

L. Narziß, H. Miedaner und P. Eichhorn

## Untersuchungen zur Geschmacksstabilität des Bieres (Teil 2)

Es ist Stand des Wissens, daß die Alterung des Bieres auf die Bildung von Carbonylen zurückzuführen ist. Hierfür wurden verschiedene Bildungswege diskutiert und zum Teil experimentell bestätigt (1 – 8). Im Rahmen einer Dissertation (4) gelang es, eine Reihe von technologischen Faktoren beim Bierwerdegang und beim Abfüllen anhand der Entwicklung von Carbonylen bei der Bieralterung zu verfolgen und klare Erkenntnisse zu gewinnen. Die angewandte Analytik mittels HPLC ließ jedoch nur einen geringen Probendurchsatz zu. In der vorliegenden Arbeit sollte daher eine Analytik entwickelt werden, die eine hochselektive Erfassung der im Spurenbereich vorkommenden und meist sehr instabilen Carbonyle ermöglicht und die es erlaubt, Reihenuntersuchungen durchzuführen. Der erste Teil dieses Artikels wurde in der „Monatsschrift für Brauwissenschaft“, Heft 3/4, 1999, Seite 49 – 57, veröffentlicht.

BC 25 Bier

(Descriptor: Geschmacksstabilität, Bieralterung, Carbonylbildung, GC-MS).

Descriptors: taste stability, staling, carbonyl formation, GC-MS).

### Zumischung möglicher Vorläufer von Alterungskomponenten zu frischem Bier

Um technologisch gezielt zur Verbesserung der Geschmacksstabilität eingreifen zu können, ist die Kenntnis von Reaktionsmechanismen zur Bildung von Alterungskomponenten bzw. zur Bildung von Vorläufersubstanzen von großer Bedeutung.

So wurden anhand von Modellreaktionen Bildungsmechanismen von Carbonylen erarbeitet, z. B. unter anderem die Bildung von Aldehyden über eine melanoidinkatalysierte Oxidation von höheren Alkoholen

Diese Reaktion soll durch erhöhte Sauerstoffkonzentrationen beschleunigt, durch Isohumulone jedoch gehemmt werden.

Zur Überprüfung dieser Thesen wurden folgende Versuchsanstellungen getätigt:

Zusatz eines Melanoidingemisches zum Bier sowie, ergänzend, Zusatz von höheren Alkoholen oder/und Isohumulonen. Die Null- und die Versuchsbiere wurden unter verschiedenen hohen Sauerstoffkonzentrationen 4 Tage bei 40 °C gelagert. Die Probe mit Melanoidinen, höheren Alkoholen und Isohumulonen wurde nur sauerstoffreich gelagert.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 11 dargestellt.

Die Alterung des Nullbieres (B) war nach vier Tagen bei 40 °C organoleptisch und nach allen analytischen Kriterien schon relativ weit fortgeschritten. Allein schon der Zusatz der Melanoidine bewirkte, verstärkt durch Sauerstoff, eine Intensivierung der Alterung; die Kombination Melanoidine/höhere Alkohole erbrachte eindeutig die Höchstwerte an Alterungssubstanzen. Die mit mehr Sauerstoff belasteten Biere verzeichneten gegenüber der jeweiligen Vergleichsprobe schlechtere Verkostungsergebnisse. Die Zugabe von Isohumulonen schien die Einwirkung von Sauerstoff eher etwas zu dämpfen. Die Beurteilung des Alterungszustandes der mit höheren Alkoholen versetzten Biere gestaltete sich schwierig, da trotz der viertägigen Alterung noch immer ein recht intensiver Geruch nach höheren Alkoholen feststellbar war.

Es ließ sich somit die melanoidinkatalysierte Oxidation von höheren Alkoholen zu den korrespondierenden Alkoholen bestätigen. Der Einfluß des Sauerstoffs war – wahrscheinlich aufgrund der hohen Konzentration an höheren Alkoholen – nicht feststellbar.

### Großversuch zur Untersuchung von Rückstellproben

Bei den bisher durchgeführten Untersuchungen konnten Aromakomponenten festgestellt werden, die ein zur Entwicklung des Alterungsgeschmackes parallellaufendes Verhalten zeigten. Es war nun interessant zu erfahren, ob die bisher gefundenen Erkenntnisse auf alle Biere übertragbar sind. Dies sollte in einer Aktion geklärt werden, bei der 34 Brauereien ihre Rückstellproben zur Untersuchung zur Verfügung stellten. Anhand dieser verfügbaren 44 Biere sollte auch überprüft werden, inwieweit diese, nach Alterungsschema und Akzeptanzgrenze beurteilt, das von den Brauereien gesetzte Mindesthaltbarkeitsdatum erreichten oder nicht.

Zusätzlich wurde jede der teilnehmenden Brauereien nach ihrer Technologie bezüglich der für die Geschmacksstabilität relevanten Parameter befragt. Damit sollte geprüft werden, ob in dieser Untersuchung ein Zusammenhang zwischen Geschmacksstabilität und Technologie herstellbar ist.

em. Prof. Dr. Ludwig Narziß, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, TUM, 85350 Freising-Weihenstephan, Prof. Dr. Heinz Miedaner, Staatl. Brautechn. Prüf- und Versuchsanstalt Weihenstephan, 85350 Freising-Weihenstephan, Dr. Peter Eichhorn, Allgäuer Brauhaus AG, 87435 Kempten — Auszug aus der Dissertation von Dr. Peter Eichhorn 1991

Tabelle 11 Zumischversuche zu hellem Bier (Aromastoffe in ppb)

Probenbezeichnung	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	frisch	gealtert							
O <sub>2</sub>				+		+		+	+
Melanoidine			+	+	+	+	+	+	+
Isahulone					+	+			+
höhere Alkohole							+	+	+
2-Acetylfuran	13,0	12,5	18,7	19,3	23,4	15,9	30,9	25,8	27,4
3-Methyl-Butan-2-on (A)	10,5	2,6	3,1	3,5	Sp.	3,0	Sp.	Sp.	5,4
2-Methyl-Butanal (A, S)	12,5	13,3	14,0	17,4	13,8	17,7	138,3	113,4	119,4
3-Methyl-Butanal (A, S)	19,5	21,8	27,9	31,9	22,8	24,2	52,3	47,3	51,3
2-Furfural (A, W)	Sp.	74,8	84,9	88,7	97,5	71,3	177,2	126,6	162,7
Benzaldehyd (A, S)	0,6	0,5	1,0	1,7	1,9	2,1	1,3	2,0	2,2
Phenylethanal (A, S)	22,1	30,0	37,4	53,3	39,2	31,8	39,5	44,6	41,6
γ-Nonalacton (A, W)	37,7	43,9	42,9	45,2	47,6	38,7	40,2	42,5	38,7
Σ W	38	119	128	138	145	110	217	169	201
Σ S	55	66	80	104	77	76	231	207	215
Σ A	103	187	211	242	222	189	449	376	421
Gewichtete Verkostung	1,0	2,5	2,8	3,2	2,7	3,2	2,8	2,8	3,2
Akzeptanz %	100	20	0	0	0	0	0	0	0

### Untersuchungsmaterial und Versuchsbedingungen

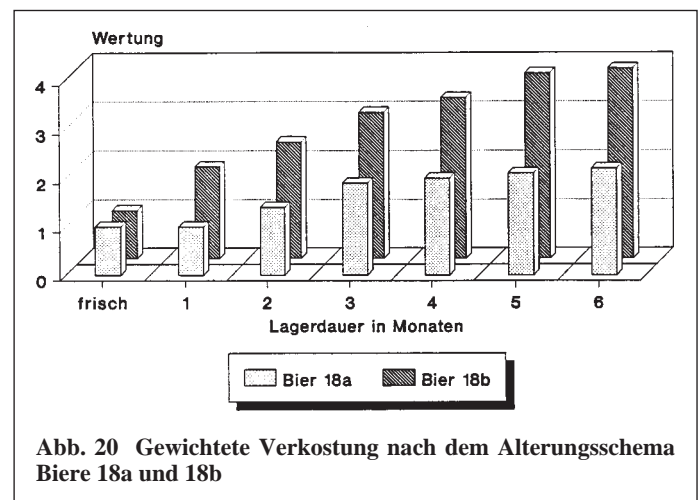
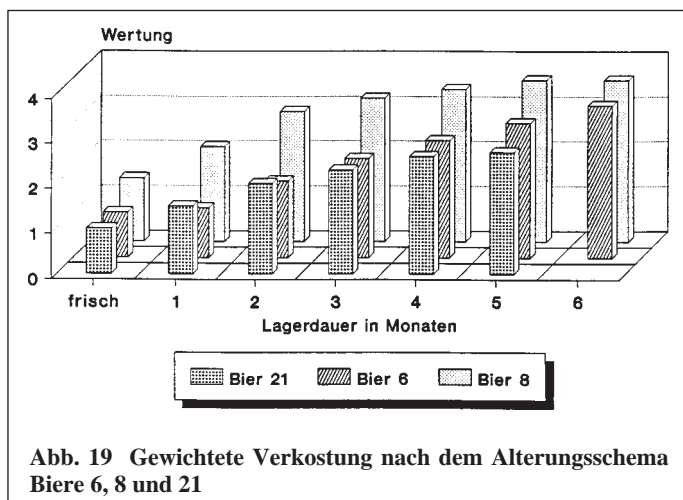
Jede Brauerei lieferte als Vergleich ihr frisch abgefülltes Bier. Dazu kamen die Rückstellproben im Abstand von je ca. einem Monat, bis der Bereich des von der Brauerei selbst gewählten MHD erreicht war. Diese Methode hatte naturgemäß den Nachteil, daß über den Zeitraum von z. B. 6 Monaten Rohstoffe und Produktionsbedingungen einem gewissen Wandel unterworfen sind. Doch war es nicht möglich, die frischen Abfüllungen einer größeren Zahl von Brauereien über längere Zeiträume zu lagern. Der Vorteil der Methode war jedoch, daß alle Proben einer Brauerei bei der Verkostung direkt verglichen werden konnten, was bei einer Verkostung im monatlichen Abstand nicht möglich gewesen wäre. Die teilnehmenden Brauereien repräsentierten einen Ausstoß von rund 36 Mio hl, davon 28,9 Mio hl aus dem

Inland, was 28,8% des Ausstoßes der Brauereien der alten Bundesländer (1989/1990) entsprach.

Die Biere wurden nach der Aufbewahrungstemperatur in drei Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1 Temperatur 10 °C oder darunter (18%),
- Gruppe 2 t 11-20 °C (42%) und
- Gruppe 3 t 21 °C und höher (40%)

In Abb. 19 ist die gewichtete Verkostung von drei, bei 20–22 °C aufbewahrten Bieren dargestellt, in Abb. 20 kommt der Einfluß der Aufbewahrungstemperatur (18 a = 8 °C, 18 b = 28 °C) zum Ausdruck. Die Abb. 21 und 22 zeigen das Verhalten der Bieraromastoffe 2-Furfural und γ-Nonalacton.



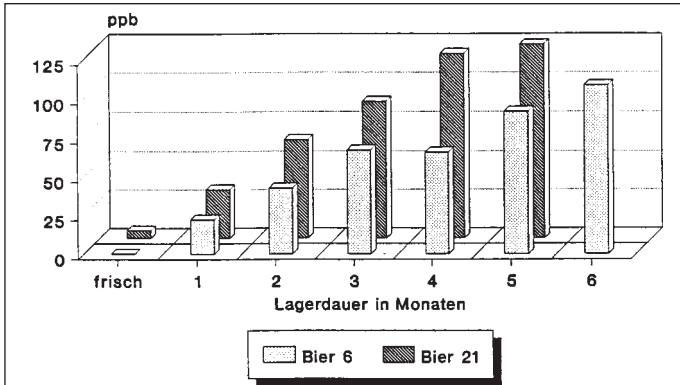


Abb. 21 Verhalten von 2-Furfural bei ähnlichen Lagertemperaturen – Biere 6 und 21

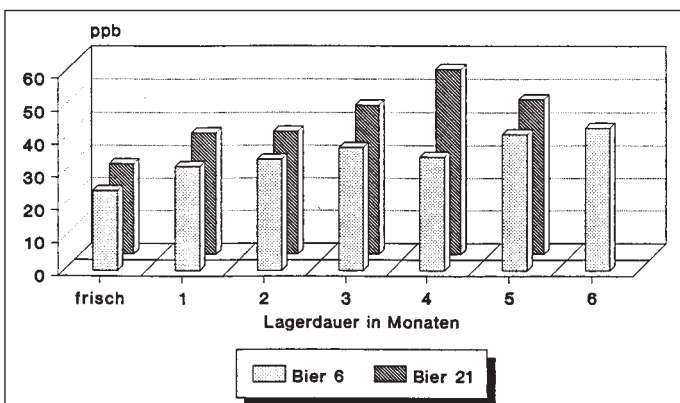


Abb. 22 Verhalten von gamma-Nonalacton bei ähnlichen Lagertemperaturen – Biere 6 und 21

Die Einteilung nach der angewandten Technologie der Betriebe war wie folgt:

- Je 1 Punkt für Maische -Würzesäuerung, O<sub>2</sub>-Minimierung bei: Maischen, Abläutern, Würzekochen, Kühltrubentfernung, O<sub>2</sub> am Filterauslauf < 0,1 mg/l, kein KZE, O<sub>2</sub> am Füller-Einlauf < 0,1 mg/l, Gesamt-O<sub>2</sub> im Gebinde 0,25 – 0,4 mg/l
- Je 2 Punkte für Schutzgas im Lagerkeller, O<sub>2</sub>-Minimierung beim Filtrieren, Gesamt-O<sub>2</sub> < 0,25 mg/l
- jeweils 0 Punkte bei Fehlen der o. g. Maßnahmen, O<sub>2</sub> am Filterauslauf > 0,1 mg/l KZE, O<sub>2</sub> am Füllerauslauf > 0,1 mg/l, Gesamt-O<sub>2</sub> > 0,4 mg/l, Tunnel-Pasteur.

Die Ergebnisse der gewichteten Verkostung zeigt Tabelle 12.

Die Akzeptanz lag nach 2 Monaten bei den Bieren der Gruppe 1 besser als bei Gruppe 2; nach 4 Monaten dagegen etwas schlechter. Dies kann u. U. seinen Grund in der etwas höheren Lagertemperatur der Gruppe 1 haben, die sich vor allem bei längerer Lagerung immer mehr auswirkt. Die Biere der Gruppe 3 wurden schon im frischen Zustand beanstandet, sie verschlechterten sich in Verkostung und Akzeptanz weit mehr als die Biere der ersten beiden Gruppen.

Dennoch ist die Interpretation der Auswirkungen der Technologie mit etwas Vorsicht vorzunehmen, denn es orientierten sich die Angaben in den Fragebögen erfahrungsgemäß an den optimalen Bedingungen, so daß gewisse Streubreiten einzukalkulierten sind. Zudem blieb die Rohstoffseite bei den Fragebögen unberücksichtigt.

### Statistische Betrachtung der Analysenergebnisse

Die große Zahl an ermittelten Daten in diesem Versuch läßt es sinnvoll erscheinen, die Zusammenhänge zwischen Verkostungsergebnissen und Alterungs-substanzen statistisch zu bearbeiten. Anders als beim Alterungsversuch mit den beiden Exportbieren nach den Abb. 5 -12, bei dem die frischen Biere in ihrer Veränderung beobachtet wurden, war bei diesem Großversuch ein inhomogenes Gemisch an unterschiedlichen Biersorten aus verschiedenen Produktionsabschnitten zu untersuchen.

Für jedes der 44 Biere wurde ein eigenes Datenblatt mit 26 Variablen (u. a. Bieraromastoffe, die Summen der Indikatoren für Wärme, Sauerstoff und Alterung sowie Geruch, Trunk, Bittere und gewichtete Verkostung nach dem Alterungsschema) erstellt. Diese wurden in einer 26 x 26 Matrix miteinander korreliert. Es gingen nur die Korrelationen mit <sup>xxx</sup>Signifikanz in die weitere Betrachtung ein. Bei der Berechnung der Regression wurden die Biere in Abhängigkeit der Temperatur in die drei Gruppen (-10 °C, 11 – 20 °C und > 21 °C) zusammengefaßt.

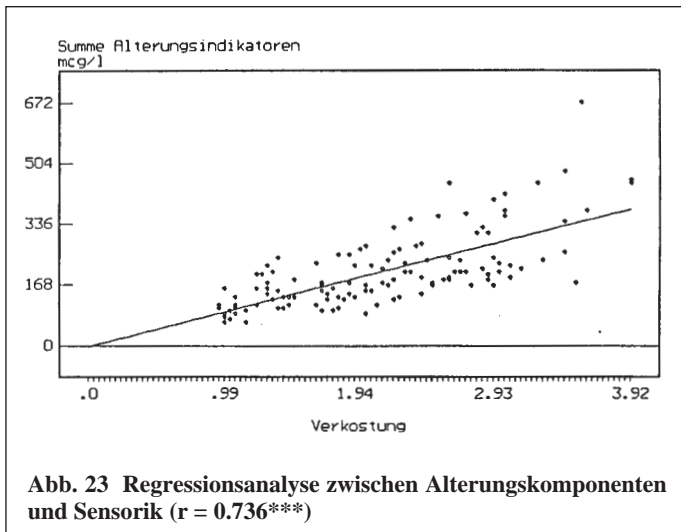
Das Ergebnis, d.h. der statistische Zusammenhang zwischen Sensorik, d.h. der Intensität der Alterung und der Summe der Alterungskomponenten aus rund 300 Rückstellproben, ist in Abb. 23 aufgeführt.

Die Streuung um die Regressionsgerade ist normal, da es sich, wie vorher schon ausgeführt, um ein sehr heterogenes Probenmaterial handelte.

Wesentlich deutlicher fällt der Zusammenhang aus, wenn nur die Biere aus einer Brauerei dargestellt werden (Abb. 24).

Hier ergibt sich zwischen der Intensität der Alterung und den Alterungsindikatoren ein Korrelationskoeffizient von  $r = 0,978^{xxx}$ , bzw. im Falle des 2-Furfurals von  $r = 0,953$ .

Tabelle 12 Mittelwerte für Verkostung und Akzeptanz in Abhängigkeit der Technologie						
Lagertemperatur Ø °C	Gew. Verkostung			Akzeptanz %		
	frisch	2 Monate	4 Monate	frisch	2 Monate	4 Monate
Gruppe 1 22 °C (10 Biere, 14 – 16 P)	1,0	1,8	2,5	100	96	38
Gruppe 2 19,3 °C (30 Biere, 8 – 12 P)	1,0	2,0	2,5	100	70	48
Gruppe 3 (3 Biere, 3 – 4 P)	1,6	2,9	3,8	100	60	0



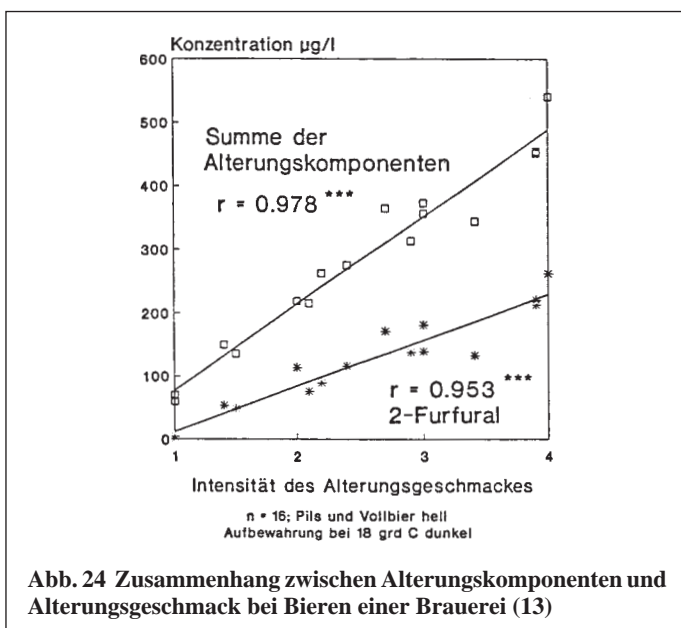
**Tabelle 13 Indikatoren für die Bieralterung – mögliche Konzentrationsbereiche**

Indikator	frisches Bier		altes Bier Maximum
	Minimum	Maximum	
Nicotinsäureethylester (A, W)	n.n.	9,6	743
2-Furfural (A, W)	n.n.	40,9	2875
3-Methyl-Butanal (A, S)	3,3	19,5	107
$\gamma$ -Nonalacton (A, W)	19,8	57	143
Phenylethanal (A, S)	5,3	45,6	236
Benzaldehyd (A, S)	Sp.	3,8	51
2-Methyl-Butanal (A, S)	Sp.	63,5	184
3-Methyl-Butan-2-on (A)	Sp.	15,8	113
Heptanal (W)	n.n.	4,2	22,6

### Schlußfolgerungen

Bei allen durchgeführten Versuchen kristallisierten sich mehrere Aromakomponenten heraus, die, mit zunehmender Alterung des Bieres, zusammen mit dem Auftreten eines Alterungsgeschmackes eine signifikante Mehrung erfuhren. Somit können die in Tabelle 13 aufgeführten Aromastoffe unter gewissen Voraussetzungen als Indikatoren für die Bieralterung gewertet werden. Die aufgeführten Aromastoffe reagieren allerdings nicht auf alle Einflußgrößen der Bieralterung gleich: einige bei erhöhter Wärmebelastung („W“), einige bei erhöhter Sauerstoffbelastung („S“), bei 2-Methyl-Butanal und 3-Methyl-Butan-2-on hält sich der Einfluß von Temperatur und Sauerstoff in etwa die Waage. Alle Komponenten nehmen unter den genannten Bedingungen mit der Lagerzeit zu.

Aus der statistischen Untersuchung geht hervor, daß die gewichtete Verkostung ([ 2 G + 2 T + B ] : 5) sehr gut mit der Summe der Alterungskomponenten (alle Indikatoren außer Heptanal) korreliert.



Es zeigte sich aber, daß eine eigentlich wünschenswerte Zuordnung der Wertung aus der Verkostung zu den Gehalten an Indikatoren nicht möglich ist. Dazu waren die Ausgangskonzentrationen in frischen, nicht beanstandeten Bieren zu unterschiedlich (s. Tabelle 13).

Es kann also die Alterung verschiedener Biere aufgrund der absoluten Konzentrationen an Alterungsindikatoren nicht beurteilt werden. Dagegen ist es einer Brauerei bei bekanntem internen Standard im frischen Zustand sehr wohl möglich, eine Aussage über das zurückliegende Schicksal eines Bieres zu treffen, wenn die Entwicklung der Indikatoren betrachtet wird. So können beispielsweise hohe Wärme- oder auch Sauerstoffbelastungen an den Indikatoren abgelesen und so Fehler bei der Lagerung oder in der Produktion erkannt werden.

### Zusammenfassung

Die bei der Bieralterung auftretende Veränderung der Bieraromastoffe wurde anhand einer neuentwickelten Analyse der Carbonyle (Purge und Trap-Technik, GC/MS mit SIM) sowie der optimierten Methode der Wasserdampfdestillation und Methylchlorid-Extraktion sowie anfänglich auch mittels der Analyse der N-Heterocyclen verfolgt und mit einer selbstentwickelten sensorischen Alterungsverkostung verglichen. Es zeigten eine Reihe von Aromastoffen eine deutliche Abhängigkeit zwischen Alterungsgeschmack und ihrer Konzentration. Als Indikatorkomponenten können somit die folgenden 9 Aromastoffe angesehen werden, die ihrerseits durch die herrschende Temperatur („W“) und den Sauerstoffgehalt („S“) oder aber durch die Alterung im Laufe der Aufbewahrungszeit („A“) beeinflusst waren. Es handelte sich hierbei um:

Nicotinsäureethylester (A, W), 2-Furfural (A, W), 3-Methyl-Butanal (A, S),  $\gamma$ -Nonalacton (A, W), Phenylethanal (A, S), Benzaldehyd (A, S), 2-Methyl-Butanal (A, S), 2-Methyl-Butan-2-on (A) und Heptanal (W). Bis auf Heptanal wurden die Aromakomponenten summarisch nach den Faktoren „W“, „S“ und „A“ als Indikatormaterialien erfaßt. Die gewichtete Verkostung und die Summe der Alterungskomponenten aus 44 Bieren und über 300 Rückstellmustern, ergaben eine Korrelation von  $r = 0,736^{xxx}$ . Bei Material aus einer Brauerei lag diese bei  $r = 0,978^{xxx}$ .

Dennoch ist das Aufstellen von Richt- und Grenzwerten für diese Indikatoren zur Beurteilung des absoluten Alterungszustandes

eines Bieres nicht möglich. Dazu schwanken die Ausgangskonzentrationen im frischen Bier in Abhängigkeit von Rohstoffen und Technologie zu stark. Auch haben die Indikatorsubstanzen wegen ihrer hohen Geschmacksschwellenwerte (mit Ausnahme von  $\gamma$ -Nonalacton) keinen Einfluß auf den Geschmack. Anhand der Ergebnisse der Untersuchungen waren die negativen Einflußfaktoren auf die Geschmacksstabilität grob in drei Gruppen einzuteilen:

- Technologische Einflüsse: Eine steigende Sauerstoffaufnahme im Sudhaus erhöhte 2-Pentanone, Heptanal und Octanal. Biere aus nicht flotierten Würzen zeigten Zunahmen bei 2-Furfural, 3-Methyl-Butanal, 3-Methyl-Butanal und Phenylethanal.
- Einflüsse durch Sauerstoffaufnahme vom Lagertank bis zum Verschließen der Flasche: Eine Sauerstoffaufnahme erhöhte Phenylethanal, Benzaldehyd und 2-Methyl-Butanal.
- Einflüsse durch den Vertrieb wie Bewegung, Lager Temperatur, Lagerdauer und Licht: Hohe Lager Temperaturen erbrachten im Fortgang der Lagerdauer klare Anstiege von Nicotinsäurethylester, 2-Furfural,  $\gamma$ -Nonalacton und Heptanal.

Belichtung führte bei grünen Flaschen zu einem analytisch nicht erfaßten Lichtgeschmack. Die Veränderung der Aromastoffe folgte den Faktoren Temperatur und Zeit. Die Bewegung ergab bei der Verkostung schlechtere Ergebnisse, die Menge der Alterungssubstanzen nahm zu.

**Dank: Diese Arbeit wurde durch die AIF Arbeitsgemeinschaft industrieller Fördergemeinschaften Gesellschaft zur Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft finanziell unterstützt.**

**Summary**

**Narziß, L., Miedaner, H., and Eichhorn, P.: Studies on taste stability of beer** — Monatsschrift für Brauwissenschaft 52, No. 5/6, 80 – 85, 1999

**BC 25 Beer**

The change in the beer aroma substances that occur during beer ageing were studied by means of the new developed analysis of carbonyl (purge and trap technique, GC/MS with SIM) and the optimised method of water vapour distillation and methylene chloride extraction as well as initially also using the analysis of the N-heterocycles and compared to a sensory ageing tasting technique developed by the authors. A series of aroma substances demonstrate a clear relationship between the ageing taste and their concentration. This means that the following nine aroma substances can be regarded as indicator components and in turn they were influenced by the prevailing temperature (“W”) and the oxygen content (“S”) or by the ageing in the course of the storage time (“A”). These indicators are the following:

Nicotinic acid ethylester (A, W), 2-furfural (A, W), 3-methyl-butanal (A, S),  $\gamma$ -nonalactone (A, W), phenylethanal (A, S), benzaldehyde (A, S), 2-methyl-butanal (A, S), 2-methyl-butane-2-one (A) and heptanal (W). Apart from heptanal, the aroma components were recorded as totals using the factors “W”, “S” and “A” in the form of indicator substances. The weighted tasting and the total of the ageing components of 44 beers and over 300 reserve specimens showed a correlation of  $r = 0.736^{***}$ . This value was  $r = 0.978^{***}$  for material from a single brewery. Nevertheless, it is not possible to produce guide and limit values for these indicators to assess the absolute ageing condition of a beer. The initial concentrations in fresh beer fluctuate too greatly in terms of raw materials and technology for this. In addition, the indicator substances have no effect on taste as a result of their high taste threshold values (with the exception of  $\gamma$ -nonalactone). On the basis of the results of the studies, the

negative factors on taste stability were placed in three outline groups:

- Technological effects: Increase oxygen absorption in the brewhouse increased 2-pentanone, heptanal and octanal. Beers from non-floated worts showed increases in 2-furfural, 2-methyl-butanal, 3-methyl-butanal and phenylethanal.
- Effects caused by oxygen absorption from the storage tank to sealing the bottle: Oxygen absorption increased phenylethanal, benzaldehyde and 2-methyl-butanal.
- Effects caused by distribution such as movement, storage temperature, storage duration and light: High storage temperatures produced a clear increase in nicotinic acid ethylester, 2-furfural, -nonalactone and heptanal.

Exposure to light caused a light taste in green bottles that cannot be registered by analytical methods. The change in the aroma substances followed the factors of temperature and time. Movement produced poorer results in the tasting, the quantity of ageing substances increased.

**Narziß, L., Miedaner, H., et Eichhorn, P.: Examen de la stabilité de flaveur de la bière** — Monatsschrift für Brauwissenschaft 52, No 5/6, 80 – 85, 1999

**BC 25 Bière**

Les changements des composés aromatiques de la bière qui apparaissent au cours du vieillissement ont été suivis à l’aide d’une nouvelle technique analytique des composés carbonylés (technique purge et trappe-CPG/SIM avec SIM) ainsi qu’une méthode optimisée de distillation à la vapeur et extraction au chlorure de méthylène ainsi qu’initialement à l’aide d’une méthode d’analyse des N-hétérocycles, résultats comparés à l’analyse sensorielle développée sur site pour le suivi du vieillissement. Il existe une dépendance précise entre le goût de vieillissement et la concentration d’une série de composés aromatiques. Les composés indicateurs sont au nombre de 9 et ils sont influencés par la température environnante (W) et la teneur en oxygène (S) ou par la durée de stockage (A). Il s’agit des composés suivants: Ester éthylique de l’acide nicotinique (A, W), 2-Furfural (A, W), 3-Méthylbutanal (A, S),  $\gamma$ -Nonalactone (A, W), Phényléthanal (A, S), Benzaldéhyde (A, S), 2-Méthylbutanal (A, S), 2-Méthylbutane-2-one (A) et Heptanal (W). Les composés aromatiques ont été saisis succinctement, en tant que substances indicatrices, suivant les facteurs W, S et A, à l’exception de l’heptanal. L’importante dégustation et la somme des composés du vieillissement de 44 bières et de plus de 300 échantillons de réserve, ont donné une corrélation de  $r = 0,736^{***}$ . Les échantillons d’une brasserie ont donné une corrélation de  $r = 0,978^{***}$ . Toutefois il n’est pas possible d’établir des valeurs limites ou indicatives pour ces valeurs trouvées pour les composés indicateurs dans l’évaluation de l’état de vieillissement absolu d’une bière. La concentration des composés de départ d’une bière fraîche fluctuent trop fortement en fonction des matières premières et de la technologie. Les composés indicateurs n’ont pas d’influence sur le goût, à l’exception de la  $\gamma$ -Nonalactone, en raison de leur seuil de perception de goût élevé. A l’aide des résultats de ces essais on a divisé grossièrement en trois catégories les facteurs influençant négativement la stabilité de goût:

- Influences technologiques: une absorption croissante de la teneur en oxygène en salle à brasser augmente la 2-pentanone, l’heptanal et l’octanal. Les bières provenant de moût non soumis à la flottation présentaient une augmentation en 2-furfural, 3-méthylbutanal, et phényléthanal.
- Influences de l’absorption de l’oxygène à partir du tank de garde jusqu’à la fermeture de la bouteille: une absorption de l’oxygène augmentait le phényléthanal, le benzaldéhyde et le 2-méthylbutanal.
- Influences par la distribution, par ex. agitation, température de stockage, durée de stockage et lumière: des températures élevées avec augmentation de la durée de stockage montraient des augmentations sensibles de l’ester éthylique de l’acide nicotinique, du 2-furfural, de la  $\gamma$ -nonalactone et de l’heptanal.

L'exposition à la lumière dans des bouteilles vertes conduisait à un goût de lumière qui n'a pas pu être mis en évidence par l'analyse. Le changement des composés aromatiques suivait les facteurs température et temps. L'agitation donnait des résultats de dégustation plus mauvais et la quantité de substances de vieillissement augmentait.

### Literatur

1. Blockmans, S., Devreux, A., und Masschelein, C.A.: Proc. EBC-Congr., Nizza, 1975, 699 – 713.
2. Devreux, A., Blockmans, C., und van de Meerssche, J.: EBC-Monograph VII, 1981, 191 – 201.
3. Drost, B.W., van Eerde, P., Hoekstra, S.F., und Strating, J.: Proc. EBC-Congr., Estoril, 1971, 451 – 458.
4. Graf, H.: Diss. TU München-Weihenstephan, 1984.
5. Hashimoto, N., und Eshima, T.: Report Research Laboratory, Kirin Brewery Co., Ltd., 20, 1 – 12, 1977.
6. Hashimoto, N., und Kuroiwa, Y.: Report Research Laboratory, Kirin Brewery Co., Ltd., 18, 1 – 11, 1975.
7. Meilgaard, M.: Brewers Digest 47, 48 – 62, 1972.
8. Tressl, R., Bahri, D., und Silwar, R.: Proc. EBC-Congr., Berlin, 1979, 27 – 41.
9. Dietschmann, J.: Dissertation TU München-Weihenstephan, 1989.
10. Panglisch, P.: Dissertation TU München-Weihenstephan, 1989.
11. Eichhorn, P., Komori, T., Miedaner, H., und Narziß, L.: EBC Proceedings 1989, 717 – 724.
12. Isenberg, R.: Diplomarbeit TU München-Weihenstephan 1997.
13. Miedaner, H., Narziß, L., und Eichhorn, P.: EBC Proceedings 1991, 401 – 408.

(Manuskripteingang: 9. März 1999)