

L. Narziß, W. Back, H. Miedaner und S. Lustig

Untersuchungen zur Beeinflussung der Geschmacksstabilität durch Variation technologischer Parameter bei der Bierherstellung

In Pilot- und Praxisversuchen sowie anhand von Verkaufsbieren wurden die folgenden Einflüsse auf deren Geschmacksstabilität nach Organoleptik und GC-Analytik gewonnen: Eine kontrollierte Eiweißlösung des Malzes (< 41%) und Abdarrtemperaturen unter 85 °C waren günstig, ebenso luftarmes Maischen bei niedrigem pH (ca. 5.2) und hohen Einmaischtemperaturen (62 °C), eine geringe thermische Belastung der Würze nach dem Kochen sowie nur geringe Heißtrubgehalte. Bei der Gärung waren Temperaturen unter 12 °C günstig, ebenso eine kontrollierte Belüftung beim Anstellen. Reinsauerstoff lieferte geschmacklich instabile Biere. Bei Filtration und Abfüllung kann schon eine geringe Sauerstoffaufnahme, ebenso wie eine vermehrte thermische Belastung alle Bemühungen in den vorhergehenden Stadien zunichte machen.

BC 25 Bier

(Descriptor: Geschmacksstabilität, Alterungskomponenten.

Descriptors: flavour, staling compounds).

Die in unseren Arbeiten gewonnenen Erkenntnisse (1, 2) sollen im Zusammenhang mit der sensorischen Bewertung dazu genutzt werden, um Variationen im Mälzungs- und Brauprozess hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Geschmacksstabilität der resultierenden Biere zu beurteilen. Die Biere wurden jeweils frisch und forciert gealtert untersucht und dabei die „Alterungskomponenten“, ggf. wichtige Daten anderer Analysen und die sensorische Bewertung gewonnen. Die Ergebnisse wurden im Klein- und im Pilotsudwerk des Lehrstuhls für Technologie der Brauerei I sowie in mehreren Brauereien im Großmaßstab durchgeführt (3, 4). Prinzip war, immer nur einen technologischen Parameter zu verändern, die anderen jedoch konstant zu halten.

Zur statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurden die Ergebnisse der Reproduzierbarkeitsbestimmung sowohl der Analyse der Alterungssubstanzen als auch der dreifache Absolutwert des beidseitigen 95%igen Vertrauensintervalls im entsprechenden Alterungszustand zur Bewertung der Unterschiede der Analyseergebnisse zweier Biere herangezogen.

In Tabelle 1 sind diese Bewertungsunterlagen im frischen und forcierten Zustand für die wichtigsten alterungsrelevanten Aromastoffe angegeben. Sie sind auch bei den folgenden Untersuchungen bei der Angabe von Ergebnissen im Text mit aufgeführt.

Autoren: em. Prof. Dr. Ludwig Narziß und Prof. Dr. Werner Back, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, 85350 Freising-Weihenstephan, Prof. Dr. Heinz Miedaner, Staatliche Brautechnische Prüf- und Versuchsanstalt, 85350 Freising-Weihenstephan, Dr. Stefan Lustig, Brauerei Beck & Co, Bremen – Auszug aus der Dissertation von Dr. Stefan Lustig, Dezember 1994

Der Einfluß der Mälzereitechnologie auf die Geschmacksstabilität der Biere

Der Einfluß der Gerstensorte

Hier standen Malze aus reinen Gerstensorten und definierten Gemischen im Klein- und Großmaßstab unter standardisierten Mälzungs- und Braubedingungen zur Verfügung (5).

Zunächst wurden die Sorten Alexis, Gimpel und Steffi im Kleinmaßstab vermälzt und im Vergleich zu einem Handelsmalz aus einer reinen Partie Plaisant verbraut.

Wie die Tabellen 2 und 3 zeigen, weist die Sorte Plaisant schon im frischen Bier Unterschiede in der Summe der Alterungskomponenten und im Forcierindex gegenüber den anderen Sorten auf. Dies ist besonders in den gealterten Bieren festzustellen. Dies ist umso bemerkenswerter, als alle Sorten etwa die gleiche Eiweißlösung aufwiesen und die Gehalte an löslichem Stickstoff nur um ca. 5% voneinander abwichen. In Tabelle 3 zeigt sich, daß Plaisant höhere Werte an Strecker-Aldehyden aufwies.

Auswirkungen von Gersten- bzw. Malzmischungen auf die alterungsrelevanten Aromastoffe

Aus den vorstehenden Sortenversuchen wurden verschiedene Gemische aus Gerstengemischen und aus Gemischen rein hergestellter Malze verbraut.

Nach Tabelle 4 ergab das Gerstengemisch 75% Steffi und 25% Gimpel deutlich niedrigere Werte an Alterungssubstanzen als die Sorte Gimpel allein. Das frische Bier ließ keine Unterschiede erkennen.

Malzmischungen aus sortenreinen Gersten zeigten nach Tabelle 5 jeweils einen Vorteil der Gemische, d. h. die Alterungssubstanzen derselben lagen niedriger als die niedrigsten Werte der Einzelsorten. Im forciert gealterten Zustand glichen sich die Werte etwas aus.

Es war also kein Nachteil aus der Verwendung von Gersten- bzw. Malzgemischen für die Geschmacksstabilität abzuleiten.

Tabelle 1 Dreifaches 95%iges Vertrauensintervall (beidseitig) zur Bewertung von Analyseergebnissen bei den Untersuchungen zur Beeinflussung der Geschmacksstabilität durch technologische Maßnahmen

Vertrauensintervall	µg/l	frisch	forciert
2-Methyl-Butanal		3,1	2,9
3-Methyl-Butanal		0,9	1,7
2-Furfural		1,1	11,3
2-Phenyl-Ethanal		2,0	4,9
2,4-Dimethyl-4-Cyclopenten-1,3-dion		0,8	0,9
Essigsäure-Furfuryl-Ester		1,5	0,7
Hexansäure-Ethyl-Ester		1,7	2,1
Nicotinsäure-Ethyl-Ester		15,2	10,5
Phenyllessigsäure-Ethyl-Ester		0,1	0,1
2-Acetyl-Furan		0,9	1,0
2-Propionyl-Furan		0,5	0,2
2-Acetyl-5-Methyl-Furan		1,8	1,3
Dihydro-5,5-Dimethyl-2(3H)-Furanon		7,9	3,7
5,5-Dimethyl-2(5H)-Furanon		9,4	3,3
γ-Nonalacton		2,5	4,4
2-Ethyl-Furfuryl-Ether		0,3	0,3
2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan		1,9	4,9
trans-Nerolidol		0,2	0,6
Dihydroactinidiolid		2,6	4,3
Summe der Wärmeindikatoren		2,4	14,0
Summe der Sauerstoffindikatoren		2,8	6,0
Summe der Furane		13,7	11,9
Summe der Alterungskomponenten		5,1	18,4
Forcierindex		5,0	13,4
Alterungsindex		7,6	16,3

Tabelle 2 Aromastoffe und Indexzahlen bei den Gerstensorten (frische Biere)

Aromastoffe Indexzahlen (dimensions)	µg/l	Plaisant	Alexis	Steffi	Gimpel	VI
3-Methyl-Butanal		21	14	14	15	0,9
2-Phenyl-Ethanal		23	17	22	26	2,0
Summe der Sauerstoffindikatoren		45	32	37	41	2,8
Summe der Alterungskomponenten		85	57	74	75	5,1
Forcierindex		88	55	70	65	5,0
Alterungsindex		117	77	95	89	7,6

Tabelle 3 Aromastoffe und Indexzahlen (forcierte Biere)

Aromastoffe Indexzahlen (dimensions)	µg/l	Plaisant	Alexis	Steffi	Gimpel	VI
3-Methyl-Butanal		34	20	22	19	1,7
2-Furfural		94	79	103	69	11,3
2-Phenyl-Ethanal		40	27	40	34	4,9
2-Acetyl-Furan		7,6	3,1	4,4	3,8	1,0
Summe der Alterungskomponenten		211	164	204	156	18,4
Forcierindex		166	120	143	114	13,4
Alterungsindex		199	137	162	143	16,3

Tabelle 4 Alterungskonzentrationen in forciertem Zustand und Gerstenverschnitt

Aromastoffe Indexzahlen (dimensions)	µg/l	Steffi (II) rein	75% Steffi+ 25% Gimpel	Gimpel rein	VI
2-Furfural		100	64	69	11,3
2-Phenyl-Ethanal		40	25	34	4,9
Summe der Alterungskomponenten		193	135	156	18,4
Forcierindex		125	99	114	13,4
Alterungsindex		144	109	143	16,3

Tabelle 5 Biere aus Mischungen von rein vermälzten Sorten – frischer Zustand

Aromastoffe Indexzahlen (dimensions)	µg/l	Steffi	50% Steffi+ 50% Plaisant	Plaisant	50% Steffi+ 50% Alexis	Alexis	VI
Summe der Alterungskomponenten		74	67	85	49	57	5,1
Forcierindex		70	71	88	54	55	5,0
Alterungsindex		95	94	117	72	77	7,6

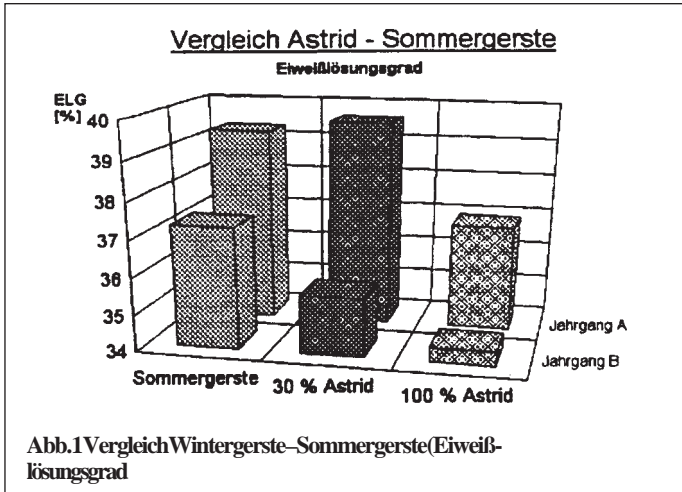


Abb.1 Vergleich Wintergerste-Sommergerste (Eiweißlösungsgrad)

Der Einfluß der Wintergerste Astrid auf die Konzentration von Alterungssubstanzen

Die Versuche wurden im Großmaßstab aus zwei Jahrgängen durchgeführt. Neben der üblichen Malzmischung an Sommergerstenmalz kamen jeweils 30% und 100% Astrid-Malz zum Einsatz. Abb.1 läßt erkennen, daß die Sorte Astrid einen niedrigeren Eiweißlösungsgrad aufwies als die Sommergerstenmischung. Wie die Abb. 2, 3 und 4 zeigen, lagen die Alterungssubstanzen im forciert behandelten Bier in deutlich geringeren Mengen vor. Es war hier eine Parallele zur Eiweißlösung gegeben. Die Verkostungsergebnisse der gealterten Biere entsprachen den analytischen Daten. Dabei muß aber erwähnt werden, daß die Astrid-Biere ein anderes Geschmacksprofil aufwiesen als die aus Sommergerstenmalzen. Sie waren schlank, wenig malzaromatisch und im Nachtrunk eher „trocken“, während letztere leicht „malzige“ Noten aufwiesen, eine Eigenschaft, die mit einem höheren Gehalt an 2-Phenylethanal einherging.

Der Einfluß der Malzqualität auf die Geschmacksstabilität der Biere

In einem Großversuch wurden 9 verschiedene Malze mit bekannten Analysendaten gebraut und im frischen wie auch gealterten Zustand analysiert. Das Zahlenmaterial erlaubte eine Korrelationsberechnung zwischen gaschromatographischen Daten und Malzanalysekriterien.

Abb. 5 zeigt den erwarteten Zusammenhang zwischen Kongreßwürzefarbe und 2-Furfural. Bemerkenswert ist jedoch, daß das γ -Nonalacton im Bier mit steigender Malzfarbe abnimmt. Nach den Abb. 6 und 7 ergab sich eine hohe Korrelation zwischen dem Eiweißlösungsgrad und der Summe der Alterungskomponenten – bzw. eine noch engere Beziehung zum dimensionslosen Forcierindex.

Der Einfluß des Parameters „Keimgutfeuchte“ auf Malzlösung und Geschmacksstabilität

Die im Kleinmaßstab hergestellten Malze verzeichneten nach Tabelle 6 naturgemäß beim höchsten Wassergehalt von 45% (Standardwert) auch den höchsten Eiweißlösungsgrad. Dies wirkte sich bereits im frischen Zustand auf die Aromastoffe der Biere aus. Bei der forcierten Alterung zeigten sich nach Tabelle 7 erneut die Einflüsse, die höhere Eiweißlösungsgrade vermitteln. Je höher dieser war, umso mehr 3-Methyl-Butanal, 2-Phenylethanal und 2-Furfural wurden gebildet. Die Abb. 8 gibt einen Eindruck über die Relation zwischen dem Eiweißlösungsgrad und der Summe des Alterungskomponenten sowie dem Forcierindex.

Der Einfluß der Abdarrtemperatur auf die Konzentration alterungsrelevanter Aromastoffe

Im Pilotmaßstab wurden Malze mittels des gleichen Schmelkverfahrens getrocknet und jeweils bei 70°, 80° und 90°C abgedarrt. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die alterungsrelevanten Aromastoffe und die Alterungs- resp. Forcierindices der forciert gealterten Biere. Dabei waren die Unterschiede zwischen 70° und 80°C relativ gering, wie vor allem auch die Indexzahlen zum Ausdruck brachten. Die thermische Belastung eines Malzes äußerte sich nach Abb. 9 im Konzentrationsanstieg einiger relevanter Aromastoffe, wie die beiden Furanverbindungen 2-Acetyl-Furan und 2-Acetyl-5-Methyl-Furan. Damit einher gingen auch die Ergebnisse der Geschmacksproben, die beim forciert gealterten Bier beim 90°C eindeutig ungünstiger ausfielen (Abb. 10).

Der Einfluß der Technologie der Würzbereitung auf die Geschmacksstabilität der resultierenden Biere

Maischtechnologie

Die Einmaischttemperatur und die Temperaturführung der Maische (50/70/77°C gegen 62/70/77°C) wirkten sich nach Tabelle 9 sowohl in den frischen als auch in den forciert gealterten Bieren

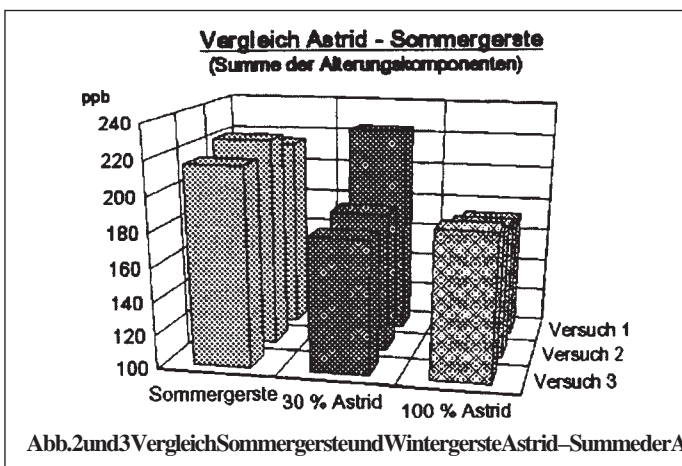
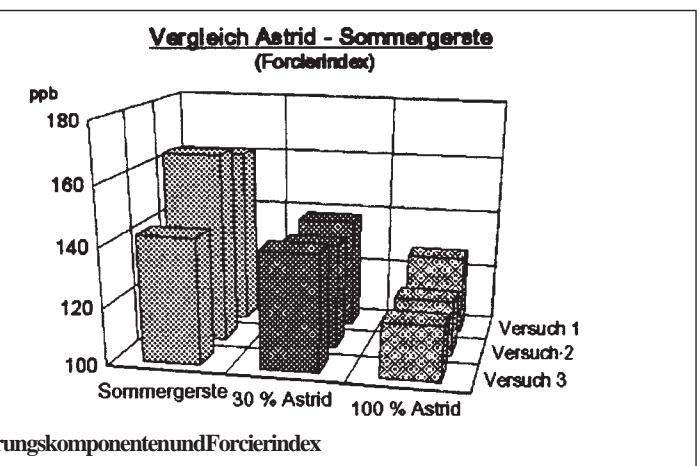


Abb.2 und 3 Vergleich Sommergerste und Wintergerste Astrid – Summe der Alterungskomponenten und Forcierindex



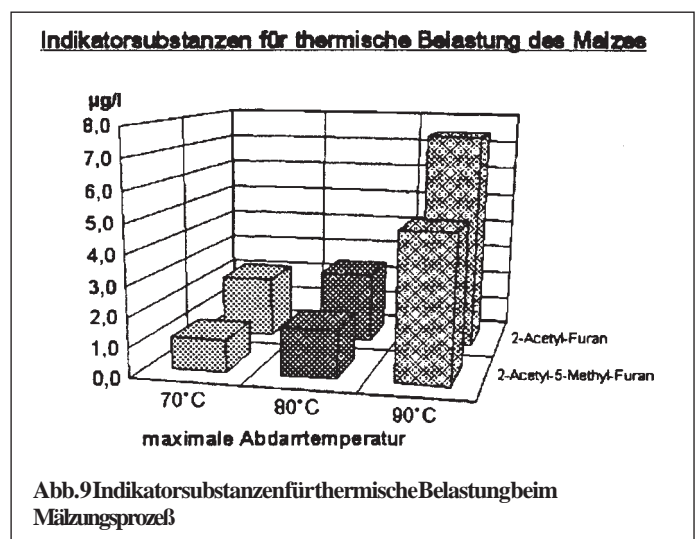
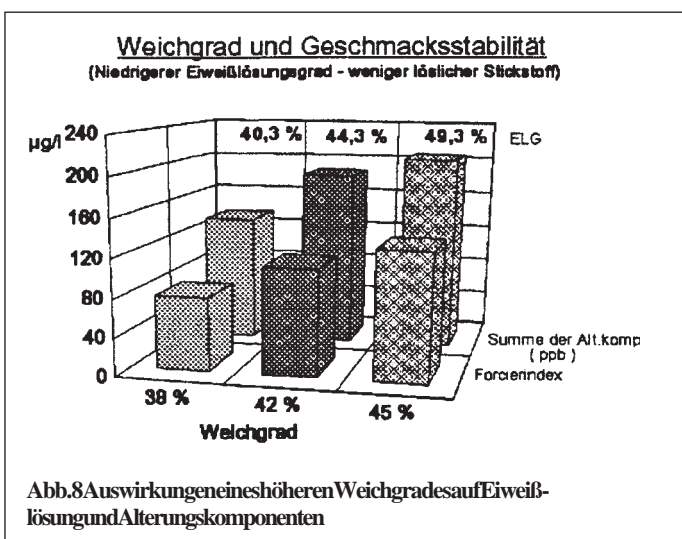
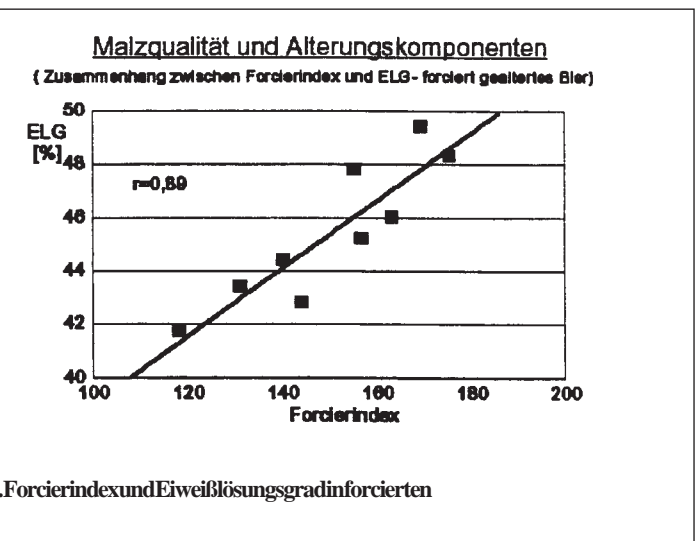
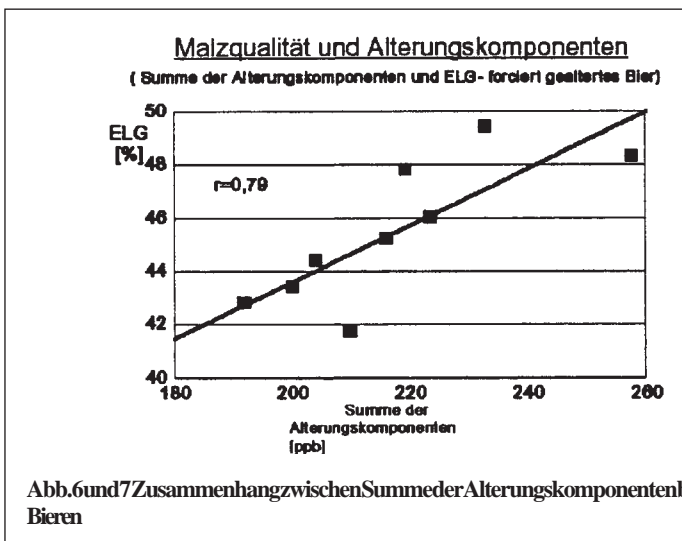
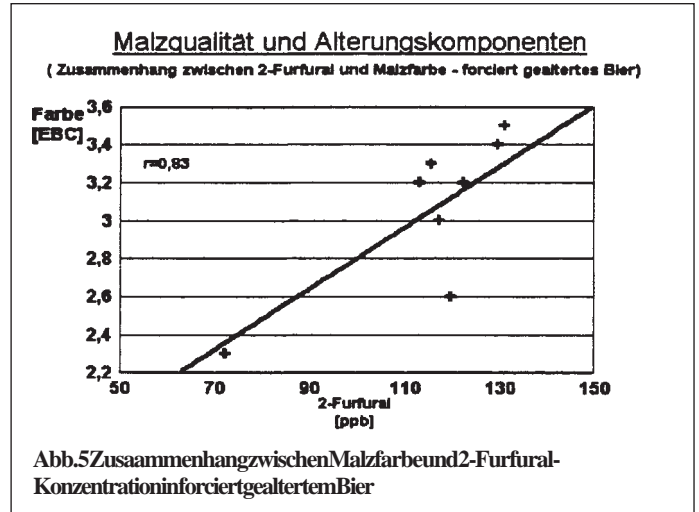
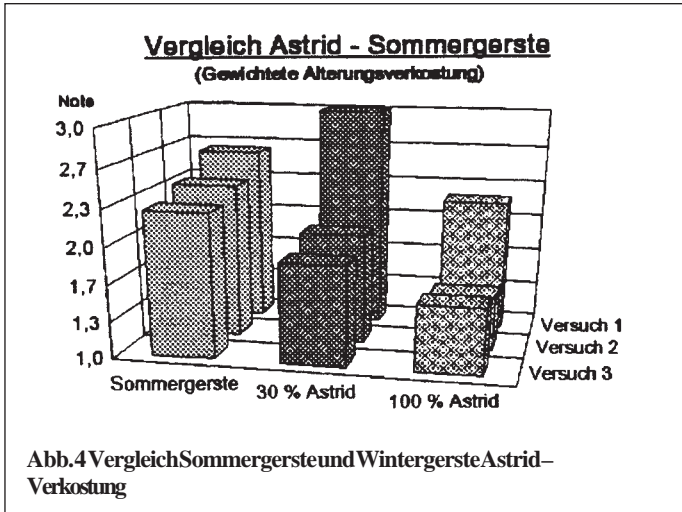


Tabelle 6 Auswirkungen unterschiedlicher Weichgrade auf die Eiweißverhältnisse

Weichgrad	38%	42%	45%
Eiweiß wfr. (%)	9,9	9,6	9,5
Löslicher Stickstoff (mg/100 g MtrS)	638	680	750
Eiweißlösungsgrad (%)	40,3	44,3	49,3

Tabelle 7 Einfluß des Weichgrades auf die Aromastoffzusammensetzung des forciert gealterten Bieres

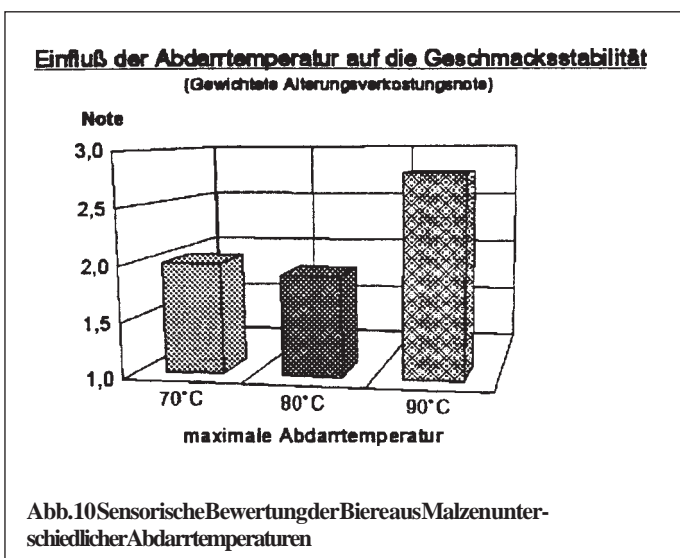
Aromastoffein	µg/l	Weichgrad 38%	Weichgrad 42%	Weichgrad 45%	VK
3-Methyl-Butanal	12	20	22	1,7	
2-Phenyl-Ethanal	22	39	41	4,9	
2-Furfural	70	98	106	11,3	

Tabelle 8 Abdarrtemperaturen und alterungsrelevante Aromastoffe in forciert gealtertem Bier

Aromastoffein $\mu\text{g/l}$ –forciert gealtertes Bier (12%) Indexzahl dimensionslos	70 °C	80 °C	90 °C	VI
3-Methyl-Butanal	16	19	24	1,7
2-Furfural	62	70	93	11,3
2-Phenyl-Ethanal	29	26	46	4,9
2-Acetyl-Furan	2,1	2,4	7,4	1,0
2-Acetyl-5-Methyl-Furan	1,1	1,6	4,9	1,3
5,5-Dimethyl-2(5H)-Furanon	46	50	90	3,3
Summe der Alterungskomponenten	128	133	186	18,4
Forcierindex	86	95	128	13,4
Alterungsindex	91	98	145	16,3

Tabelle 9 Extreme Maischverfahren – Aromastoffe in frischem und forciert gealtertem Bier

Alterungskomponenten in mg/l Indexzahl dimensionslos	50/70/77 frisch	62/70/77 frisch	VI frisch	50/70/77 forciert	62/70/77 forciert	VI forciert
3-Methyl-Butanal	13	10	0,9	17	9	1,7
2-Furfural	3,3	2,6	1,1	66	63	11,3
2-Phenyl-Ethanal	13	11	2,0	24	15	4,9
3-Methyl-1-Thio-Propanal	8,3	6,5		9,5	6,4	
Nicotinsäure-Ethyl-Ester	5,6	7,5	15,2	15	19	10,5
5,5-Dimethyl-2(5H)-Furanon	360	289	9,4	385	326	3,3
gamma-Nonalacton	8,9	8,3	2,5	30	13	4,4
trans-Nerolidol	1,9	1,8	0,2	10	4,2	0,6
Dihydroactinidiolid	22	25	2,6	37	35	4,3
Summe der Alterungskomponenten	43	37	5,1	145	109	18,4
Forcierindex	42	35	5,0	98	66	13,4
Alterungsindex	58	61	7,6	124	91	16,3

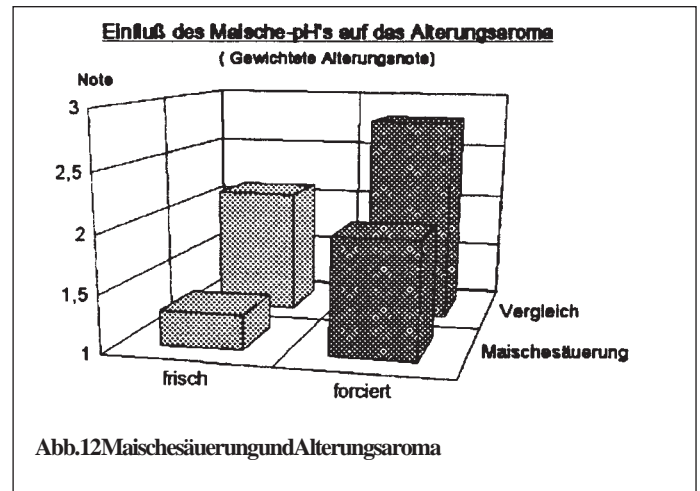
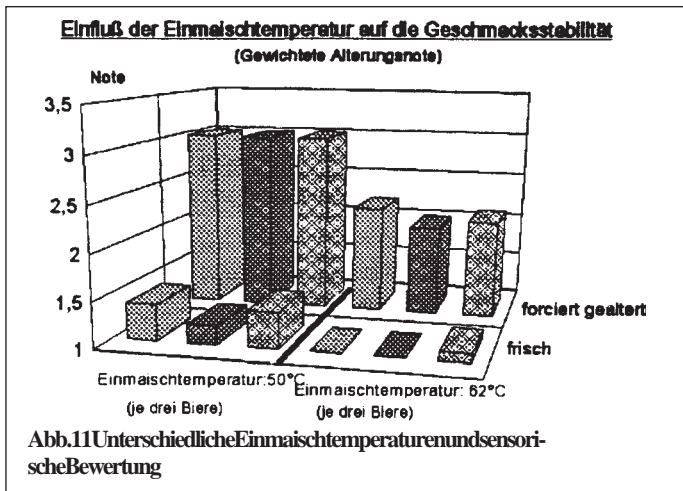


sehr deutlich aus. Das proteolysebetonte Maischverfahren führte zu höheren Gehalten an Strecker-Aldehyden (mehr Aminosäuren) und zu höheren γ -Nonalactongehalten, die auf eine gewisse Wirkung der Lipoxygenase bei den Temperaturen im Bereich von 50 – 55 °C hindeutet.

Diese Versuche wurden nochmals dreifach wiederholt, wobei jedoch nach dem Einmischen bei 50 °C eine Rast von 30 Minuten bei 62 °C vorlag, um gegenüber dem 62 °C-Maischverfahren noch besser vergleichbare Voraussetzungen zu schaffen. Die Ergebnisse in Abb. 11 zeigten wiederum, daß bei höheren Einmischtemperaturen eine merklich geringere Bieralterung vorlag. Bei 62 °C werden weniger alterungsrelevante Aromastoffe in Würze und Bier eingebracht.

Der Einfluß von Sauerstoff beim Maischen auf die Geschmacksstabilität

Im Pilotmaßstab wurde beim Maischen einmal „normal“ verfahren, einmal durch Stickstoff eine Inertatmosphäre geschaffen und



schließlich durch Einblasen von Preßluft ein ständiger O₂-Gehalt von 1 – 1,5 mg/l angestrebt. Dieser Wert entspricht nicht den tatsächlichen Gegebenheiten, da die Oxidasensysteme bei den Maischetemperaturen den dosierten Sauerstoff rasch umsetzen.

Die Ergebnisse der Untersuchung der forciert gealterten Biere sind in Tabelle 10 dargestellt. Hier steigen insbesondere die Strecker-Aldehyde im mit Luft begasten Bier signifikant an. Dieselbe Tendenz verzeichnen auch 2-Acetyl-Furan, γ-Nonalacton und Dihydroactinidiolid. Bei der sensorischen Prüfung wurde das O₂-Bier als deutlich gealtert empfunden (Note 2,7), das Normalbier zeigte ein geringes Alterungsaroma (Note 2,1), während das N₂-Bier die geringsten Alterungserscheinungen (Note 1,7) aufwies.

Im Großmaßstab konnte in einem modernen Sudhaus mit bereits sauerstoffoptimierter Arbeitsweise der Effekt einer CO₂-Begasung des Maischebottichs studiert werden. Die Biere wurden frisch, forciert gealtert und nach 3 Monaten untersucht. Die Auswirkungen dieser Maßnahme zeigt Tabelle 11.

Tabelle 10 Einfluß der Sauerstoffaufnahme beim Maischen auf die Aromastoffzusammensetzung der forciert gealterten Biere					
Alterungskomponenten in berechnetauf 12%	µg/l	Stickstoff	Normal	Belüftet	VI
2-Methyl-Butanal	5,7	8,2	21	2,9	
3-Methyl-Butanal	17	24	58	1,7	
2-Furfural	43	59	56	11,3	
2-Phenyl-Ethanal	30	47	67	4,9	
Phenyllessigsäure-Ethyl-Ester	0,7	1,1	1,7	0,1	
2-Acetyl-Furan	1,8	2,8	146	1,0	
2-Acetyl-5-Methyl-Furan	1,8	2,2	8,4	1,3	
γ-Nonalacton	26	30	47	4,4	
Dihydroactinidiolid	19	20	60	4,3	
Summe der Wärmeindikatoren	68	89	103	14,0	
Summe der Sauerstoff-indikatoren	46	71	125	6,0	
Summe der Alterungs-komponenten	122	168	379	18,4	
Forcierindex	90	118	483	13,4	
Alterungsindex	127	144	506	16,3	

Die Menge und Zusammensetzung der alterungsrelevanten Aromastoffe änderte sich bei den forciert gealterten Biere nur geringfügig. Im drei Monate gelagerten Bier waren dagegen die Gehalte an 2-Furfural und γ-Nonalacton sowie die Summe der Alterungskomponenten deutlich niedriger. Es ist allerdings bei der Bewertung dieser Ergebnisse zu berücksichtigen, daß bei dieser Brauerei die Maische (pH 5,4) und die Würze (pH 5,0) gesäuert wurden. Dies wird im folgenden Kapitel eingehend besprochen.

Der Einfluß von Sauerstoff beim Maischen auf die Geschmacksstabilität bei gleichzeitiger Anwendung einer biologischen Säuerung der Maische

Es war dieselbe Versuchsanstellung im Pilotmaßstab wie in Tabelle 10, jedoch bei einer Absenkung des Maische-pH auf 5,5 gegeben. Die Ergebnisse vermittelt Tabelle 12.

Es ist abzuleiten, daß der Effekt einer Maischegasung (sei es mittels N₂ oder Luft) zum Normalsud geringer war als in Tabelle 10 beschrieben. Dasselbe galt auch für die sensorische Prüfung der forciert gealterten Biere, die die Noten N₂: 1,6, Normal: 1,6 und Luft: 2,6 erhielten.

Die Absenkung des Maische-pH im Großmaßstab in einem bereits sauerstoffoptimierten Sudhaus ergab günstigere Werte der Forcier- und Alterungsindices. Sehr deutlich waren die Ergebnisse der sensorischen Prüfung der frischen und der forciert gealterten Biere nach Abb. 12.

Eine Maischesäuerung auf pH 5,2 während des Einmischens wird empfohlen, um die Wirkung von Lipoxygenasen zu dämpfen oder weitgehend zu inhibieren (6). Auch höhere Einmischtemperaturen von über 62 °C sind in dieser Hinsicht günstig (4, 7, 8). Im Großmaßstab wurde der Einfluß eines „striking pH“ beim Einmischen (pH 5,2) untersucht. Tabelle 13 zeigt anhand der forciert gealterten Biere einen deutlichen Vorteil der intensiven Maischesäuerung in analytischer und organoleptischer Sicht. Die gewichtete Verkostung ergab beim Versuch eine Alterungsnote von 1,9, beim Vergleich von 2,3.

Läutertechnologie

Im Industriemaßstab wurde untersucht, wie sich Biere aus herkömmlichen Läuterbottichen von jenen aus modernen Maischefiltern mit Feinschrot und Feinvermahlung der Spelzen unterscheiden. Dabei war es auch möglich, die fein zerkleinerten Spelzen erst später, d.h. nach 30 Minuten Maischzeit zuzusetzen.

Tabelle 11 Begasung des Maischbottichs mit CO₂

Alterungskomponente in $\mu\text{g/l}$	Null frisch	Begast frisch	Null forciert	Begast forciert	Null 3 Monate	Begasung 3 Monate	VI
2-Furfural	11	10	76	67	117	85	11,3
γ -Nonalacton	29	26	41	37	69	56	4,4
Summe der Alterungskomponenten	79	80	166	158	254	212	18,4

Tabelle 12 Einfluß von Sauerstoffaufnahme beim Maischen mit biologischer Säuerung auf die Aromastoffe in forciert gealterten Bieren

Alterungskomponente in $\mu\text{g/l}$ (12%)	Stickstoff	Normal	Belüftet	VI
2-Furfural	56	73	86	11,3
2-Phenyl-Ethanal	29	34	38	4,9
2,4-Dimethyl-4-Cyclopenten-1,3-dion	3,6	4,4	8,1	0,9
γ -Nonalacton	26	34	33	4,4
Summe der Wärmeindikatoren	82	107	119	14,0
Summe der Sauerstoffindikatoren	49	52	57	6,0
Summe der Alterungskomponenten	135	167	191	18,4
Forcierindex	96	104	112	13,4
Alterungsindex	119	130	148	16,3

Tabelle 13 Einfluß eines niedrigen pH-Wertes beim Einmaischen auf die alterungsrelevanten Aromastoffe

Alterungskomponente in mg/l Indexzahl dimensionslos	pH=5,2 frisch	Vergleich frisch	pH=5,2 forciert	Vergleich forciert	VI
3-Methyl-Butanal	34	22	11	20	1,9
2-Furfural	16	9	72	84	11,4
5-Methyl-Furfural	1,9	2,4	2,3	5,5	4,9
2-Phenylelessigsäure-Ethyl-Ester	1,0	1,3	1,0	1,2	0,1
2-Propionyl-Furan	2,3	3,4	2,4	4,1	0,2
2-Acetyl-5-Methyl-Furan	2,9	1,3	2,5	5,1	1,3
Summe der Sauerstoffindikatoren	46	30	27	41	6,0
Summe der Alterungskomponenten	117	95	156	191	18,3
Forcierindex	124	97	102	135	13,4
Alterungsindex	151	127	131	178	16,3

Tabelle 14 Alterungsrelevante Aromastoffe – Vergleich moderner Maischfilter mit und ohne Spelzentrennung gegenüber Läuterbottich

Alterungskomponente in $\mu\text{g/l}$	Maischfilter mit Spelzentrennung	Maischfilter	Läuter- bottich	VI
2-Methyl-Butanal	6	16	15	2,9
2-Furfural	120	130	137	11,3
γ -Nonalacton	40	37	44	4,4
Summe der Alterungskomponenten	211	225	240	18,4
Forcierindex	143	150	158	13,4
Alterungsindex	187	196	205	16,3

Nach Tabelle 14 zeigten die forciert gealterten Biere aus den Suden mit Spelzentrennung signifikant niedrigere Werte an 2-Methyl-Butanal und 2-Furfural, während sich γ -Nonalacton im Rahmen der Fehlergrenzen bewegte. Die Summe der Alterungskomponenten fiel vom Läuterbottich über den „Normalsud“ im Maischefilter zum Versuch mit Spelzentrennung (9).

Würzebehandlung

Der thermischen Belastung einer Würze nach dem Würzekochen wird ein deutlicher Einfluß auf Biergeschmack und Geschmacksstabilität zugeschrieben, da die bei der Heißwürzerast gebildeten Aromastoffe nicht mehr ausgedampft werden. Dies wurde sowohl in Pilot- als auch in Großversuchen überprüft.

Im Pilotversuch wurde ein- und dieselbe Ausschlagwürze einmal sofort abgekühlt, einmal nach 60 Minuten Heißhaltezeit und schließlich nach 180 Minuten. Die Ergebnisse der Analyse der Aromastoffe im forciert gealterten Bier zeigt Tabelle 15.

Mit zunehmender Heißhaltezeit stiegen jene Komponenten an, die der Maillard-Reaktion zugeordnet werden können. Auch 2,4-Dimethyl-4-Cyclopenten-1,3-dion, 2-Ethyl-Furfuryl-Ester und 2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan zeigten diese Tendenz. Bei der geschmacklichen Bewertung der Bieralterung erreichte das Bier aus 180 Minuten Heißhaltezeit die Note 2,7, bei 60 Minuten Heißhaltezeit 2,2 und bei sofortiger Kühlung 2,0.

Im Großversuch wirkte sich eine Halbierung der Würzekühlzeit nach Tabelle 16 wiederum in einer deutlichen Verringerung der Strecker-Aldehyde, aber auch in der Summe der Alterungskomponenten sowie den Indexzahlen aus.

Es ist also die Standzeit der heißen Würze, die sich zusammensetzt

Alterungskomponenten	$\mu\text{g/l}$	HZ0	HZ60	HZ180	VI
3-Methyl-Butanal		22	23	30	2,9
2-Furfural		101	112	127	11,3
5-Methyl-Furfural		1,8	2,0	2,9	
2,4-Dimethyl-4-Cyclopenten-1,3-dion		2,5	4,7	4,0	0,9
Essigsäure-Furfuryl-Ester		3,3	4,6	6,8	0,7
2-Furfuryl-Methanol		1607	2514	3808	
2-Acetyl-Furan		5,9	11	13	1,0
2-Propionyl-Furan		3,0	4,9	7,0	0,2
2-Acetyl-5-Methyl-Furan (isomer)		Sp.	0,8	1,6	1,3
2-Acetyl-5-Methyl-Furan		Sp.	1,8	2,4	1,3
Dihydro-5,5-Dimethyl-2(3H)-Furanon		24	34	59	3,7
5,5-Dimethyl-2(5H)-Furanon		65	89	221	3,3
γ -Nonalacton		29	32	37	4,4
2-Ethyl-Furfuryl-Ether		3,6	5,0	9,1	0,3
2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan		11	20	18	4,9
Dihydroactinidiol		22	26	35	4,3
Summe der Wärmeindikatoren		130	144	164	14,0
Summe der Sauerstoffindikatoren		62	62	74	6,0
Summe der Alterungskomponenten		204	227	263	18,4
Forcierindex		131	161	189	13,4
Alterungsindex		164	213	263	16,3

Tabelle 16 Einfluß der Würzekühlzeit auf die alterungsrelevanten Aromastoffe-forcierte Biere

Alterungskomponenten	$\mu\text{g/l}$	Vergleich	Halbe Kühlzeit	VI
2-Furfural		166	122	11,3
2-Phenyl-Ethanal		25	23	4,9
Summe der Alterungskomponenten		268	214	18,4
Forcierindex		121	102	13,4
Alterungsindex		171	146	16,3

aus der Ausschlag-, der Rast- und der Kühlzeit, von großer Bedeutung, wobei der Funktion der Würzeklämung, d.h. der Sedimentation des Heißtrubs eine große Rolle zukommt.

Der Einfluß einer mangelnden Heißtrubabscheidung

Er wurde durch Zumischen steigender Heißtrubmengen von 200, 400 und 600 g/hl Naßtrub untersucht (10). Infolge der eingebrachten Mengen an ungesättigten freien Fettsäuren und anderen Lipidabbauprodukten ergab sich eine raschere Gärung, die ihrerseits wiederum durch eine bessere Aminosäureabsorption bei stärkerer Vermehrung positiv zu bewerten ist. Bereits die frischen Biere litten bei höherer Trubgabe von 400 g/hl in der Reinheit von Geruch und Trunk, ab 200 g/hl in der Qualität der Bittere. Im forciert gealterten Bier ergab sich eine signifikante Verschlechterung wie Abb. 13 zeigt. Nachdem es sich um einen einmaligen Versuch, d.h. mit frischer, nicht trubbelasteter Hefe handelte, unterschieden sich die analytischen Ergebnisse im Bereich der Fehlergrenzen nicht signifikant. Hier hätte die Hefe, die jeweils aus einem Trubansatz gewonnen wurde, wieder in einem solchen angestellt werden müssen.

Der Einfluß von Gärungsparametern auf die Geschmacksstabilität

Auf dem Gebiet der Gärung und Reifung wurden Untersuchungen zur Anstelltechnologie sowie über unterschiedliche Gärungs- und Reifungstemperaturen durchgeführt.

Anstelltechnologie

Eine Variation der Sauerstoffmenge durch Anwendung einfacher sowie doppelter Belüftung sowie einfacher und doppelter Sauer-

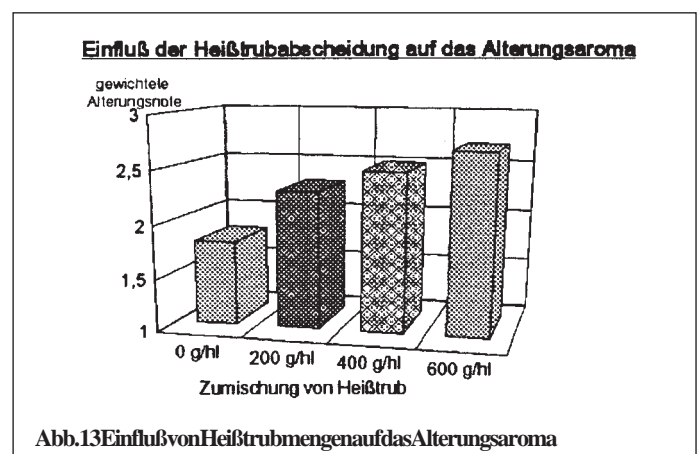


Tabelle 17 Der Einfluß einer Variation der Sauerstoffmenge bei der Erstbelüftung auf die Bieralterung

Versuch	Luft einfach	Luft doppelt	Sauerstoff einfach	Sauerstoff doppelt
Alterungskomponenten µg/l				
2-Furfural	171,2	160,9	201,2	201,9
γ-Nonalacton	45,5	43,0	47,9	52,4
Σ Wärmeindikatoren	217	204	249	254
Σ Sauerstoffindikatoren	58	50	46	52
Σ Alterungskomponenten	291	272	316	327
Alterungsverkostung	2,2	2,7	3,1	3,4

stoffbegasung im Pilotmaßstab (20-l-Gärsäulen) unter Beibehaltung der Zweitbegasung nach jeweils 6 Stunden ergab:

Mit steigender Sauerstoffmenge zeigte sich eine Beschleunigung der Extraktabnahme sowie eine Intensivierung der Aminosäureabsorption. Die Estergehalte nahmen ab, die länger-kettigen Alkohole zu (10). Letztere Erscheinung könnte auf eine vermehrte Reduktion von Würzcarbonylen zurückzuführen sein (11, 12, 13, 14). Die Ergebnisse, dargestellt in Tabelle 17, lassen vor allem bei der Sauerstoffbegasung eine Erhöhung der Wärmeindikatoren erkennen, während die Sauerstoffindikatoren keine Tendenz zeigten. Die Summe der Alterungskomponenten nahm bei Sauerstoffverwendung zu. Die doppelte Belüftung wirkte sich bei den Alterungsaromastoffen eher günstig aus, vermittelte aber dennoch eine schlechtere Note bei der gewichteten Alterungsverkostung.

Die Variation der Zweitbelüftung nach Zeitpunkt und Luft bzw. Sauerstoff

Hier wurden die mit normaler Luft- bzw. Sauerstoffmenge angestellten Sude (Erstbelüftung) nach jeweils 6, 18 und 24 Stunden mit der doppelten Menge Luft zweitbelüftet. Eine der beiden 18-Stunden-Proben war mit O₂ angestellt worden und erhielt die doppelte O₂-Menge zur Zweitbegasung.

Wiederum zeigte die mit O₂-begaste Gärung den rascheren Verlauf, aber auch die nach 24 h zweitbelüftete Gärung war sehr intensiv. Auch die Aminosäuren nahmen am stärksten ab. Wie Tabelle 18 zeigt, war die Zweitbelüftung nach 18 Stunden, vor

Tabelle 18 Der Einfluß einer Variation von Zeitpunkt und Sauerstoffmenge auf die Bieralterung

Erstbelüftung	Luft	Luft	Luft	O ₂
Zweitbelüftung	Luft 6h	Luft 18h	Luft 24h	O ₂ 18h
Alterungskomponenten µg/l				
2-Furfural	91	102	69	134
2-Phenylethanal	26	28	19	26
Σ Wärmeindikatoren	140	147	112	186
Σ Sauerstoffindikatoren	40	41	30	36
Σ Alterungskomponenten	198	206	159	239
Forcierindex	111	120	98	119
Alterungsindex	149	159	136	160
Alterungsverkostung	1,2	1,7	1,6	1,9

allem aber die Sauerstoffbegasung ungünstig. Hier ergab sich ein klarer Anstieg von Furfural und 2-Phenylethanal sowie der Indikator- und Indexzahlen. Geschmacklich fielen die gealterten Biere mit der Begasung nach 18 Stunden hinsichtlich der Alterungsnote schlechter aus als die nach 6 bzw. 24 Stunden belüfteten.

Aufgrund der geringeren Bildung von Alterungskomponenten hätte der Sud mit Zweitbelüftung nach 24 Stunden am besten abschneiden müssen.

Der Einfluß von Hefegabe und Belüftungsintensität

Der Gedanke war, daß z.B. eine doppelte Hefegabe eine geringere Intensität der Erstbelüftung rechtfertigen könne. Die Zweitbelüftung erfolgte stets nach 6 Stunden mit Luft bzw. im Falle des Versuchs C mit Sauerstoff. Bei Versuch D kam eine mit Sauerstoff imprägnierte Würze zum Anstellen.

Die Gärung verlief mit doppelter Hefegabe rascher, besonders in O₂-gesättigter Würze. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 19.

Die doppelte Hefegabe vermittelte eine stärkere Reduzierung von Carbonylen dann, wenn sie in O₂-gesättigter Würze angestellt wurde. Hier war auch die Esterentwicklung am geringsten. Die Alterungsverkostung zeigte den Nachteil erhöhter Sauerstoffgehalte, sei es bei der Zweitbelüftung oder bei der Würzesättigung auf.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß erhöhte Luft- bzw. Sauerstoffgaben eine Verschlechterung der Geschmacksstabilität erbringen. Dies kann einmal auf eine Oxidation der Würzebestandteile, zum anderen auf eine geringere Bildung von SO₂ bei der Gärung zurückzuführen sein. Alle Maßnahmen, die die Gärung bzw. die Hefevermehrung fördern, vermindern den SO₂-Gehalt der Biere (15). Demgegenüber ist die Höhe der Hefegabe eher als weniger relevant einzustufen.

Die Gärführung

Im Pilotmaßstab wurden identische Praxiswürzen jeweils bei 8 °, 12 °, 16 ° und 20 °C vergoren. Die Reifung bei 12 – 20 °C erfolgte im Anschluß an die Gärung, gefolgt von einer zweiwöchigen Lagerung bei 0 °C. Der Gärung bei 8 °C schloß sich eine klassische Nachgärung bei 6, 4, 2 und 0 °C an. Mit steigenden Gärtemperaturen nahmen die Konzentrationen an höheren Alkoholen sowie der Ethyl- und Acetatester – wie bekannt – zu. Es stieg aber auch die Summe der alterungsrelevanten Komponenten in den frischen

Tabelle 19 Variation von Hefegabe und Belüftungsintensität auf die Bieralterung

Versuch	A	B	C	D
Hefegabe	normal	doppelt	doppelt	doppelt
Belüftung	normal	1/2	1/2	O ₂ -imprägn.
Zweitbelüftung	6h/Luft	6h/Luft	6h/O ₂	6h/Luft
Aromastoffe µg/l				
2-Furfural	90	71	89	98
Nicotinsäure-Ethyl-Ester	31	58	32	36
Σ Wärmeindikatoren	140	122	136	151
Σ Alterungskomponenten	191	175	193	199
Alterungsverkostung	1,4	1,6	2,4	2,4

Tabelle 20 Gärtemperatur und Bildung von alterungsrelevanten Substanzen – forcierte Biere

Alterungskomponenten in $\mu\text{g/l}$	8 °C	12 °C	16 °C	20 °C	VI
3-Methyl-Butanal	18	9	10	9	1,7
2-Furfural	106	140	174	123	11,3
Benzaldehyd	0,8	1,2	1,5	1,3	
2-Phenyl-Ethanal	19	14	20	23	4,9
Essigsäure-Furfuryl-Ester	2,0	2,2	1,9	1,2	0,7
Milchsäure-Ethyl-Ester	2960	3356	4306	5011	
Phenyllessigsäure-Ethyl-Ester	1,5	1,8	1,9	1,2	0,1
2-Furfuryl-Methanol	1630	2587	2546	1418	
2-Propionyl-Furan	1,9	2,5	3,0	5,2	0,2
γ -Nonalacton	38	41	48	50	4,4
2-Ethyl-Furfuryl-Ether	3,9	4,5	6,7	6,2	0,3
Summe der Wärmeindikatoren	143	180	222	173	14,0
Summe der Alterungskomponenten	197	225	273	229	18,4
Alterungsnote	1,9	2,3	2,6	2,9	

Bieren an. Sensorisch wurde das bei 20 °C vergorene Bier am schlechtesten bewertet, was aber nicht auf das Alterungsaroma zurückzuführen ist, sondern auf die ungünstigen Auswirkungen der vermehrt gebildeten Gärungsnebenprodukte.

In den forciert gealterten Bieren nahmen Furfural, 2-Phenyl-Ethanal, 2-Propionyl-Furan, γ -Nonalacton und 2-Ethyl-Furfuryl-Ester bei höheren Gärtemperaturen zu. Auch der Milchsäure-Furfuryl-Ester zeigte – wie schon in den frischen Bieren – die gleiche Tendenz. Trotz dieser höchsten Einzelwerte lag die Summe der Wärmeindikatoren und der Alterungskomponenten bei der 20 °C-Gärung niedriger als bei der 16 °C-Gärung. Beim sensorischen Test stieg jedoch die Alterungsnote mit der Gärtemperatur an (Tabelle 20).

Im Großmaßstab wurden im ZKG Gärungen bei 9 und 12 °C sowie bei 12 °C unter 0,5 bar Gegendruck durchgeführt. Es ergab sich zwar eine leichte Erhöhung der Gärungsnebenprodukte durch die höhere Gärtemperatur, doch wurde diese durch die Anwendung von Druck abgeschwächt. Die Bieralterung erfuhr durch diese eher bescheidene Variation keine signifikante Verstärkung.

Pasteurisation und Abfüllung

Bei diesen Versuchen konnte der Einfluß von Kurzzeiterhitzung und Tunnelpasteur im Vergleich zur Membranfiltration studiert werden. Außerdem wurden an einem Kurzzeiterhitzungssystem

verschiedene Pasteurisationsgrade verfolgt und die durch eine Betriebsstörung zu lange Verweilzeit des Bieres im KZE nachgewiesen.

Membranfiltration – Kurzzeiterhitzung – Tunnelpasteurisation

Ein- und dieselbe Charge Bier wurde vom Drucktank aus mit den unterschiedlichen Sterilisationssystemen behandelt. Die abgefüllten Biere erfuhren ihre Untersuchung einmal nach dem Forciertest, zum anderen nach einer bis zu zwölfmonatigen Lagerung bei 12 – 15 °C. Um der Übersichtlichkeit willen sollen nur die Ergebnisse im viermonatigen Abstand dargestellt werden.

Das forciert gealterte Bier zeigte die in Tabelle 21 aufgeführten Ergebnisse.

Bei den bei 12 – 15 °C gelagerten Bieren ergaben sich bereits Unterschiede im einmonatigen Bier bei den Gehalten an Furfural. Das unbehandelte Bier lag am niedrigsten, die einzelnen Systeme verzeichneten einen Anstieg in Abhängigkeit der thermischen Behandlung. Abb. 14 – 17 vermitteln einen Eindruck über die Bewegung der Alterungsdaten einschließlich der sensorischen Ergebnisse. Bemerkenswert waren die stets besten Befunde des unbehandelten Bieres; Membranfilter und Kurzzeiterhitzer lagen z.T. sehr eng zusammen, während der Tunnelpasteur die stärksten Veränderungen vermittelte.

Tabelle 21 Pasteurisationssysteme und Alterungskomponenten in forciert gealtertem Bier

Alterungskomponenten in $\mu\text{g/l}$	Drucktank	Membranfilter	KZE	Tunnelpasteur	VI
2-Furfural	92	136	145	196	11,3
Summe der Alterungskomponenten	220	260	283	334	18,4
Alterungsnote	2,2	2,8	2,9	3,0	

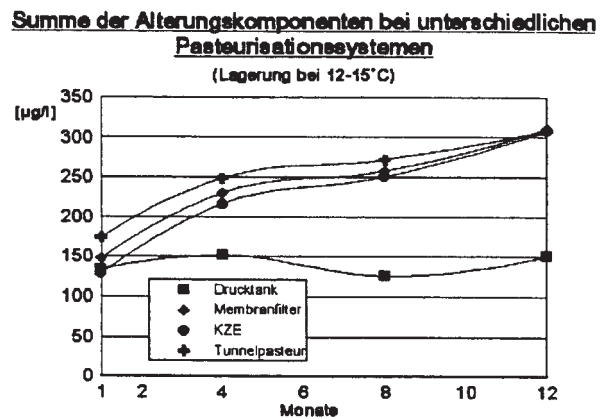
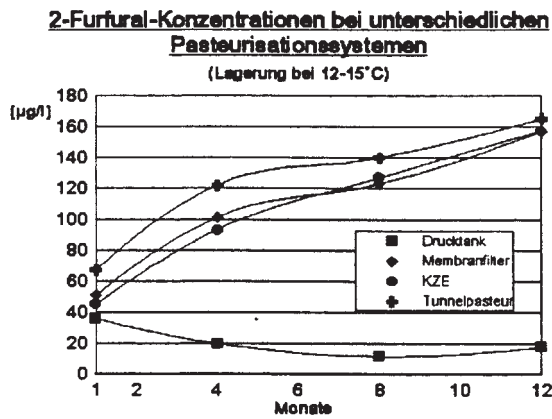


Abb.14 und 15 2-Furfural-Konzentration und Summe der Alterungskomponenten bei verschiedenen Pasteurisationssystemen

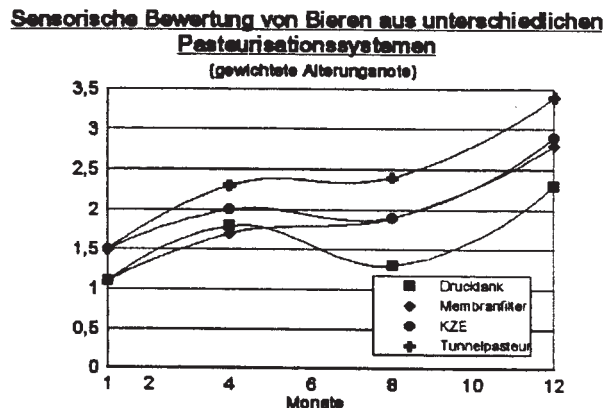
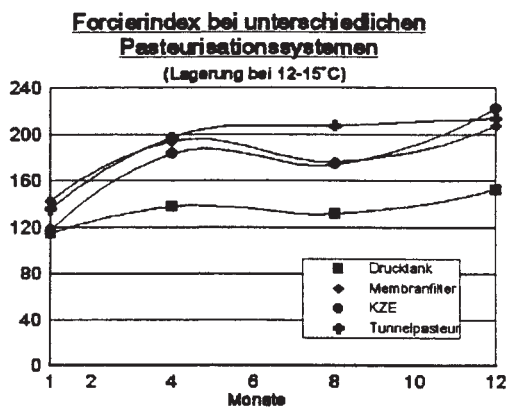


Abb.16 und 17 Forcierindex und Verkostungsergebnisse bei unterschiedlichen Pasteurisationssystemen

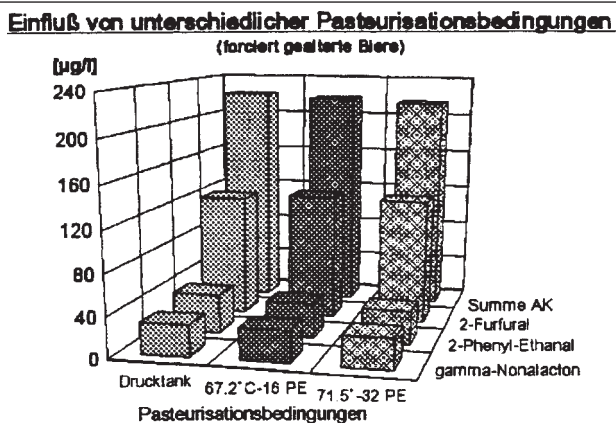


Abb.18 Einfluß der Pasteurisationsbedingungen auf die alterungsrelevanten Aromastoffe

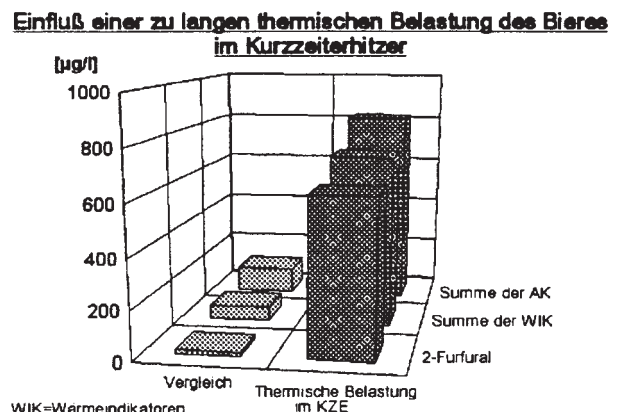


Abb.19 Längere thermische Belastung im Kurzzeiterhitzer

Die Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturen im Kurzzeiterhitzer

Hier fanden Praxisversuche ohne sowie mit Kurzzeiterhitzung bei 67,2°C = 16 PE sowie 71,5°C und 32 PE statt. Anders als bei der vorherigen Versuchsreihe unterschieden sich die forciert gealterten Biere hinsichtlich der Alterungskomponenten kaum wie Abb. 18 zeigt. Die Ergebnisse der Geschmacksprobe lagen bei 1,3/1,8/1,8. Es war also eine Verdopplung der Pasteurisationseinheiten von 16 auf 32 PE ohne Einfluß.

Effekt einer zu langen Verweilzeit des Bieres im Kurzzeiterhitzer

Im vorliegenden Fall war dies durch einen Defekt in der Pumpe des Systems gegeben. Nachdem das Bier bereits im frischen Zustand erheblich geschädigt war (Geschmacksnote „Alterung“ 4,0) wurde auf einen Forciertest verzichtet. Wie Abb. 19 zeigt, stieg das 2-Furfural auf den ca. 40fachen Wert an, die Summe der Alterungskomponenten auf den 8fachen, die Summe der Wärmeindikatoren auf den 12fachen des normalen, frischen Bieres.

Tabelle 22 Versuchsaubau – Sauerstoff im Pilotmaßstab

Probe	Verfahrensweise	Sauerstoffgehalte
A	Filtration: CO ₂ Atmosphäre bis zum Drucktank Abfüllung: Spülen und Vorspannen der Flaschen mit CO ₂	0,13 mg/l
B	Filtration: CO ₂ Atmosphäre bis zum Drucktank Abfüllung: kein Spülen der Flaschen mit CO ₂ Vorspannen der Flaschen mit CO ₂	0,17 mg/l
C	Filtration; CO ₂ Atmosphäre bis zum Drucktank Abfüllung: Spülen und Vorspannen der Flaschen mit O ₂	2 mg/l
D	Filtration: O ₂ Atmosphäre im Drucktank Abfüllung: Spülen und Vorspannen der Flaschen mit CO ₂	7 mg/l
E	Filtration: O ₂ Atmosphäre im Drucktank Abfüllung: Spülen und Vorspannen der Flaschen mit O ₂	9 mg/l

Tabelle 23 Einfluß starker Sauerstoffbelastung auf die alterungsrelevanten Aromastoffe – frischer Zustand

Alterungskomponenten in µg/l	A	B	C	D	E	VI
3-Methyl-Butanal	10	9	12	14	16	1,7
2-Phenyl-Ethanal	15	14	20	33	36	4,9
Summe der Sauerstoffindikatoren	25	23	31	48	52	2,8
Summe der Alterungskomponenten	71	70	76	94	98	5,1
Forcierindex	61	61	65	78	84	5,0
Alterungsindex	78	77	79	94	101	7,6
Alterungsverkostung	1,3	1,2	1,6	2,2	2,0	

Tabelle 24 Einfluß von Sauerstoff bei der Abfüllung – Pilotmaßstab – forcierte Biere

Alterungskomponenten in µg/l	A	B	C	D	E	VI
2-Methyl-Butanal	5,0	5,3	5,7	11	14	2,9
3-Methyl-Butanal	13	13	16	32	42	1,7
2-Furfural	125	122	144	140	160	11,3
Benzaldehyd	Sp.	1,0	0,9	4,5	6,2	
2-Phenyl-Ethanal	28	28	42	86	109	4,9
3-Methyl-1-Thio-Propanal	8,8	13	11	14	15	
2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan	7,9	12	9,3	13	20	4,9
Summe der Sauerstoffindikatoren	40	42	59	122	157	6,0
Summe der Alterungskomponenten	219	216	256	312	367	18,4
Forcierindex	119	121	139	192	237	13,4
Alterungsindex	158	164	181	242	279	16,3
Alterungsverkostung	2,0	2,6	3,3	3,8	3,8	

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind auch ein Hinweis dafür, daß eine längere Verweildauer im Kurzzeiterhitzer wie z.B. bei Füllerstillstand, ohne daß das Bier von einem Puffertank aufgenommen wird oder auch bei geringerer Füllerleistung ohne PE-Regelung im Kurzzeiterhitzer, abträglich ist.

Sauerstoffeinflüsse bei Filtration und Abfüllung

Simulation fehlerhafter Arbeitsweisen bei Filtration und Abfüllung

Im Pilotmaßstab wurden durch die Anwendung einer Sauerstoff-Atmosphäre verschiedene, z.T. sehr hohe Sauerstoffgehalte im abgefüllten Bier erzielt. Die Verfahrensweisen sind in Tabelle 22,

die Alterungskomponenten der frischen Biere in Tabelle 23 und die der forciert gealterten Biere in Tabelle 24 dargestellt.

Bereits die frisch abgefüllten Biere zeigten ab 2 ppm Sauerstoffgehalt eine deutliche Mehrung der Alterungskomponenten und eine Zunahme des Alterungsgeschmacks.

In den forciert gealterten Bieren nahmen die Strecker-Aldehyde, das 2-Furfural sowie die Alterungskomponenten nebst den Indexzahlen markant zu. Die Sauerstoffindikatoren zeigten den deutlichsten Anstieg. Sie bestätigen frühere Feststellungen (10). Die Biere mit den erhöhten Sauerstoffgehalten zeigten extremen Alterungsgeschmack.

Tabelle 25 Sauerstoffbelastung durch mangelndes Übersäumen-forcierte Bier

Alterungskomponenten in µg/l	Vergleich	ohne HDE	Luft im FL-Hals	VI
2-Methyl-Butanal	6,9	7,8	14	2,9
3-Methyl-Butanal	12	12	35	1,7
2-Furfural	104	130	131	11,3
Benzaldehyd	1,7	3,7	14	
2-Phenyl-Ethanal	31	55	105	4,9
Nicotinsäure-Ethyl-Ester	42	48	53	10,5
2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan	4,9	16	15	4,9
Summe der Wärme-indikatoren	141	164	166	14,0
Summe der Sauerstoff-indikatoren	44	70	154	6,0
Summe der Alterungs-komponenten	201	251	336	18,4
Forcierindex	111	142	212	13,4
Alterungsindex	146	189	252	16,3
Alterungsverkostung	2,4	3,3	3,5	

Tabelle 26 3-Methyl-Butanal in sechs verschiedenen Alterungszuständen

3-Methyl-Butanal in µg/l	Korken Referenz I	Korken Referenz II	Korken A	Korken B
frisch	7	8	8	7
4 Tage 40 °C	10	10	12	9
2 Wochen 28 °C	9	8	8	7
5 Wochen 28 °C	10	11	9	8
4 Monate 28 °C		22	15	17
6 Monate 20 °C	30	30	15	21

Tabelle 27 2-Furfuralin sechs verschiedenen Alterungszuständen

2-Furfuralin µg/l	Korken Referenz I	Korken Referenz II	Korken A	Korken B
frisch	3,8	4,1	3,8	4,9
4 Tage 40 °C	131	124	136	124
2 Wochen 28 °C	34	33	31	31
5 Wochen 28 °C	72	77	69	58
4 Monate 28 °C		250	190	220
6 Monate 20 °C	390	380	290	285

Tabelle 28 2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan in verschiedenen Alterungszuständen

2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan	Korken Referenz I	Korken Referenz II	Korken A	Korken B
frisch	1,2	0,9	6,1	2,0
4 Tage 40 °C	7,4	5,5	6,9	5,0
2 Wochen 28 °C	2,9	3,5	3,4	2,5
5 Wochen 28 °C	5,7	8,8	6,3	5,5
4 Monate 28 °C		27	22	22
6 Monate 20 °C	27	27	16	19

Einfluß der Hochdruckeinspritzung auf die Menge und Zusammensetzung der alterungsrelevanten Aromastoffe

Im Praxisversuch wurde Bier nach dem Flaschenfüller der üblichen Hochdruckeinspritzung (HDE) mit heißem Wasser unterworfen, zum anderen die HDE abgeschaltet und ohne Übersäumen verschlossen. Außerdem wurden einige der letzteren Flaschen ohne Übersäumen eine Minute lang in unverschlossenem Zustand stehen gelassen. Dies sollte den Einfluß längerer Standzeiten im unverkorkten Bier untersuchen. Bereits im frischen Bier konnten bei abgeschalteter HDE eine größere Menge an Alterungskomponenten sowie höhere Indexzahlen gefunden werden.

Im forciert gealterten Bier nach Tabelle 25 stiegen besonders die Sauerstoffindikatoren im Bier mit dem erhöhten Luftgehalt im Flaschenhals deutlich an. Die größere Sauerstoffaufnahme zeigte sich auch in den steigenden Mengen anderer Aromastoffe wie 2-Furfural, Nicotinsäure-Ethylester und 2,4,5-Trimethyl-1,3-Dioxolan. Bei der sensorischen Bewertung wiesen die Biere ohne HDE ein sehr ausgeprägtes Alterungsaroma auf.

Als Folgerung dieser Versuche ist zu werten, daß die bekannten Sauerstoffindikatoren (1) in ihrer Eignung zur Beurteilung erhöhter Sauerstoffaufnahme im Filtrations- und Abfüllbereich bestätigt wurden. Die Vermeidung auch nur geringer Sauerstoffkontaminationen ist einer der wichtigsten Faktoren zur Erzeugung geschmacksstabiler Biere.

Der Einfluß sauerstoffabsorbierender Kronenkorken mit immobilisierter Hefe

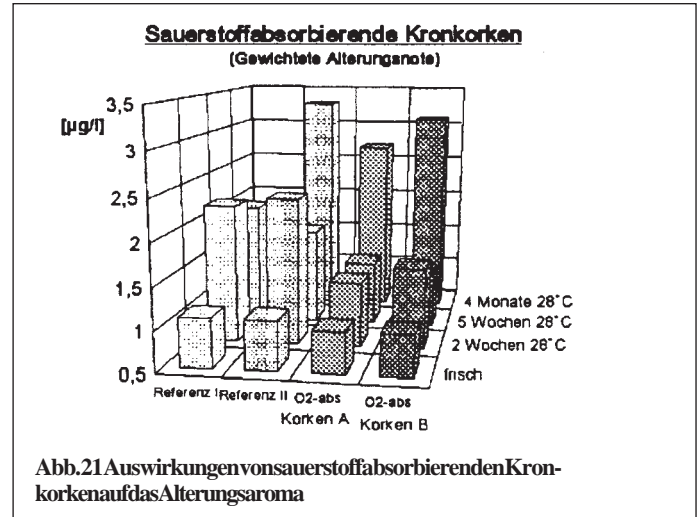
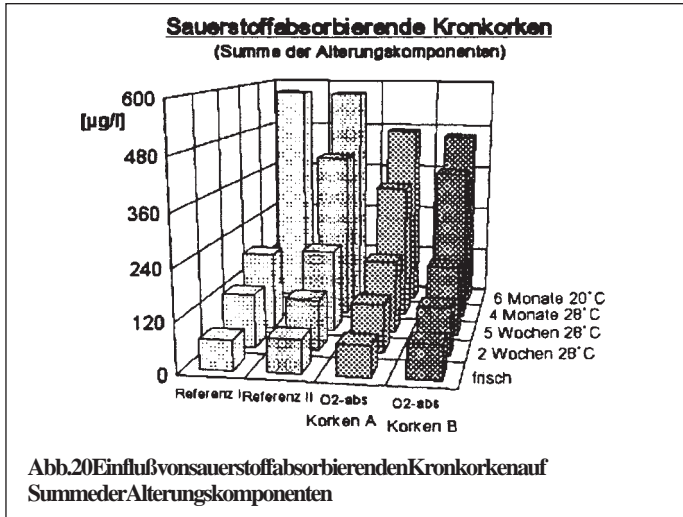
Im Prototypenstadium wurden Kronenkorken untersucht, die mittels immobilisierter Hefe in der Compoundmasse Sauerstoff absorbieren sollten, der bei der Abfüllung aufgenommen worden war. In einem Praxisbetrieb mit leicht erhöhter O₂-Belastung (ca. 0,4 mg/l Gesamt-Sauerstoff) wurden zwei verschiedene Chargen A und B eingesetzt und mit normalen Verschlüssen (Referenz I und II) verglichen.

In den Tabellen 26 – 28 werden einige ausgewählte Aromastoffe in verschiedenen Alterungszuständen dargestellt. Erst nach 5

Wochen bei 28 °C bzw. 6 Monaten bei 20 °C sind deutliche Unterschiede in diesen Alterungskomponenten zu verzeichnen. Dies zeigen auch die Summe der Alterungskomponenten und die gewichtete Alterungsverkostung (Abb. 20 und 21). Aus der letzteren geht hervor, daß die Biere sich nach 2 – 5 Wochen deutlich unterschieden, nach 4 Monaten bei 28 °C jedoch eine gewisse Angleichung erfuhren.

Der Einfluß einer fehlerhaften Behandlung von abgefülltem Bier

Beanstandetes Flaschenbier, das keiner eindeutigen Abfüllcharge zugeordnet werden konnte, ließ bei der Verkostung den Eindruck einer starken thermischen Belastung vermuten. Die analytisch ermittelten Indikatorsubstanzen bestätigten dies. Nachdem in der Produktion und auf dem Abfüllweg Überpasteurisationseffekte ausgeschlossen werden konnten, zeigte sich bei einer Überprüfung der Gegebenheiten vor Ort, daß das Flaschenvollgut infolge Absatzschwankungen in größeren Chargen bis knapp unter die Decke der Halle gestapelt wurde. Hierdurch verteilte sich die Heißluft zur Temperierung der Halle (es war Winter) nicht gleichmäßig, so daß einige der obersten Kastenreihen einer vermehrten Hitze ausgesetzt waren. Diese Hitzeeinwirkung wurde am Institut



bei verschiedenen Temperaturen nachvollzogen und somit analytisch bestätigt (Abb. 22, 23). Das Aromastoffprofil im Bier mit dem thermisch bedingten Fehleraroma änderte sich ähnlich wie das der künstlich bei höheren Temperaturen gelagerten Proben. Somit konnte der Ursprung des Off-Flavours lokalisiert werden.

Erfassung zu starker thermischer Belastung an einer Entalkoholisierungsanlage

Eine Charge thermisch entalkoholisierten Hefeweizenbieres wurde wegen ihres brotartigen Fehleraromas beanstandet. Ein Vergleich mit dem Ursprungsbier und einer einwandfreien, kontrolliert entalkoholisierten Charge zeigte anhand stark erhöhter Gehalte an 2-Phenyl-Ethanal, an 2,4-Dimethyl-4-Cyclopenten-1,3-dion und an γ -Nonalacton, daß die Entalkoholisierungsanlage mit zu hohen Temperaturen gearbeitet hatte.

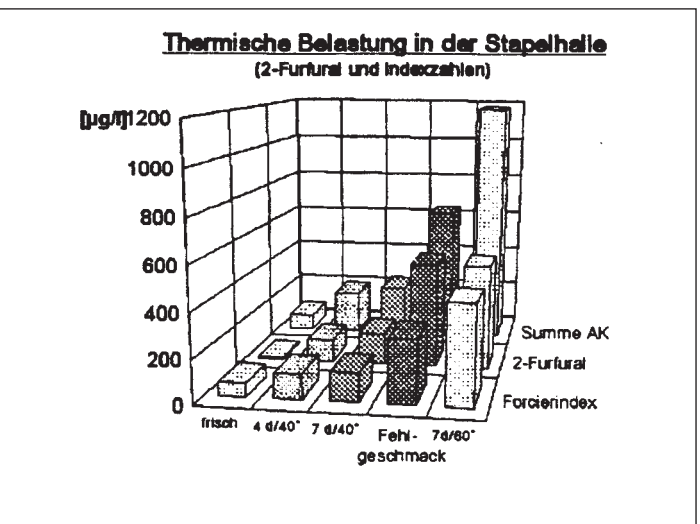
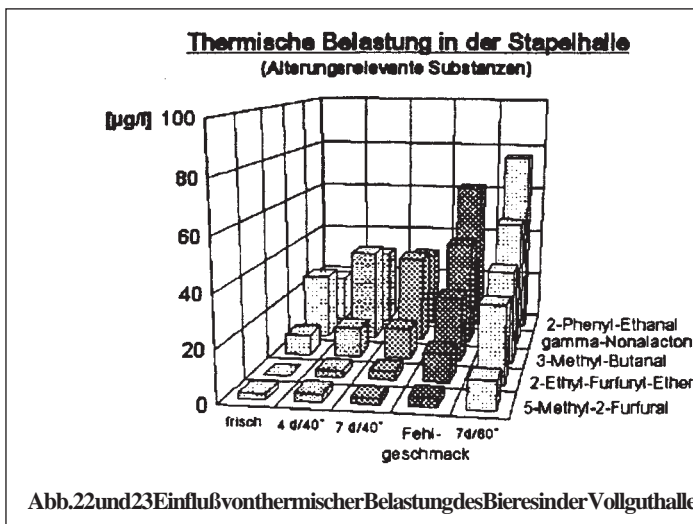
Zusammenfassung

Die vorstehend beschriebenen Untersuchungsergebnisse wurden aus Pilotversuchen oder aus Praxisbieren gewonnen. Im Kleinmaßstab gelangte ein „Forciertest“ zur Durchführung (1 Tag Schütteln bei 20 °C, 4 Tage Aufbewahrung 40 °C); die Praxisbiere wurden, so frisch erhalten, ebenfalls diesem Test unterworfen oder sie entstammten betrieblichen Rückstellmustern.

Bei den Untersuchungen des Einflusses der Mälzungsparameter erwiesen sich einmal die Höhe der proteolytischen Lösung (Eiweißlösungsgrad <41%), zum anderen die Höhe der Abdarrtemperatur (<85 °C) als entscheidende Faktoren für die Bieralterung. Die Schwelk- und Darrarbeit sollte dann Gegenstand weiterführender Untersuchungen sein (16).

Im Rahmen der Würzbereitung waren im Hinblick auf die Bieralterung wesentlich:

- Eine Sauerstoffaufnahme beim Maischen bewirkte einen Anstieg der Konzentrationen der alterungsrelevanten Komponenten. Durch Maischesäuerung können diese Effekte bis zu einem gewissen Grad kompensiert werden. Somit ist eine sauerstoffarme Arbeitsweise beim Maischen in Verbindung mit einer pH-Absenkung geeignet, geschmacksstabile Biere zu brauen. Eine Behandlung der Maische mit Inertgas erbrachte darüber hinaus keine wesentlichen Vorteile. Die Bedeutung der Maische-Parameter wurde nochmals in einer folgenden Arbeit studiert (17).
- Längere Heißhaltezeiten zwischen Koch- und Kühlende führten zu einem Anstieg der Konzentrationen der Alterungskomponenten, da in dieser Periode keine Ausdampfung mehr gegeben war. Höhere Heißtrubgehalte verringerten die Geschmacksstabilität.



- Niedrigere Gärtemperaturen unter 12 °C erwiesen sich für die Herstellung geschmacksstabiler Biere günstiger. Begasung mit Reinsauerstoff beim Anstellen war stets ungünstig.
- In den Bereichen Reifung, Filtration und Abfüllung erwies sich der Einfluß einer Sauerstoffaufnahme als dominierender Faktor für die Geschmacksstabilität eines Bieres. Sämtliche beschriebenen Maßnahmen, die im vorausgegangenen Bierbereitungsprozeß durchgeführt wurden, um die geschmackliche Haltbarkeit zu verbessern, können durch unsachgemäße Arbeitsweise speziell im Abschnitt Filtration und Abfüllung zunichte gemacht werden. Die bekannten Indikatorsubstanzen für eine erhöhte Sauerstoffaufnahme in diesem Bereich wurden bestätigt. Sauerstoffabsorbierende Kronenkorken (immobilisierte Hefe in die Compoundmasse eingearbeitet) waren günstig für die Geschmacksstabilität. Hier sind noch weitere Entwicklungen abzuwarten.
- Von den verfügbaren Sterilisationsmethoden unterschieden sich Membrankerzenfilter und Kurzzeiterhitzer nur in geringem Maße, der Tunnelpasteur verringerte dagegen die Geschmacksstabilität der Biere in stärkerem Umfang.

Dank

Das Vorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (MWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, „Otto von Guericke“ eV (AIF) und der Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. gefördert.

Summary

Narziß, L., Back, W., Miedaner, H., and Lustig, S.: Investigation to influence the taste stability by varying technological parameters when making beer — Monatsschrift für Brauwissenschaft 52, No. 11/12, 192 – 206, 1999

BC25 Beer

By pilot and full scale trials and beers on sale, the following influence on flavour-stability could be found organoleptically and GC-analytically: A well controlled protein modification of the malt (KI < 41%) and kilning temperatures < 85 °C were favourable. The same refers to mashing with low air content, low pH (ca. 5.2) and high mashing-in temperatures (62 °C). Wort treatment should combine reduced thermal reactions and a low residual content of hot break. Fermentation below 12 °C, as well as a controlled aeration at pitching were favourable, whilst pure oxygen caused flavour instable beers. At filtration and bottling even a minimal oxygen pick-up, as well as an extensive thermal treatment can diminish the efforts during the earlier stages.

Narziß, L., Back, W., Miedaner, H., et Lustig, S.: Evaluation de l'influence de la stabilité de la saveur par variation de paramètres technologiques pendant la fabrication de la bière — Monatsschrift für Brauwissenschaft 52, No. 11/12, 192 – 206, 1999

BC25 Bière

Au cours d'essais en pilote et industriels ainsi qu'au moyen de bières commerciales on a obtenu, à partir d'analyses sensorielles et de chromatographie en phase gazeuse les informations suivantes sur les facteurs influençant la stabilité de la saveur: une solubilisation protéique contrôlée (<41%) et une température de fin de touraillage au-dessous de 85 °C s'avèrent favorables ainsi qu'un brassage à faible teneur en air et un pH bas (environ 5,2), des températures d'empâtage élevées (62 °C), une faible charge thermique du moût après la cuisson ainsi qu'une teneur faible en trouble chaud. Pendant la fermentation, les températures au-dessous de 12 °C ainsi qu'une aération contrôlée au cours de l'entonnement sont favorables. L'oxygène pur fournit des bières de qualité organoleptique instable. Au cours de la filtration et du soutirage, de faibles quantités d'oxygène ainsi qu'une charge thermique multiple peuvent réduire à néant tous les stades précédents.

Literatur

1. Narziß, L., Miedaner, H., und Eichhorn, P.: Monatsschrift f. Brauwissenschaft 52, 49 – 57, 80 – 85, 1999.
2. Narziß, L., Miedaner, H., und Lustig, S.: Monatsschrift f. Brauwissenschaft 52, 164 – 175, 1999.
3. Herberg, W.: Semesterarbeit TU München-Weihenstephan, 1994.
4. Nierle, M.: Diplomarbeit TU München-Weihenstephan, 1993.
5. Heppes, P.: Diplomarbeit TU München-Weihenstephan, 1993.
6. Van Waesberghe, J.W.M.: MBAA Technical Quarterly 30, 31, 1993.
7. Baxter, D.: Journal of Inst. of Brewing 88, 390, 1983.
8. Kobayashi, N., Kaneda, H., Kano, Y., und Koshino, S.: EBC Proceedings 45, 1993.
9. Schmidt, U.: Diplomarbeit TU München-Weihenstephan, 1993
10. Stassen, J.: Diplomarbeit TU München-Weihenstephan, 1993.
11. Bohak, J.: Diplomarbeit TU München-Weihenstephan, 1988.
12. Geiger, E., Piendl, A.: MBAA Technical Quarterly 13, 51, 1976.
13. Miedaner, H.: Habilitationsschrift TU München-Weihenstephan, 1980.
14. Schöndorfer, H.: Dissertation TU München-Weihenstephan, 1982.
15. Narziß, L., Reicheneder, E., und Nothaft, H.: Brauwelt 122, 502, 627, 1982.
16. Forster, C.: Dissertation TU München-Weihenstephan, 1996.
17. Takahashi, Y.: Dissertation TU München-Weihenstephan, 1996.

(Manuskript eingang 15. 7. 1999)