

Inhaltsgliederung

Inhaltsverzeichnis	4
Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	12
Vorwort	14
1. Historischer Abriss - 160 Jahre Sudhaustechnik, Hersteller, wichtige Begriffe	16
2. Anlagen für das Maischen	24
3. Trennung der Maische / Läuterung	45
4. Kochung der Würze	135
5. Beheizung von Sudgefäßen	188
6. Würzeklärung	222
7. Würzekühlung und Würzebelüftung	231
8. Biologische Säuerung	279
9. Sudhausausbeute	282
10. CIP-Anlagen	290
11. Werkstoffoberflächen, Wand- und Bodenflächen	314
12. Rohrleitungen, Pumpen und Antriebe im Sudhaus	318
13. Wärmedämmungen	321
14. Allgemeine Raumgestaltung	328
15. Kontinuierliches Sudhaus	329
16. Energetische Optimierungen bei der Würzebereitung	333
Anlagen	339
Index	347
Quellennachweise und Anmerkungen	357

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	12
Vorwort	14
1. Historischer Abriss - 160 Jahre Sudhaustechnik, Hersteller, wichtige Begriffe	16
1.1 Anlagen zur Würzegewinnung	16
1.2 Das Sudhaus als Bauwerk	18
1.3 Bauformen der Sudbehälter	21
1.4 Das Sudhauspersonal	22
1.5 Historisch wichtige Sudwerkhersteller	22
1.6 Historische Literatur	22
2. Anlagen für das Maischen	24
2.1 Allgemeine Hinweise	24
2.2 Maischgefäße	25
2.2.1 Gefäßgrößen	25
2.2.2 Bauformen der Maischgefäße	26
2.2.3 Gussführung und Sudhausausbeute	27
2.2.3.1 Erforderliche Hauptgussmenge in Abhängigkeit von der gewünschten Vorderwürzekonzentration	27
2.2.3.2 Berechnung des Gesamtmaischevolumens und des erforderlichen Maischbehältervolumens	28
2.2.4 Baugruppen der Maischgefäße	29
2.2.4.1 Der Behälter und seine Abstützung	29
2.2.4.2 Rührwerk	29
2.2.4.3 Heizflächen am Maischgefäß	37
2.2.4.4 Dunstschlot	39
2.2.5 Armaturen, Pumpen und Zubehör	39
2.2.5.1 Armaturen	39
2.2.5.2 Kondensatableiter	39
2.2.5.3 Pumpen	40
2.2.5.4 Wärmedämmung	40
2.2.5.5 Sonstiges Zubehör	40
2.2.6 Einsatz mechanischer Schwingungen an einem Maischgefäß	41
2.2.7 Maischedepot	41
2.2.8 Enzymdosierung	41
2.2.9 Verknüpfung der Maischgefäße	41
2.3 Verfahrenstechnische Anforderungen an den Maischprozess	43
2.4 Zusammenfassung zu Kapitel 2	44

3. Trennung der Maische - Läuterung	45
3.1 Allgemeine Hinweise	45
3.2 Läutergeräte und -vorrichtungen - Übersicht	46
3.3 Läuterbottiche	46
3.3.1 Allgemeine Hinweise zum Läuterbottich	47
3.3.2 Baugruppen des Läuterbottichs	48
3.3.2.1 Behälter	48
3.3.2.2 Läuterbodenspritzung	51
3.3.2.3 Senkbodengestaltung	51
3.3.2.4 Maischeeinlagerung	54
3.3.2.5 Würzeabzug	54
3.3.2.6 Läuteranometer	58
3.3.2.7 Dunstrohr	59
3.3.2.8 Verteiler für Anschwänzwasser	59
3.3.2.9 Sonstiges Zubehör	59
3.3.3 Schneidwerk / „Aufhackmaschine“	61
3.3.3.1 Gestaltung der Schneidmesser	61
3.3.3.2 Antrieb Schneidwerk/ Höhenverstellung	64
3.3.4 Austrebern und Treberförderung	66
3.3.4.1 Treberluken	67
3.3.4.2 Treberzwischenbunker und Treberfördervorrichtung	67
3.3.4.3 Austreberscheite	68
3.3.5 Treberförderung und Trebersilo	70
3.3.5.1 Übersicht	70
3.3.5.2 Trebersilo	71
3.3.5.3 Treberprobeentnahme	71
3.3.5.4 Alternative Treberförderung	72
3.3.5.5 Treberaustrag aus einem Silo	76
3.3.5.6 Treberentfeuchtung	77
3.3.5.7 Trebertrocknung und -Verwertung	77
3.3.5.8 Werkstoffe für Trebersilos	78
3.3.6 MSR am LB	78
3.3.7 Neuere Varianten bei der Läuterbottichgestaltung	79
3.3.8 Beispiel Würzeablaufschema und Hinweise zum LB-Betrieb	82
3.3.8.1 Allgemeine Hinweise	82
3.3.8.2 Läuterung mittels LB – Ablaufschema	82
3.3.8.3 Läuterschema eines Läuterbottichs	83
3.4 Verfahrenstechnische Aspekte der Maischefiltration beim Läuterbottich	85
3.4.1 Allgemeine Hinweise	85
3.4.2 Grundlagen der Filterströmung	86
3.4.3 Rohrleitungen und Pumpen	91
3.5 Maischefilter	92
3.5.1 Allgemeine Hinweise	92
3.5.2 Werkstoffe für MF	94
3.5.3 Technologisches Schema Maischefilter	95

3.5.4 Bauelemente der Maischefilter	95
3.5.4.1 Gestell	96
3.5.4.2 Rahmen und Platten	98
3.5.4.3 Filtertücher	100
3.5.4.4 Reinigungsvorrichtung für Filtertücher	100
3.5.4.5 Spannvorrichtung für das Filterpaket	100
3.5.4.6 Vorrichtungen für das Verschieben der Rahmen und Platten	101
3.5.4.7 Trebermulde	105
3.5.4.8 MSR und Steuerung des MF	105
3.5.4.9 Armaturen und Rohrleitungen	106
3.5.4.10 Maischepumpe	106
3.5.5 Maischefilter moderner Bauform	107
3.5.5.1 MEURA-Maischefilter	107
3.5.5.2 Maischefilter der Fa. Ziemann Holvrieka	111
3.5.5.3 Maischefilter der Fa. Landaluce	115
3.5.5.4 Maischefilterentwicklung der Fa. Steinecker	119
3.5.5.5 Maischefilter-CIP	120
3.5.6 Einschätzung des Maischefilters	122
3.5.7 Verfahrenstechnische Aspekte der Maischefiltration beim Maischefilter	122
3.6 Sonstige Läutergeräte	124
3.6.1 Strainmaster	124
3.6.2 Einsatz von Dekantern	125
3.6.3 Läutergeräte in der Fachliteratur	126
3.6.4 Neuere Entwicklungen	126
3.7 Zubehör zur Prozessstufe Läuterung	129
3.7.1 Trübwürzesammelgefäß	129
3.7.2 Glattwassersammelgefäß	129
3.7.3 Würzevorlaufgefäß/Würzestapelbehälter	129
3.7.4 Trubsammelgefäße	130
3.8 Treberbehandlung	130
3.9 Sauerstoffgehalt in heißen Sudbehältern	133
3.10 Zusammenfassung zu Kapitel 3	134
4. Kochung der Würze	135
4.1 Verfahrenstechnische Aufgabenstellung der Prozessstufe Würzekochung	135
4.2 Die Lösung der verfahrenstechnischen Aufgaben	136
4.2.1 Reduzierung der thermischen Belastung	136
4.2.2 Verringerung des Energieaufwandes und Entfernung unerwünschter wasserdampf­flüchtiger Komponenten	137
4.3 Zur historischen Entwicklung der Würzekochung	137
4.4 Gefäße für die Würzekochung	139
4.4.1 Bauformen	139
4.4.2 Baugruppen der Würzefannen und Zubehör	140
4.4.2.1 Behälter	140
4.4.2.2 Dunstschlot	141
4.4.2.3 Rührwerk	141

4.4.2.4	Mannlochverschluss	141
4.4.2.5	Innenbeleuchtung	141
4.4.2.6	Spritzkranz	141
4.4.2.7	Armaturen	142
4.4.2.8	Wärmedämmung	142
4.4.2.9	MSR-Ausrüstung	142
4.4.2.10	Reinigung der Anlagenkomponenten	142
4.4.3	Beheizung der Kochgefäße	142
4.4.3.1	Direkte Beheizung	142
4.4.3.2	Indirekte Beheizung	142
4.4.3.3	Wärmeübertrager	144
4.4.3.4	Reduzierung der Druckverluste beim Anströmen der Rohre eines RWÜ	145
4.4.3.5	Innenkocher	145
4.4.3.6	Außenkocher	147
4.4.3.7	Thermosiphon-Prinzip	151
4.4.4	Brüdenwärmenutzung	151
4.4.4.1	Nutzung der Kondensationswärme	151
4.4.4.2	Verdichtung des Brüdens und Nutzung der Temperaturerhöhung des Brüdens	152
4.4.4.3	Mehrstufige Entspannung der gekochten Würze	155
4.4.5	Brüdenkondensatnutzung	156
4.5	Moderne Würzekochanlagen	157
4.5.1	Vorwärmen der Würze	158
4.5.2	Das Stoffwandeln der Würzeinhaltsstoffe	158
4.5.2.1	Würzepfanne mit Innenkocher	158
4.5.2.2	Würzepfanne mit Außenkocher	162
4.5.3	Die dynamische Niederdruckkochung nach Huppmann	162
4.5.4	Würzekochsystem Merlin mit Dünnschichtverdampfung	163
4.5.5	Weitere Würzekochanlagen	165
4.5.5.1	Schonkochverfahren der Fa. Kaspar Schulz	165
4.5.5.2	Vakuumverdampfung nach Ziemann Holvrieka	167
4.5.5.3	Dynamische Würzekochung nach Ziemann Holvrieka	168
4.5.6	Nachbehandlung der gekochten Würze	169
4.5.6.1	Entfernung der Hopfentreber	169
4.6	Zubehör zu Kochanlagen	170
4.6.1	Vorlaufgefäß	170
4.6.2	WÜ zur Würzevorwärmung	171
4.6.3	Anlagen zur Bitterstoffdosierung	171
4.6.4	Behälter für Sirup und Zuckerlösung	172
4.7	Technologische Fortschritte bei Würzekochanlagen	172
4.7.1	Verbesserung der WÜ-Standzeiten	172
4.7.2	Vorteile der Kombination Würzepfanne/Whirlpool	173

4.7.3 Einsatz der Entspannungsverdampfung	174
4.7.3.1 Das Prinzip der Entspannungsverdampfung	174
4.7.3.2 Entspannungsgefäß	175
4.7.4 Das Würze-Stripping	175
4.7.5 Wärmeübertrager für Würzekocheranlagen	179
4.8 Würzebehandlungsanlagen der Vergangenheit	179
4.8.1 HTW-Kochung	180
4.8.2 Centribrew-Verfahren	181
4.8.3 Kochverfahren VarioBoil	181
4.8.4 Heidelberger Verfahren	182
4.9 Hinweise zum Fortschritt der Verfahrenstechnik bei der Würzekochung	183
4.9.1 Zum Koch- und Verdampfungsprozess beim Würzekochen	183
4.9.2 Hopfenisomerisation	185
4.10 MSR	185
4.11 Zusammenfassung zu Kapitel 4	186
5. Beheizung von Sudgefäßen	188
5.1 Allgemeine Hinweise	188
5.2 Wärmeübertragung	188
5.3 Die Berechnung von Wärmemengen, Heizflächen und Fluidströmungen	189
5.3.1 Benötigte Wärmemenge für eine Temperaturerhöhung	189
5.3.2 Berechnung der erforderlichen Heizfläche	191
5.3.3 Die Gestaltung von Wärmeübertragerflächen an Sudgefäßen	192
5.3.4 Die <i>Reynolds</i> -Zahl	197
5.3.5 Die Fließgeschwindigkeit	199
5.3.6 Der Druckverlust beim Durchströmen einer Rohrleitung oder Armatur	200
5.3.7 Die Grenzschichtdicke	202
5.3.8 Der Rieselfilm	207
5.4 Zur Auswahl des Heizmediums bei indirekter Beheizung	209
5.5 Hinweise zu mit Dampf beheizten Heizflächen	212
5.5.1 Einfluss von Luft im Dampfsystem	212
5.5.2 Dampf- und Kondensatleitungen	212
5.5.3 Anpassung der Heizflächen an den Wärmebedarf	213
5.6 Temperaturerhöhung durch Mischkondensation	213
5.6.1 Voraussetzungen für die direkte Beheizung von Sudgefäßen	214
5.6.2 Gestaltung einer Anlage für die direkte Beheizung	214
5.6.3 System PDX	217
5.6.4 Beispiele für die Maischeaufheizung	217
5.7 Beispiel Beheizung einer Würzepfanne mittels Mischkondensation	219
5.8 Heißhaltung und Rektifikation der Würze	220
5.9 Zusammenfassung zu Kapitel 5	221

6. Würzeklärung	222
6.1 Heißtrubentfernung	223
6.1.1 Setzbottich	223
6.1.2 Whirlpool	223
6.1.3 Sedimentationsbehälter	226
6.1.4 Separation	227
6.1.5 Filtration	227
6.2 Kühltrubentfernung	227
6.2.1 Anstellbottich	228
6.2.2 Separation	228
6.2.3 Anschwemmfiltration	228
6.2.4 Flotation	228
6.3 Entfernung der Hopfentreber	230
6.4 Zusammenfassung zu Kapitel 6	230
7. Würzekühlung und Würzebelüftung	231
7.1 Varianten der Würzekühlung	231
7.1.1 Einstrom-Kühlung	231
7.1.2 Zweistrom-Kühlung	233
7.1.3 Mehrstrom-Kühlvarianten	233
7.2 Vergleich der Würzekühlungs-Varianten	234
7.3 Ergebnisse der Modellrechnung und Schlussfolgerungen	236
7.4 Wärmeübertrager für die Würzekühlung	238
7.4.1 Plattenwärmeübertrager	238
7.4.2 Mittlere logarithmische Temperaturdifferenz	241
7.4.3 Aufbau der PWÜ	241
7.4.4 Spezielle Hinweise	247
7.4.5 Schaltung der PWÜ	248
7.4.6 Ausschluss von Medienvermischung	249
7.4.7 Erkennung von Schadensfällen	250
7.4.8 Werkstoffauswahl	253
7.4.9 Fließgeschwindigkeit in den PWÜ	253
7.4.10 CIP-gerechte Installation der WÜ und sachgerechte Reinigung	255
7.4.11 Temperaturbedingte Spannungen/Längenänderungen bei PWÜ	257
7.4.12 Die Aufstellung der Wärmeübertrager	257
7.4.13 Einhaltung des maximalen Betriebsdruckes	257
7.5 Würzebelüftung	258
7.5.1 Bedingungen für die Sauerstoffversorgung der Hefe	259
7.5.2 Gesetzmäßigkeiten der Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten	259
7.5.3 Die Gaslösung beeinflussende Faktoren	263
7.5.4 Technische Lösungen für die Belüftung	264
7.5.5 Beispiele ausgeführter Begasungssysteme bzw. Komponenten	270
7.5.6 Schlussfolgerungen	271

7.6 Dosierung der Anstellhefe	271
7.6.1 Dosierung nach Volumen	272
7.6.2 Dosierung nach Masse	273
7.6.3 Onlinebestimmung der Zellmenge	273
7.6.3.1 Dosierung durch Differenz-Trübungsmessung	273
7.6.3.2 Dosierung durch Erfassung der Teilchenzahl in der angestellten Würze	274
7.6.3.3 Vitalität der Anstellhefe	276
7.7 Auslegung der Würzepumpen und Rohrleitungen	277
7.8 MSR bei Würzekühlanlagen	277
7.9 Zusammenfassung	278
8. Biologische Säuerung	279
9. Garantiewerte und Sudhausausbeute	282
9.1 Allgemeine Bemerkungen	282
9.2 Zur Ermittlung der Sudhausausbeute	283
9.2.1 Heißwürzeausbeute	283
9.2.2 Kaltwürzeausbeute	285
9.2.3 Erfassung der Verluste im Sudhaus	285
9.2.4 Gesamtausbeute (Overall-Brewhouse-Yield)	288
9.2.5 Ermittlung der Treberverluste	288
9.2.6 Ermittlung einer Treberprobe	289
9.2.7 Extraktbestimmung in der kalten Würze	289
10. CIP-Anlagen	290
10.1 Unterschiede beim Einsatz von CIP-Anlagen	290
10.2 Wesentliche Komponenten einer CIP-Station	290
10.3 Varianten für den Betrieb einer CIP-Station	291
10.4 Ansatz und Kontrolle der R/D-Medien	292
10.5 Die Trennung von Medien bei CIP-Anlagen	293
10.6 Beispiele für CIP-Anlagen	294
10.7 Reinigungsvorrichtungen für die Behälterreinigung	298
10.8 Hinweise zur Gestaltung und zum Betrieb von CIP-Stationen - Voraussetzungen für die automatische Reinigung und Desinfektion	301
10.8.1 Allgemeine Hinweise	301
10.8.2 Heißreinigung	302
10.8.3 Empfehlungen für die Anlagenplanung	303
10.8.4 Reinigungssysteme für die verlorene Reinigung	303
10.8.5 Anforderungen an den Vorlaufbehälter	304
10.8.6 Minimierung der Medienvermischung	304
10.8.7 Rückförderung der CIP-Medien bei der Behälterreinigung	306
10.9 Voraussetzungen für optimale CIP-Systeme	306
10.10 Wichtige R/D-Mittel	307
10.10.1 Vorbemerkung	307
10.10.2 Alkalische Reinigungsmittel	308

10.10.3 Saure Reinigungsmittel	308
10.10.4 Desinfektionsmittel	309
10.11 Hinweise zur Chemikalienlagerung	309
10.12 Möglichkeiten der Kostensenkung bei der R/D	310
10.13 Wasserbehandlung aus der Sicht der Anlagenreinigung	311
10.14 Die Reinigung von Anlagen nach Montageabschluss	311
10.15 Arbeitsschutz und Unfallverhütung	312
11. Werkstoffe, Werkstoffoberflächen, Wand- und Bodenflächen	314
11.1 Werkstoffe und Oberflächen	314
11.2 Beseitigung der Anlauffarben an den Schweißstellen	315
11.3 Passivierung der Werkstoffoberflächen	315
11.4 Dichtungswerkstoffe	316
11.5 Wand- und Bodenflächen	317
12. Rohrleitungen, Pumpen und Antriebe im Sudhaus	318
12.1 Rohrleitungen	318
12.2 Verlegehinweise	318
12.3 Pumpen	319
12.4 Elektrische Antriebe	319
12.5 Pneumatische Antriebe	320
13. Wärmedämmungen	321
13.1 Allgemeine Hinweise	321
13.2 Die Ermittlung von Wärmeverlusten und die Auslegung von Wärmedämmungen	321
13.3 Die Vermeidung von Wasserdampfdiffusion und Schwitzwasserbildung	323
13.4 Die Ermittlung der Abkühl- bzw. Auskühlzeit von Behältern und Rohrleitungen	325
13.5 Hinweise zur Senkung der Wärmeverluste bei kalt gehenden Rohrleitungen und Apparaten	327
14. Allgemeine Raumgestaltung	328
15. Kontinuierliches Sudhaus	329
16. Energetische Optimierungen bei der Würzebereitung - ein Ausblick	333
Anlagen	339
Index	347
Quellennachweise und Anmerkungen	357