagen	404		- Flotation	426
3.8	Entfernen des Heißtrubes	404	3.9.5	- Separation der kalten Würze	427
3.8.1	Kühl Schiff	405		Würzekühllinien	428
3.8.2	Setzbottich	405	3.10		
3.8.3	Whirlpool	406		Kontinuierliche Würzeherstellung	428
	- Wirkungsprinzip des Whirlpools	406	3.11		
	- Bau des Whirlpools	407		Steuerung und Kontrolle der Vorgänge bei der Würzeherstellung	430
	- Durchführung der Würzelerklärung im Whirlpool	408	3.12		
	- Klärung mittels Clarisaver	410		Arbeitssicherheit bei der Würzeherstellung	433
3.8.4	Separatoren	411	3.12.1	Unfallverhütung im Bereich der Mühle	433
	- Prinzip der Zentrifugation	411	3.12.2	Unfallverhütung bei Arbeiten in Sudgefäß en	433
	- Arten von Zentrifugal-Separatoren (Zentrifugen)	413	3.12.3	Unfallverhütung bei der Arbeit mit Separatoren	434
	- Bau und Arbeitsweise von selbstaustragenden Separatoren	413			
	- Einschätzung der Heißwürze-separation	415	4	Herstellen des Bieres	443
3.8.5	Gewinnung der Trubwürze	416	4.1	Umwandlungen beim Gären und Reifen	443
3.9	Kühlen und Klären der Würze	417	4.1.1	Hefe als wichtigster Partner des Brauers	443
3.9.1	Vorgänge beim Kühlen	417	4.1.2	Stoffwechsel der Hefe	446
	- Abkühlung der Würze	417		- Vergären des Zuckers	446
	- Bildung und optimale Entfernung				

- Eiweißstoffwechsel	451	- Eintank-Reinzuchtverfahren	482
- Fettstoffwechsel	453	- Offene Hefeferführung	483
- Kohlenhydratstoffwechsel	453		
- Mineralstoffwechsel	455		
4.1.3 Bildung und Abbau von Gärungsnebenprodukten	456	4.3 Klassische Gärung und Reifung ..	485
- Diacetyl (vicinale Diketone)	457	Gärbottiche – Einrichtung des offenen Gärkellers	485
- Aldehyde (Carbonyle)	460	- Gärbottiche	485
- Höhere Alkohole	461	- Einrichtung des offenen Gärkellers	486
- Ester	461	Gärkellerausbeute	488
- Schwefelverbindungen	462	Durchführung der offenen Hauptgärung	489
- Organische Säuren	464	- Anstellen	489
- Beurteilungskriterien der Aromastoffe im Bier (nach Miedaner)	464	- Gärleitung im Gärbottich	492
4.1.4 Weitere Vorgänge und Umwandlungen	466	- Vergärungsgrad	493
- Veränderungen der Zusammensetzung der Eiweißstoffe	466	- Schlauchen aus dem Bottich	497
- Senkung des pH-Wertes	467	Hefeernte im Bottich	499
- Veränderung der Redoxverhältnisse im Bier	467	Vorgänge bei der Reifung des Bieres in konventionellen Tanks	500
- Veränderung in der Farbe des Bieres	468	- Sättigen des Bieres mit Kohlen-dioxid unter Überdruck	500
- Ausscheidung von Bitterstoffen und Gerbstoffen	468	- Klären des Bieres	501
- CO ₂ -Gehalt des Bieres	468	Einrichtung des konventionellen Lagerkellers	501
- Klärung und kolloidale Stabilisierung des Bieres	468	- Einrichtung des Lagerkellers	501
4.1.5 Auswirkungen verschiedener Faktoren auf die Hefe	469	- Lagertanks	502
4.1.6 Flockulation der Hefe (Bruchbildung)	471	Durchführung der Lagerung in konventionellen Tanks	504
4.1.7 Degeneration der Hefe	472	- Schlauchen	504
4.1.8 Physiologischer Zustand der Hefe	472	- Spunden	504
4.2 Reinzucht der Hefe	473	Anstecken	506
4.2.1 Grundlagen der Hefevermehrung	473	- Herstellen der Verbindung	506
4.2.2 Gewinnung von geeigneten Hefezellen	475	- Druck beim Anstecken und Entleeren	506
4.2.3 Herführung im Labor	475	Ziehen aus konventionellen Tanks	507
4.2.4 Hefeferführung im Betrieb	476	- Verschneidbock	507
- Hefereinzuchtanlagen	476	- Druckregler	507
- Assimilationsverfahren	480	- Gewinnen des Hefebieres	507
		- Tiefkühlen des Bieres	508
		- Vor- und Nachlauf	508
		Gärung und Reifung in zylindrokonischen 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	4.5.2	- 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		Bauformen von Filtern	560
	- Kalte Gärung – kalte Reifung	536		- Massenfilter	560
	- Kalte Gärung mit gezielter Reifung im ZKT	538	4.6	- Anschwemmmfilter	561
	- Drucklose warme Gärung – kalte Reifung	538	4.6.1	- Schichtenfilter (Rahmenfilter)	576
	- Druckgärung	538		- Membranfilter	577
	- Kalte Gärung – warme Reifung	539		- Multi-Micro-System	579
	- Kalte Hauptgärung mit programmierten Reifung	540		- Filtrationsbereiche	579
	- Warme Hauptgärung mit normaler . oder forciertener Reifung	540		- Kieselgurfreie Bierfiltration	580
4.4.4	Hefeerde aus dem ZKT	540	4.6.2	Haltbarmachen des Bieres	589
	- Zeitpunkt der Hefeerde	541		Biologische Haltbarmachung	589
	- Methoden der Hefeerde	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 (Gelägerbier, Hefebier)	546		- Kaltaseptische Behandlung des Bieres	594
	- Trennung durch Sedimentation oder Filtration	546	4.6.3	Kolloidale Stabilisierung des Bieres	595
	- Separation der Hefe	546	4.6.4	- 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
				Filtrationsanlage	606
				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	5.1.3	- Reinigungsflüssigkeit	665
4.8.2 Eisbierherstellung	620		- Reinigungs- und Wartungsarbeiten an der Flaschenreinigungs- maschine	670
4.8.3 Verfahren zur Entfernung des Alkohols	622	5.1.4	- Abräumen von Neuglasflaschen und Dosen	671
- Membrantrennverfahren	622		Kontrolle der gereinigten Mehrweg-Glasflaschen	671
- Thermische Verfahren/Destillation	626		Befüllen von Flaschen	678
- Unterdrückung der Alkohol- bildung	630		- Grundsätze beim Abfüllen	678
4.9 Unfallschutz bei der Gärung, Reifung und Filtration	633		- Prinzipieller Aufbau von Flaschenfüll- maschinen	680
4.9.1 Unfallgefahren durch Gärungskohlensäure	633	5.1.5	- Wesentliche Baugruppen der Flaschenfüllmaschinen	681
4.9.2 Arbeit im Druckbehältern	634		- Bau und Funktionsweise der Füllorgane	685
4.9.3 Arbeiten mit Kieselgur	635		- Hochdruckeinspritzung	696
4.9.4 Generelle Hinweise zum Unfallschutz	636		Verschließen der Flaschen	699
5 Abfüllen des Bieres	643	5.1.6	- Verschließen mittels Kronenkorken	699
5.1 Abfüllen in Mehrweg-Glasflaschen	643		- Verschließen mit Bügelverschluss	705
5.1.1 Mehrweg-Glasflaschen	643		Reinigen des Füllers und Verschließers	706
- Vor- und Nachteile von Glas- flaschen	643		Kontrolle der gefüllten und verschlossenen Flaschen	710
- Herstellen der Glasflaschen	643	5.1.7	- Füllhöhenkontrolle	711
- Flaschenformen	643		- Sauerstoff im Flaschenhals	712
- Flaschenfarbe	645	5.1.8	Pasteurisieren in Flaschen	714
- Oberflächenvergütung	646		- Grundlagen der Pasteurisation in Flaschen	714
- Scuffing	646		- Wesentliche Baugruppen des Tunnelpasteurs	715
- Flaschenhochvergütung	646		- PE-Sicherung	717
- Kunststoffbeschichtete Leichtglas- Mehrwegflaschen	647	5.1.9	Etikettieren und Folieren der Flaschen	719

- Etiketten und Folien	719	Abschieben der Leerdosen	760
- Etikettenleim	721	Inspektion der Leerdosen	761
- Grundprinzip der Etikettierung	722	Rinsen der Dosen	761
- Bauarten von Etikettier-		Befüllen der Dosen	762
maschinen	724	- Mechanische Dosenfüller	764
- Kopfeinfaltung mit Folien	725	- Dosenfüller mit volumetrischer	
- Datieren der Etiketten	726	Füllung	766
		Verschließen der Dosen	773
5.2 Besonderheiten beim Abfüllen	5.5.6	Reinigung des Dosenfüllers und	
in Einweg-Glasflaschen	727	Verschließers	775
5.2.1 Abräumen von Neuglasflaschen	5.5.7	Widgets	776
5.2.2 Rinsen (Spülen)	5.5.8	Inspektion der gefüllten Dosen	778
		Pasteurisieren der Dosen	778
5.3 Abfüllen in PET-Flaschen	5.5.9	Rundumetikettierung von Dosen	779
5.3.1 PET-Flaschen	5.5.10	Datieren der Dosen	780
- Struktureigenschaften von PET	729		
- Barriereeigenschaften von PET	729	5.6 Abfüllen in Fässer, Kegs, Partyfässer und	
- Barrieretechnologien	730	Großdosen	781
- Bedeutung der Scavanger	732	Holzfässer und Fassabfüllung	781
5.3.2 Herstellen der PET-Flaschen	5.6.1	Kegs und Fittings	784
- Herstellen der Preforms	733	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	5.6.4	Keg-Gesamtanlagen	790
5.3.4 Befüllen der PET-Flaschen	5.6.5	Befüllen von Klein- u. Partyfässern	790
5.3.5 Verschließen der PET-Flaschen	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	5.7.1	Transportgebinde	792
		Behandlung der Kunststoffkästen	795
5.4 Abfüllen von Kunststoffflaschen	5.7.2	- Aussortieren fremder und	
im Mehrweg	751	beschädigter Kästen und Flaschen	795
5.4.1 PEN	5.7.3	- Waschen der Kästen	795
5.4.2 Reinigung von Mehrweg-		- Kastenmagazin	796
Kunststoffflaschen		Transporttechnik	796
5.4.3 Fremdstoffinspektion	5.7.4	- Flaschen- und Dosentransport	797
		- Gebindetransport	802
5.5 Abfüllen in Dosen		Verpackungstechnik	802
5.5.1 Dosen und Dosenverschlüsse		- 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 Entpalettiereinrichtungen	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	7.2	Geschmack und Schaum	858
	- Paletten sicherung	816	7.2.1	Geschmack des Bieres	859
	- Palettierung in der Fassfüllung	817		- Bieraroma	859
5.8	Gesamt-Abfüllanlagen	817		- Vollmundigkeit	862
5.9	Bierschwand	822		- Rezenz	863
5.9.1	Berechnung der hergestellten Verkaufsbiermenge	823	7.2.2	- Bittere des Bieres	863
5.9.2	Bestandsaufnahme und Umrechnung auf Verkaufsbier	823		Schaum des Bieres	864
5.9.3	Berechnung Volumenschwand	825	7.3	Biersorten und ihre Besonderheiten	868
5.9.4	Berechnung des Malzverbrauches	826	7.3.1	Obergärig hergestellte Biere	869
5.9.5	Bedeutung des Schwandes und Möglichkeiten der Verminderung	826		- Besonderheiten der Obergärung	869
6	Reinigung und Desinfektion	835		- Weizenbiere	871
6.1	Materialien und ihr Verhalten gegenüber Reinigungsmitteln	835		- Berliner Weiße	877
6.1.1	Aluminiumgefäß	835	7.3.2	- Altbier	877
6.1.2	Gefäße, Leitungen und Armaturen aus Chromnickelstahl	836		- Kölsch	878
6.1.3	Schlüsse und Dichtungen	838		- Ale	878
6.2	Reinigungsmittel	839		- Stout	879
6.3	Desinfektionsmittel	841		- Porter	879
6.4	Durchführung der Reinigung und Desinfektion im CIP	842		- Belgische Biersorten	879
6.5	Reinigungsvorgang	849		Untergärige Biersorten	881
6.6	Mechanische Reinigung	851		- 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
7.4	Qualitätsprüfung	894	9.2.3	Abwasserbehandlung	948
7.4.1	Verkostung des Bieres	894		- Aerobe Abwasserbehandlungs- anlagen	948
7.4.2	Mikrobiologische Prüfung	897		- Anaerobe Abwasser- behandlungsanlagen	949
7.4.3	Bieranalyse	901		- Menge und Zusammensetzung des Brauereiabwassers	950
	- Bestimmung der Stammwürze ..	901		- Abwasserbehandlung mit Misch- und Ausgleichsbecken	951
	- Bestimmung der Bierfarbe	906			
	- Bestimmung des pH-Wertes ..	907			
	- Bestimmung des Sauerstoff- gehaltes 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 Analysentechnik	912			
7.5.1	Temperaturmessgeräte	913	9.4	Emissionen	958
7.5.2	Durchflussmessgeräte	913	9.4.1	Staub und Staubemissionen	958
7.5.3	Füllstandsmessgeräte	914	9.4.2	Emissionen aus dem Sudhaus	958
7.5.4	Dichtemessgeräte	915	9.4.3	Rauchgasemissionen	958
7.5.5	Optische Online-Messtechnik	917	9.4.4	Schallemissionen	958
7.5.6	Sauerstoffmessgeräte	918			
7.5.7	pH-Wert-Messgeräte	918	9.5	Recycling von PET-Flaschen	959
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		Dampfkesselanlagen	962
8.1	Gaststättenbrauer (Pub-Brauer) ..	928	10.2	Brennstoffe	962
			10.2.1	Dampf	964
8.2	Mikrobrauer	934	10.2.2		

	- Verdampfungswärme	964	10.5	Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren	1001
	- Nassdampf	965		Pumpen	1001
	- Überhitzter Dampf	965	10.5.1	- Kreiselpumpen	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 Kälteträger	974		- Druckbehälter	1020
	- Kältemittel	974		- Druckleitungsnetz	1020
	- Kälteträger	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
	- Eiwasserspeichersystem	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			
	- Kühlung von konventionellen Gär- und Lagerkellern	989	11.2	Anlagenplanung	1033
	- Moderne Kälteanlagen	990	11.2.1	Einführung	1033
	- Flüssigkeitskühlung	992		- Allgemeine Betrachtungen zur Anlagenplanung	1033
10.3.5	Hinweise für den wirtschaftlichen Betrieb der Kälteanlage	994		- Grundsätzliches zum Ablauf der Anlagenplanung	1034
10.4	Elektrische Anlagen	995	11.2.2	Grundlagen der Anlagenplanung	1036
10.4.1	Bezug der elektrischen Energie	995	11.2.3	Varianten für die Durchführung der	
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	
11.2.4	Wichtige Dokumente und Unterlagen der Anlagenplanung	1040	- schläge und Schwingungen
	- Allgemeine Hinweise	1040	- Entlüftung der Rohrleitungen, Sauerstoffentfernung
	- Das Verfahrensschema	1040	- Gestaltung von Wärmedämmungen bei Rohrleitungen
	- Das Grundfließbild	1041	- Gestaltung von Rohrausläufen
	- Das Verfahrensfließbild	1041	- Sicherung der Rohrleitungen gegen Frost und Verstopfungen .1068
	- Das Rohrleitungs- und Instrumenten-Fließbild	1044	- Toträume in Rohrleitungen
	- Rohrleitungs- und Montagepläne	1045	- Dampfleitungen
	- Die Verfahrensbeschreibung	1047	Hinweise zur Gestaltung von Wärme- und Kältedämmungen
	- Die Gestaltung von Ausführungsunterlagen	1047	- Allgemeine Hinweise
11.2.5	Hinweise für die Vertragsgestaltung	1049	- Vermeidung von Wasserdampf-diffusion und Schwitzwasserbildung
11.2.6	Inbetriebnahme und Leistungsfahrt	1050	Hinweise zur Rohrleitungsverschaltung, zum Einsatz von Armaturen und zur Probeentnahme
11.2.7	Projektabchluss	1051	- Allgemeine Hinweise
11.2.8	Projektdokumentation	1051	- Die manuelle Verbindungs-technik
11.3	Gestaltung von Anlagen und Anforderungen an die Anlagen	1052	- Festverrohrung
11.3.1	Allgemeine Hinweise	1052	- Armaturen für Rohrleitungen und Anlagenelemente
11.3.2	Voraussetzungen für die Automation moderner Anlagen	1052	- Probeentnahmearmaturen
11.3.3	Anforderungen an die Gestaltung von Rohrleitungen und Anlagen im Hinblick auf kontaminationsfreies Arbeiten	1053	- Armaturenbauformen
11.3.4	Anforderungen an die Betriebs-sicherheit der Anlagen	1053	Hinweise zur Gestaltung und zum Betrieb von CIP-Stationen
	- Medientrennung	1053	11.3.9 Hinweise zur Chemikalien-lagerung
	- Sicherung der Anlage gegen unzulässige Drücke	1056	11.3.10 Hinweise zur Oberflächen-beschaffenheit von Maschinen und Apparaten
11.3.5.	Hinweise für die Gestaltung von Rohrleitungen	1057	Verzeichnis der Inserenten
	- Allgemeine Hinweise	1057	Alterungsrelevante Substanzen
	- Rohrleitungsverbindungen	1058	Messgrößen und Umwandlungen
	- Verlegung von Rohrleitungen und die Gestaltung von Rohrleitungshalterungen	1060	Hinweise auf verw. Zeichnungen und Unterlagen
	- Die Fließgeschwindigkeit in Rohr-leitungen, Druckverluste	1062	
	- Maßnahmen gegen Flüssigkeits-		