

Aromaprofil von Weizenbier – Einflussfaktor Temperatur

ALTERUNGS- UND GESCHMACKSSTABILITÄT | Im Zuge der Globalisierung werden Biere über sehr große Distanzen an den Zielort transportiert. Dabei sind die Biere z. T. sehr warmen Temperaturen ausgesetzt – je nach klimatischen Bedingungen bis über 40 °C. Nachdem sich Weizenbiere auch weltweit immer größerer Beliebtheit erfreuen und dieses Produkt bislang kaum in den Fokus wissenschaftlicher Forschungen gelangt ist, wurde im Rahmen dieser Arbeit der Einfluss unterschiedlicher Lagerungstemperaturen hinsichtlich der wichtigsten Acetatester (Isoamylacetat, Ethylacetat), der Schaumstabilität sowie der Alterungs- und Geschmacksstabilität untersucht.

BIER IST EIN LEBENSMITTEL, welches nach der Abfüllung ständig Veränderungsprozessen unterliegt. Damit das Bier gegen Ende des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD) möglichst genauso schmeckt wie am Tag der Abfüllung, ist eine gute Geschmacksstabilität notwendig. Während der Bieralterung laufen verschiedene chemischen Reaktionen ab, die das Bieraroma negativ beeinflussen können. Verbindungen, welche mit fortschreitendem Alter



Autoren: Hubertus Schneiderbanger (Foto) und Prof. Dr. Fritz Jacob, TU München, Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, Freising

durch verschiedene Reaktionen zunehmen, werden als Alterungskomponenten bezeichnet. Diese Substanzen können durch folgende Reaktionen während der Bierlagerung deutlich zunehmen:

- Karamellisierung;
- Maillardreaktion;
- Streckerabbau;
- Reaktionen von Kohlenhydraten und Aminosäuren;
- Oxidation höherer Alkohole;
- Oxidation von Isohumulonen;
- Lipidabbau;
- Reaktionen von Fettsäuren (enzymatischer Abbau der Fettsäuren, Oxidation von Fettsäuren);
- Abbau von Carotinoiden.

Durch diese chemischen Reaktionen wird das Bieraroma negativ beeinflusst und es kommt zur Ausprägung eines Alterungsgeschmacks [1, 8, 10]. Der Prozess der Bieralterung wird sensorisch über verschiedene Geschmacksrichtungen definiert, welche in mehreren Stufen vonstattengehen. Im Anfangsstadium der Bieralterung wird eine fruchtige, an schwarze Johannisbeere

(Ribes-Flavour) erinnernde Note wahrgenommen. Diese geht im Verlauf der Alterung in eine brotartige Oxidationsnote über, bei der auch die Bittere breiter und unangenehmer werden kann. Im Folgestadium macht sich eine an Pappkarton erinnernde Note bemerkbar (Cardboard-Flavour). Für dieses Aroma wird in erster Linie die Substanz (E)-2-Nonenal verantwortlich gemacht [2, 11, 13]. Im letzten Stadium der Bieralterung wird eine sherryartige Note wahrgenommen, zu der es jedoch erst nach einer langen Lagerzeit kommt [7].

■ Zwei weitere Alterungsstufen

Neben diesen typischen Stufen der Bieralterung, zeichnet sich die Alterung von Weizenbieren darüber hinaus durch zwei weitere Stufen aus. Ester, phenolische Substanzen und auch hefige Komponenten, welche in Weizenbieren vorkommen, können einen Alterungsgeschmack z. T. sehr gut maskieren. Bevor es in Weizenbieren zu einem der genannten Alterungsstadien kommt, äußert sich eine Bieralterung bei dieser Biersorte durch einen Abbau dieser aromapositiven Substanzen. Durch diese Reduzierung an genannten Komponenten verliert das Weizenbier seine maskierenden Effekte [1]. Als wichtigste Esterverbindungen in Weizenbieren gelten Isoamylacetat und Ethylacetat. Diese Acetatester gelten als Leitkomponenten für estrig-fruchtige Biere. Isoamylacetat, der sogenannte Bananenester, besitzt einen Geschmacksschwellenwert von ca. 1,6 mg/l im Bier, während Ethylacetat, welches ebenfalls einen fruchtigen, lösungsmittelartigen Charakter besitzt, einen Geschmacksschwellenwert von ca. 30 mg/l aufweist [9].

Eine weitere Besonderheit des Weizenbieres während der Bieralterung liegt in seiner Trübung begründet. Im Gegensatz zu den meisten untergärigen Bieren sind

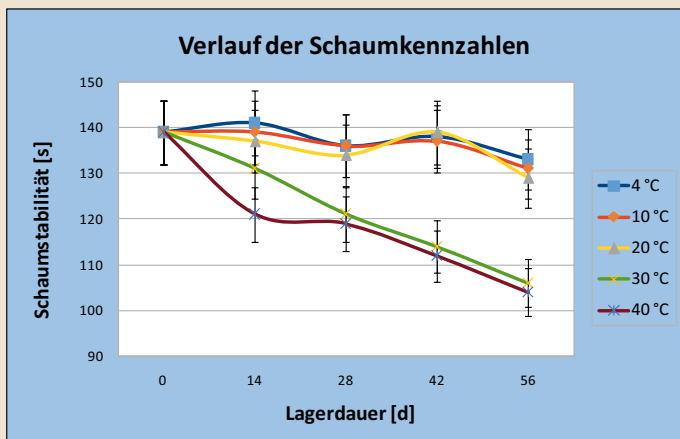


Abb. 1 Entwicklung der Schaumstabilität

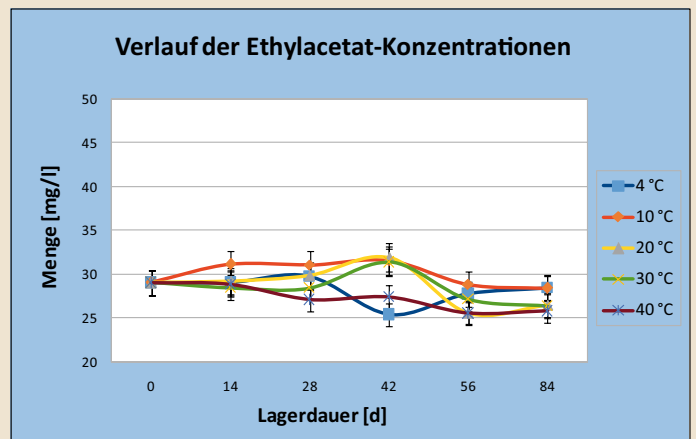


Abb. 2 Verlauf der Ethylacetat-Konzentrationen während der Alterung

Weizenbiere unfiltriert oder teilfiltriert und beinhalten somit noch Hefezellen in der abgefüllt Flasche oder im Fass. Diese Hefezellen können im Laufe einer fortschreitenden Alterung autolyseieren und somit einen alt-hefigen Autolysegeschmack hervorrufen. Es entsteht hierbei ein dumpfer, schweißig-käsiger bis erdiger Fehlgeschmack, welcher von kurzkettigen Fettsäuren wie 3-Methylbuttersäure oder von höheren Alkoholen wie Heptanol verursacht wird [1, 5].

Für die sensorische Veränderung eines Bieres während der Alterung werden allgemein verschiedene Komponenten verantwortlich gemacht. Neben diversen Aldehyden, Streckeraldehyden, Ketonen, Estern, Furanen und Hydroxysäuren gelten vor allem Carbonyl-Verbindungen als hauptverantwortlich für die Bieralterung [3, 8, 10]. Eichhorn konnte 1987 bereits Korrelationen zwischen verschiedenen Alterungssubstanzen und der Intensität des Alterungsgeschmacks ermitteln. Hieraus resultieren von ihm definierte Summenzahlen, die den Alterungszustand eines Bieres beschreiben [3]. Diese Einteilung konnte 1994 von Lustig im Rahmen seiner Promotion durch weitere Komponenten erweitert werden [8]. Auf Basis dieser Arbeiten wurden die Komponenten 2-Methylbutanal, 3-Methylbutanal, Benzaldehyd sowie 2-Phenylethanal als Indikatoren für einen erhöhten Sauerstoffeinfluss charakterisiert, während 2-Furfural und -Nonalacton als Wärmeindikatoren gelten.

Beeinträchtigung durch Lagertemperaturen

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, inwieweit bzw. wie schnell die sensorischen Eigenschaften von Weizenbieren bei

unterschiedlichen Lagertemperaturen beeinträchtigt werden. Ebenso sollten Analysen der Acetatester Isoamylacetat und Ethylacetat zeigen, inwieweit der Abbau maskierender Effekte durch die Lagerungstemperatur bzw. -zeit beeinflusst wird. Diese Parameter in Verbindung mit sensorischen Tests sowie der Messung der Schaumhaltbarkeit als Indikator für mögliche Hefeautolyse-Erscheinungen sollten Aufschluss über die Geschmacksstabilität von Weizenbieren geben.

Hierbei wurden ein Weizenbier bei 4 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C und 40 °C über einen Zeitraum von zwölf Wochen gelagert und in regelmäßigen Abständen untersucht. Bei dem Bier handelte es sich um ein helles Weizenbier mit traditioneller Flaschenreife (Hefezellzahl 20 Mio Zellen/ml).

Schaumstabilität als Indikator

Die unterschiedlichen Lagerungstemperaturen hatten einen deutlichen Einfluss auf die Schaumstabilität der Weizenbiere, die einen wesentlichen Qualitätsparameter darstellt. Darüber hinaus gibt die Schaumstabilität einen Hinweis auf vermehrte Hefeautolyse und ist somit auch ein Indikator für eine verstärkte Alterung. Das Weizenbier besaß zu Beginn der Untersuchungen sehr hohe Schaumkennzahlen, die bei einer Lagertemperatur von 4 °C auch nach 42 Tagen noch nahezu unverändert waren. Erst nach 56 Tagen war ein Abfall zu erkennen. Einen ähnlichen Verlauf nahmen auch die Kurven von 10 °C und 20 °C. Eine Lagertemperatur von 30 °C oder 40 °C führte zu einem sofortigen starken Abfall der Schaumkennzahl, der in beiden Fällen nahezu parallel verlief. Bedingt durch die hohe Hefezellzahlen in der Flasche (20 Mio Zellen/ml) kommt es bei diesen hohen

Lagertemperaturen vermutlich zu einer raschen und intensiven Hefeautolyse, bei der u. a. Fettsäuren freigesetzt werden, die die Schaumqualität deutlich negativ beeinflussen (vgl. Abbildung 1). Es ist demnach ein deutlicher Unterschied in einer Lagerungstemperatur zwischen 4 °C bis 20 °C und über 30 °C bezüglich der Schaumstabilität zu erkennen. Nachdem die Schaumstabilität bei 30 °C und 40 °C bereits nach 56 Tagen über 35s gesunken war, wurde die Versuchsreihe an diesem Punkt beendet.

Konzentration der Aromakomponenten

Abbildung 2 zeigt den Verlauf von Ethylacetat während einer 84-tägigen Lagerung. Wie deutlich zu sehen ist, verzeichnet das Bier nach 84 Tagen bei Lagerungstemperaturen von 20 °C, 30 °C und 40 °C ungefähr den gleichen, geringen Abbau, während der Gehalt an Ethylacetat bei Lagertemperaturen von 4 °C und 10 °C nahezu identisch bleibt. Dieser Ester bleibt demnach während der Alterung auch bei hohen Lagertemperaturen dem Weizenbier in ähnlichen Konzentrationen erhalten. Auch Herrmann berichtet von gleichbleibenden bzw. tendenziell ansteigenden Konzentrationen dieser Aromakomponente in Weizenbieren während der natürlichen Alterung bei Raumtemperatur [5]. Somit konnte gezeigt werden, dass diese Substanz auch bei höheren Temperaturen stabil zu sein scheint.

Ein anderes Bild zeigte sich beim Acetatester Isoamylacetat. Hier war eine temperaturabhängige Reduzierung dieser Aromakomponente erkennbar. Das Weizenbier verzeichnete auch bei Lagertemperaturen von 4 °C einen deutlichen Abfall im Isoamylacetat-Gehalt. Aus Abbildung 3 ist

VERKOSTUNGSERGEBNISSE NACH DLG-SCHEMA

Temperatur	Parameter	0 Tage	14 Tage	28 Tage	42 Tage	56 Tage	84 Tage
4 °C	DLG-Note	4,5	4,4	4,2	4,4	4,3	4,2
10 °C	DLG-Note	4,5	4,3	4,2	4,3	4,1	4,0
20 °C	DLG-Note	4,5	4,1	4,1	4,1	4,0	3,9
30 °C	DLG-Note	4,5	3,8	3,6	3,4	3,0	3,0
40 °C	DLG-Note	4,5	3,0	3,0	2,8	2,5	2,5

Tab. 1

eine eindeutige Abhängigkeit des Isoamylacetat-Gehalts von der Lagertemperatur erkennbar. Je kälter die Lagertemperatur, desto geringer fiel die Abbaurate dieser Substanz aus. Bei Aufbewahrungstemperaturen von 4 °C bis 10 °C, war bis zu 42 Tagen Lagerzeit kein großer Abbau zu erkennen. Dagegen lag die Konzentration dieser Aromasubstanz zum gleichen Zeitpunkt bei Lagertemperaturen von 20 °C bis 40 °C bereits ca. 1 mg/l niedriger. In der Folge verlief der Abbau bei 20 °C und 30 °C langsamer während der Abbau bei 40 °C nahezu linear weiter stieg. Auch Vanderhaegen et al. konnten bei der Lagerung von obergärigen Pale-Bieren eine Korrelation zwischen der Lagerungstemperatur und dem Absinken des Isoamylacetat-Gehaltes feststellen [12]. Es scheint, als würde es hierbei zu einer chemischen oder enzymatischen (Hydrolyse-Enzym Iah1p) Reduktion von Isoamylacetat kommen, die durch höhere Temperaturen schneller abläuft. Den allgemeinen Abbau dieser Substanz über den Alterungsverlauf konnte auch Herrmann feststellen [5].

Wie Abbildung 4 zeigt, erhöht sich die Summe der Wärmeindikatoren bei Lagertemperaturen bis 30 °C nur geringfügig. Dagegen führen Temperaturen von 40 °C zu ei-

ner extremen Erhöhung der Wärmeindikatoren ab einer Lagerungszeit von 42 Tagen. Demzufolge kommt es zu einer wesentlich höheren Bildungsrate von γ -Nonalacton und 2-Furfural bei Temperaturen von 40 °C als bei Temperaturen von 30 °C und darunter.

Verkostungsergebnisse

Auch die Verkostungsergebnisse zeigten deutlich Unterschiede in den sensorischen Bewertungen (vgl. Tab. 1). Bereits nach 14 Tagen Lagerzeit bei 40 °C wies das Untersuchungsbier eine deutliche Alterungsnote auf. Eine Alterungsnote ist ab einer Bewertung von unter 4,0 erkennbar. Somit war deutlich zu sehen, dass das Bier bei einer Lagerung bis 20 °C erst nach 84 Tagen eine leichte Alterungsnote aufwies. Es ist jedoch sensorisch eine deutlich Diskrepanz zwischen Lagerbedingungen bis 20 °C und über 30 °C zu erkennen. Alle Biere, die einer Temperatur von 30 °C oder 40 °C ausgesetzt waren, ließen bereits nach 14 Tagen Lagerzeit eine deutliche Alterungsnote erkennen.

Fazit

Diese Untersuchungen zeigten einen deutlich negativen Einfluss von Lagerungs-

temperaturen von 30 °C oder 40 °C auf die Geschmacksstabilität von Weizenbieren. Lagerbedingungen bis 20 °C verursachten einen moderaten Abbau an Isoamylacetat und die Biere wurden auch nach 56 Tagen noch mit einer DLG-Note von 4,0 beurteilt. Somit konnte kein Alterungsgeschmack festgestellt werden.

Temperaturen von 30 °C oder 40 °C wirkten sich dagegen äußerst negativ auf wichtige Aromakomponenten und auf die Geschmacksstabilität aus. Isoamylacetat erfuhr bei Lagerbedingungen von 40 °C einen deutlichen Abbau, während die Konzentrationen an Wärmeindikatoren (γ -Nonalacton und 2-Furfural) exponentiell anstiegen. Es gab bezüglich der Lagertemperaturen über und unter 40 °C somit einen gravierenden Unterschied in der Bildung der Wärmeindikatoren. Sensorisch wurden alle Biere ab einer Lagertemperatur von 30 °C oder darüber bereits nach 14 Tagen auf Grund eines deutlich wahrnehmbaren Alterungsgeschmacks abgewertet. Es ist zu vermuten, dass vor allem die für das Cardboard-Flavour verantwortliche Substanz (E)-2-Nonenal bei Temperaturen über 30 °C verstärkt gebildet wird. Auch Wang und Siebert konnten deutliche Anstiege im Gehalt dieser Substanz bei Lagerungstemperaturen von 38 °C erreichen [14]. Furusho et al. konnten ebenfalls deutliche Unterschiede im Cardboard-Flavour zwischen Lagerungstemperaturen von 20 °C und 30 °C in Lagerbieren beobachten [4]. Auch die Untersuchungen von Kaneda, Kobayashi, Furusho, Sahara und Koshino belegen, dass Biere, die sie bei 25 °C altern ließen eine Karamellnote entwickelten, während Aufbewahrungstemperaturen von 30 °C oder 37 °C deutliche

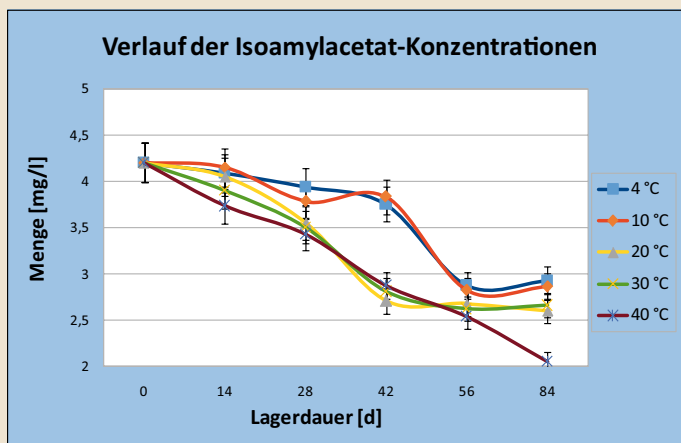


Abb. 3 Verlauf der Isoamylacetat-Konzentrationen während der Alterung

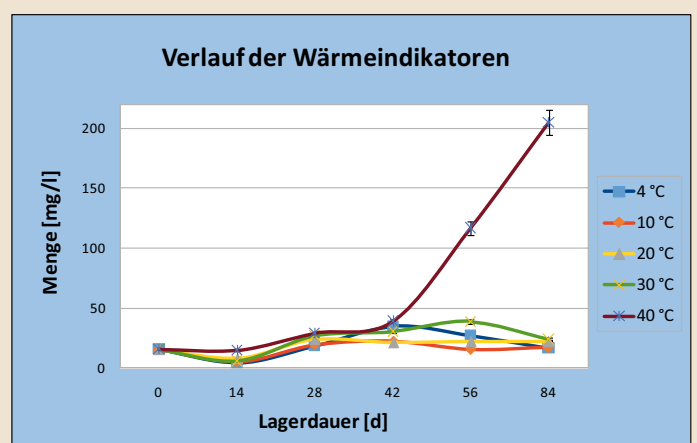


Abb. 4 Verlauf der Wärmeindikatoren während der Alterung

Cardboard-Noten aufwies [6]. Die Lagerungstemperatur spielte nach diesen Untersuchungen auch für Weizenbiere eine entscheidende Rolle. Bis zu Temperaturen von 20 °C waren keine großen Unterschiede erkennbar. Ab einer Lagertemperatur von 30 °C wurde die Geschmacksstabilität sensorisch innerhalb von sehr kurzer Zeit deutlich negativ beeinflusst und ebenfalls ein Cardboard-Aroma detektiert. Auch Qualitätsparameter wie die Schaumstabilität sanken unverhältnismäßig stark ab bei Lagertemperaturen ab 30 °C. Die Bildung der Wärmeindikatoren 2-Furfural und γ -Nonalacton scheint dagegen erst ab Temperaturen von über 40 °C forciert zu werden, wengleich bereits deutliche Alterungsnoten bereits bei 30 °C sensorisch wahrnehmbar waren. Dies zeigt, dass diese Komponenten zwar mit der Alterung korrelieren, jedoch nur bedingt mit dem entstehenden Cardboard-Flavour bei hohen Lagertemperaturen. ■

■ Literatur

1. Back, W.: Ausgewählte Kapitel der Brauereitechnologie, Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, 2005.
2. Bärwald, G.: „Geschmacksstabilität des Bieres“, BRAUWELT, Nr. 10, 1974, S. 159-162.
3. Eichhorn, P.: Untersuchungen zur Geschmacksstabilität des Bieres, TU München/Weihenstephan, Freising, 1987.
4. Furusho, S.; Kobayashi, N.; Nakac, N.; Takashio, M.; Tamaki, T.; Shinotsuka, K.: „A developed descriptive sensory test reveals beer flavor changes during storage“, MBAA Technical Quaterly, 36, 1999, S. 163-166.
5. Herrmann, M.: Entstehung und Beeinflussung qualitätsbestimmender Aromastoffe bei der Herstellung von Weißbier, TU München-Weihenstephan, Freising, 2005.
6. Kaneda, H.; Kobayashi, N.; Furusho, S.; Sahara, H.; Koshino, S.: „Chemical evaluation of beer flavor stability“, MBAA Technical Quaterly, 32, 1995, S. 76-80.
7. Laws, D. R.; Peppard, T. L.: „The stability of flavour constituents in alcoholic beverages“, Food Chemistry, 9, 1982, S. 131-146.
8. Lustig, S.: Das Verhalten flüchtiger Aromastoffe bei der Lagerung von Flaschenbier und deren technologische Beeinflussung beim Brauprozess, TU München-Weihenstephan, Freising, 1994.
9. Meilgaard, M. C.: „Flavor Chemistry of Beer Part II: Flavor and Threshold of 239 Aroma Volatiles“, MBAA Technical Quarterly, 12, 1975, S. 151-168.
10. Narziß, L.: Abriss der Bierbrauerei, Wiley-VCH, Weinheim, 2005.
11. Schieberle, P.; Komarek, D.: „Changes in key aroma compounds during natural beer aging“, Cadwallader, K. R.; Weenen, H. (Eds.): Freshness and Shelf Life of Foods, Vol. 836, Amer Chemical Soc., Washington, 2003, S. 70-79.
12. Vanderhaegen, B.; Neven, H.; Coghe, S.; Verstrepen, K. J.; Verachttert, H.; Derdelinckx, G.: „Evolution of chemical and sensory properties during aging of top-fermented beer“, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(23), 2003, S. 6782-6790.
13. Vanderhaegen, B.; Neven, H.; Verachttert, H.; Derdelinckx, G.: „The chemistry of beer aging – a critical review“, Food Chemistry, 95, 2006, S. 357-381.
14. Wang, P. S.; Siebert, K. J.: „Determination of trans-2-nonenal in beer“, MBAA Technical Quaterly, 11, 1974, S. 110-117.