

Inhalt

Vorwort zur achten Auflage	<i>IX</i>	1.6.5	Maßnahmen zur Energieeinsparung	83
		1.6.6	Die Nebenarbeiten beim Darren	84
Vorwort zur siebenten Auflage	<i>XI</i>	1.6.7	Die Behandlung des Malzes nach dem Darren	85
Vorwort zur sechsten Auflage	<i>XIII</i>	1.6.8	Die Lagerung und Aufbewahrung des Malzes	85
1 Die Technologie der Malzbereitung	<i>1</i>	1.7	Der Malzschwand	87
1.1 Die Braugerste	<i>1</i>	1.7.1	Der Weichschwand	88
1.1.1 Die Morphologie der Gerste	<i>1</i>	1.7.2	Atmungs- und Keimschwand	88
1.1.2 Chemische Zusammensetzung der Gerste	<i>2</i>	1.7.3	Die Ermittlung des Malzschwandes	89
1.1.3 Die Eigenschaften der Gerste und ihre Beurteilung	<i>2</i>	1.8	Die Eigenschaften des Malzes	89
1.2 Die Vorbereitung der Gerste zur Vermälzung	<i>6</i>	1.8.1	Äußere Merkmale	89
1.2.1 Die Anlieferung der Gerste	<i>6</i>	1.8.2	Die mechanische Analyse	89
1.2.2 Transportanlagen	<i>1</i>	1.8.3	Die chemisch-technische Analyse	90
1.2.3 Das Putzen und Sortieren der Gerste	<i>9</i>	1.9	Malze aus anderen Getreidearten	92
1.2.4 Die Lagerung und Aufbewahrung der Gerste	<i>9</i>	1.9.1	Weizenmalz	92
1.2.5 Die künstliche Trocknung der Gerste	<i>9</i>	1.9.2	Malze aus anderen Getreidearten	94
1.2.6 Pflanzliche und tierische Schädlinge der Gerste	<i>9</i>	1.9.3	Pseudogreitreide	96
1.2.7 Gewichtsveränderungen der Gerste während der Lagerung	<i>13</i>	1.9.4	Spezialmalze	97
1.3 Das Weichen der Gerste	<i>16</i>	1.9.5	Die Kleinmälzung	99
1.3.1 Die Wasseraufnahme des Gerstenkorns	<i>2</i>	Die Technologie der Würzebereitung		101
1.3.2 Die Sauerstoffversorgung des Weichgutes	<i>17</i>	2.1	Die Rohmaterialien	
1.3.3 Die Reinigung der Gerste	<i>18</i>	des Brauprozesses		101
1.3.4 Wasserverbrauch	<i>18</i>	2.1.1	Malz	101
1.3.5 Die Weicheinrichtungen	<i>18</i>	2.1.2	Ersatzstoffe des Malzes	101
1.3.6 Die Technik des Weichens	<i>18</i>	2.1.3	Das Brauwasser	103
1.4 Die Keimung	<i>21</i>	2.1.4	Der Hopfen	115
1.4.1 Die Theorie der Keimung	<i>21</i>	2.2	Das Schrot des Malzes	126
1.4.2 Die Praxis der Keimung	<i>24</i>	2.2.1	Die Kontrolle des Schrottes	128
1.5 Die verschiedenen Mälzungssysteme	<i>24</i>	2.2.2	Die Schrotmühlen	128
1.5.1 Die Tennenmälzerei	<i>26</i>	2.2.3	Beschaffenheit und Zusammensetzung	
1.5.2 Die pneumatische Mälzerei	<i>26</i>	des Schrottes		135
1.5.3 Die Keimanlagen der pneumatischen Mälzerei	<i>35</i>	2.2.4	Die Anordnung der Schrotterei	136
1.5.4 Das fertige Grünmalz	<i>39</i>	2.3	Die Herstellung der Würze	136
1.6 Das Darren des Grünmalzes	<i>39</i>	2.3.1	Die Theorie des Maischens	137
1.6.1 Die Vorgänge beim Darren	<i>43</i>	2.3.2	Die Praxis des Maischens	145
1.6.2 Die Darren	<i>43</i>	2.3.3	Die Maischverfahren	150
1.6.3 Praxis des Darrens	<i>46</i>	2.3.4	Spezielle Probleme beim Maischen	160
1.6.4 Kontrolle und Automatisierung der Darrarbeit – Pflege der Darren	<i>62</i>	2.3.5	Die Kontrolle des Maischprozesses	161
	<i>62</i>	2.4	Die Gewinnung der Würze	
	<i>62</i>	(Das Abläutern)		163
	<i>62</i>	2.4.1	Das Abläutern mit dem Läuterbottich	163
	<i>62</i>	2.4.2	Der Läuterbottich	163
	<i>68</i>	2.4.3	Der Läutervorgang im Läuterbottich	166
	<i>75</i>	2.4.4	Abläutern mit dem konventionellen Maischfilter	
				175
		83		

2.4.5	Dünnschicht-Maischefilter mit Membranen	176	3	Die Technologie der Gärung	231
2.4.6	Der Dünnschicht-Kammerfilter	178	3.1	Die Bierhefen	231
2.4.7	Schlussfolgerungen zu den beiden Systemen der Dünnschicht-Maischefilter im Vergleich zu modernen Läuterbottichen	180	3.1.1	Morphologie der Hefe	231
2.4.8	Der Strainmaster	180	3.1.2	Die chemische Zusammensetzung der Hefe	232
2.4.9	Kontinuierliche Läutermethoden	181	3.1.3	Die Enzyme der Hefe	232
2.4.10	Das Vorlaufgefäß	182	3.1.4	Die Vermehrung der Hefe	233
2.5	Das Kochen und Hopfen der Würze	182	3.1.5	Die Genetik der Hefe	234
2.5.1	Die Würzepfannen	182	3.1.6	Gen-Manipulation der Hefe	234
2.5.2	Physikalische Vorgänge bei der Würzekochung	187	3.1.7	Autolyse der Hefe	236
2.5.3	Die Koagulation des Eiweißes	188	3.2	Der Stoffwechsel der Hefe	236
2.5.4	Die Hopfung der Würze	190	3.2.1	Der Kohlenhydratstoffwechsel	237
2.5.5	Das Verhalten von Aromastoffen der Würze	197	3.2.2	Der Eiweißstoffwechsel	239
2.5.6	Technologische und energiewirtschaftliche Beurteilung moderner Würzekochsysteme	200	3.2.3	Der Fettstoffwechsel	240
2.5.7	Das Ausschlagen der Würze	206	3.2.4	Der Mineralstoffwechsel	241
2.5.8	Die Ausschlagwürze	207	3.2.5	Wuchsstoffe (Vitamine)	242
2.5.9	Die Reinigung der Sudwerksanlage	208	3.2.6	Die Stoffwechselprodukte und ihre Bedeutung für die Beschaffenheit des Bieres	242
2.5.10	Die Automatisierung des Würzekochprozesses	209	3.3	Die untergärtige Hefe in der Praxis der Brauerei	246
2.5.11	Möglichkeiten des Einsatzes von Extraktresten	209	3.3.1	Die Wahl der Hefe	246
2.5.12	Die Treber	211	3.3.2	Die Reinzucht der Bierhefen	247
2.5.13	Sicherheit und Gleichmäßigkeit des Sudablaufes	211	3.3.3	Entartung und Degeneration der Hefe	249
2.6	Die Sudhausausbeute	212	3.3.4	Gewinnung der Hefe	249
2.6.1	Die Berechnung der Sudhausausbeute	212	3.3.5	Reinigen der Hefe	250
2.6.2	Die Beurteilung der Sudhausausbeute	213	3.3.6	Lagerung der Hefe	251
2.6.3	Schlussfolgerungen zum Thema Ausbeute	216	3.3.7	Versand der Hefe – Trockenhefen	252
2.7	Würzekühlung und Trubausscheidung	216	3.3.8	Der Zustand der Hefe	252
2.7.1	Die Abkühlung der Würze	216	3.4	Die Gärung in der untergärtigen Brauerei	253
2.7.2	Die Sauerstoffaufnahme der Würze	216	3.4.1	Die Gärräume	253
2.7.3	Die Ausscheidung des Trubs	217	3.4.2	Die Gärgefäße	255
2.7.4	Sonstige Vorgänge	218	3.4.3	Das Anstellen der Würze mit Hefe	260
2.7.5	Kühlhauseinrichtung	218	3.4.4	Die Gärführung	264
2.7.6	Der Betrieb mit Kühlschiff, Berieselungskühler oder geschlossenem Kühler	218	3.4.5	Der Verlauf der Hauptgärung	264
2.7.7	Geschlossene Würzekühlsysteme	220	3.4.6	Der Vergärungsgrad	267
2.8	Die Bestimmung der Kaltwürze-Ausbeute	228	3.4.7	Die Schlauchreife des Bieres	269
2.8.1	Messwerte	228	3.4.8	Die Veränderung der Würze während der Gärung	269
2.8.2	Errechnung der Kaltwürze-Ausbeute	229	3.4.9	Die Gewinnung der Gärungskohlensäure	272
2.8.3	Die Gesamtausbeute bei der Würzebereitung (Overall Brewhouse Yield – OBY)	229	3.5	Die Nachgärung und Lagerung des Bieres	274
			3.5.1	Die Lagerkeller	274
			3.5.2	Die Lagergefäße	276
			3.5.3	Der Verlauf der Nachgärung	277
			3.6	Moderne Methoden zur Vergärung und Lagerung des Bieres	285
			3.6.1	Die konventionelle Arbeitsweise bei Gärtanks und Großgefäß	285
			3.6.2	Die Anwendung von Zwischenlagertanks, der Einsatz einer Jungbierzentrifuge	289

3.6.3	Verfahren zur beschleunigten Gärung und Reifung des Bieres	290	5.3.5	Verschließen der Flaschen	342
3.6.4	Kontinuierliche Gärverfahren	297	5.3.6	Aufnahme von Sauerstoff beim Abfüllen	342
3.6.5	Anlage mit klassischen ZKGs für ein Durchflussverfahren	298	5.4	„Sterilabfüllung“ und Pasteurisation des Bieres	346
3.6.6	Die Kalthopfung des Bieres	298	5.4.1	„Sterilabfüllung“	346
			5.4.2	Pasteurisation des Bieres	349
4	Die Filtration des Bieres	301	5.5	Gliederung der Flaschenfüllerei	352
4.1	Die Theorie der Filtration	301	6	Bierschwand	353
4.2	Die Technik der Filtration	302	6.1	Faktoren des Bierschwandes	353
4.2.1	Die Massefiltration	303	6.1.1	Würzeschwand	353
4.2.2	Die Kieselgurfiltration	304	6.1.2	Eigentlicher Bierschwand	355
4.2.3	Die Schichtenfilter	310	6.2	Ermittlung des Bierschwandes	357
4.2.4	Die Membranfiltration	311	6.2.1	Berechnung des Volumenschwandes	357
4.2.5	Die Zentrifugen	312	6.2.2	Ermittlung der Mehr- bzw. Fehlmengen	358
4.3	Die Kombination der Klärverfahren	313	6.2.3	Berechnung der aus 100 kg Malz erzielten Würze- und Biermenge	358
4.4	Wege zum Ersatz der Kieselgurfiltration	314	6.2.4	Berechnung des Extraktschwandes ab Ausschlagwürze bzw. ab Malzschüttung	358
4.4.1	Kombination von Zentrifuge und Massefilter	314	6.2.5	Die Restbierwirtschaft	359
4.4.2	Kombination von Feinklärzentrifuge und Horizontalfilter	314	7	Das fertige Bier	361
4.4.3	Multi-Mikrofiltration	314	7.1	Zusammensetzung des Bieres	361
4.4.4	Filterschichten	315	7.1.1	Bierextrakt	361
4.4.5	Anwendung synthetischer Extrudate	315	7.1.2	Flüchtige Bestandteile	362
4.4.6	Kreuzstrom-Mikrofiltration	316	7.2	Einteilung der Biere	362
4.4.7	Folgerung zu modernen Filtersystemen	320	7.3	Eigenschaften der Biere	363
4.5	Die Hilfs- und Kontrollapparate der Filtration	320	7.3.1	Allgemeine Eigenschaften	363
4.5.1	Hilfsapparate	320	7.3.2	Redoxpotenzial des Bieres	363
4.5.2	Kontrollgeräte	321	7.3.3	Farbe des Bieres	364
4.6	Einleitung und Beendigung der Filtration	322	7.4	Aroma des Bieres	364
4.7	Das Geläger	322	7.4.1	Aromamerkmale	364
4.8	Die Druckluft	323	7.4.2	Beeinflussung der Geschmacksfaktoren	365
5	Das Abfüllen des Bieres	325	7.4.3	Geschmacksfehler des Bieres	367
5.1	Die Aufbewahrung des filtrierten Bieres	325	7.5	Schaum des Bieres	369
5.2	Die Fassfüllerei	325	7.5.1	Theorie des Schaumes	369
5.2.1	Die Fässer	325	7.5.2	Technologische Einflüsse auf den Bierschaum	370
5.2.2	Die Fassreinigung	326	7.6	Chemisch-physikalische Haltbarkeit und ihre Stabilisierung	373
5.2.3	Die Fassabfüllung	327	7.6.1	Zusammensetzung der kolloiden Trübungen	373
5.2.4	Verbesserungen in der herkömmlichen Fassfüllerei	328	7.6.2	Ausbildung der kolloiden Trübungen	374
5.2.5	Die Reinigung und Abfüllung zylindrischer Metalfässer (Kegs)	328	7.6.3	Technologische Maßnahmen zur Verbesserung der kolloiden Stabilität	374
5.2.6	Der Fassfüll- und Stapelkeller	331	7.6.4	Stabilisierung des Bieres	374
5.3	Die Flaschen- und Dosenfüllerei	331	7.6.5	Geschmacksstabilität des Bieres	381
5.3.1	Die Gefäße	331	7.6.6	Methoden zur Kontrolle und Vorhersage der Geschmacksstabilität	387
5.3.2	Die Flaschenreinigung	334	7.6.7	Chemische Biertrübungen	388
5.3.3	Die Flaschenfüllung	336			
5.3.4	Reinigen und „Sterilisieren“ der Füllmaschinen	341			

7.6.8	Wildwerden des Bieres (Gushing)	389	8.3.5	Die Veränderung der Würze während der Obergärung	422
7.7	Die Filtrierbarkeit des Bieres	391	8.3.6	Die Nachgärung	423
7.7.1	Ursachen einer schlechten Filtrierbarkeit des Bieres	391	8.3.7	Filtration und Abfüllung	425
7.7.2	Abhilfemaßnahmen	393	8.4	Verschiedene obergärtige Biere und ihre Herstellung	426
7.8	Biologische Stabilität des Bieres	394	8.4.1	Das Altbier (Düsseldorf, Niederrhein)	426
7.8.1	Kontaminationsursachen	394	8.4.2	Das Kölsch	428
7.8.2	Sicherung der biologischen Haltbarkeit	396	8.4.3	Weizenbier – hefefrei	429
7.9	Physiologische Wirkung des Bieres	397	8.4.4	Hefeweizenbier	432
7.9.1	Nährwert des Bieres	397	8.4.5	Obergärtige Biere aus Malzen anderer Getreidearten als Gerste und Weizen	436
7.9.2	Diätetische Wirkung des Bieres	398	8.4.6	Das Berliner Weißbier	438
7.10	Deutsche Biertypen	399	8.4.7	Traditionelle obergärtige Biere	439
7.10.1	Helles Lagerbier	399	8.4.8	Malzbier (auch Süßbier genannt)	440
7.10.2	Hell Export (12,5 GG%+)	399	8.4.9	Obergärtige Nährbiere bayerischer Brauart	441
7.10.3	Pilsener Biere	400	8.4.10	Obergärtige, alkoholfreie Biere	441
7.10.4	Heller Bock	400	8.4.11	Obergärtige Leichtbiere	441
7.10.5	Märzenbier	401	8.5	Glutenfreie Biere	441
7.10.6	Dunkle und Schwarzbiere	401	8.5.1	Herstellung aus konventionellen Rohstoffen – züchterische Modifikation der Rohstoffe	442
7.10.7	Deutscher Porter	402	8.5.2	Enzymatische Modifikation der Rohstoffe	442
7.10.8	Rauchbier	402	8.5.3	Bierherstellung aus glutenfreien Zucker- bzw. Stärkequellen	442
7.11	Besondere Biere	402	8.5.4	Kohlenhydratreiche Körnerfrüchte	442
7.11.1	Frühere Diätbiere	403	9	Das Brauen mit hoher Stammwürze	445
7.11.2	Nährbiere	405	9.1	Die Herstellung der stärkeren Würze	445
7.11.3	Alkoholfreie Biere	405	9.1.1	Das Abläutern	445
7.11.4	Verfahren zur Begrenzung des Alkoholgehaltes	406	9.1.2	Das Maischen	445
7.11.5	Alkoholentzug mit physikalischen Verfahren	408	9.1.3	Das Würzekochen	445
7.11.6	Die Kombination der verschiedenen Verfahren zur Herstellung von alkoholfreiem Bier	411	9.1.4	Whirlpoolbetrieb	446
7.11.7	Leichtbiere	412	9.1.5	Die Verdünnung der starken Würze bei der Würzekühlung	446
8	Die Obergärung	415	9.2	Die Vergärung der stärkeren Würzen	446
8.1	Allgemeines	415	9.3	Die Verdünnung des ausgereiften Bieres	447
8.2	Die obergärtige Hefe	417	9.4	Die Eigenschaften der Biere	448
8.2.1	Morphologische Merkmale	418		Weiterführende Literatur	449
8.2.2	Physiologische Unterschiede	418		Sachregister	453
8.2.3	Gärungstechnologische Merkmale	419			
8.2.4	Hefebehandlung	419			
8.3	Die Führung der Obergärung	420			
8.3.1	Gärraum und Gärbehälter				
8.3.2	Die Würzebeschaffenheit				
8.3.3	Das Anstellen				
8.3.4	Der Ablauf der Hauptgärung				