

H. Klein, T. Glinsner, M. Natter und I. Steiner

# Einflußfaktoren des Absorptionsintegrals im Hinblick auf die Geschmacksstabilität

Die Brauindustrie ist bestrebt, innerhalb des angegebenen Mindesthaltbarkeitsdatums, eine möglichst gleichbleibende Qualität des Bieres zu gewährleisten. Zur Beurteilung der Geschmacksstabilität ist es wünschenswert, Schnellmethoden einzusetzen, die in jedem Brauereilabor durchgeführt werden können. Die Messung des Absorptionsintegrals (AI) stellt eine rasche, preiswerte und mit wenig apparativem Aufwand verbundene Schnellmethode zur Beurteilung der Geschmacksstabilität von Bieren dar. Bei der AI-Bestimmung werden Bierinhaltsstoffe erfaßt, die in einem Bierdestillat zwischen 240 und 310 nm eine deutliche Absorption zeigen. In der vorliegenden Arbeit werden die Hintergründe der AI-Messung näher beleuchtet. Dabei konnten 11 Bierinhaltsstoffe (6 alterungsrelevante und 5 nicht alterungsrelevante) gefunden werden, die im interessierenden UV-Bereich absorbieren und somit das AI verursachen. Die Veränderungen der 11 Substanzen und deren Einfluß auf das AI wurden in einem Alterungsversuch genauer untersucht. Die Ergebnisse von verschiedenen Sorten aus 14 Brauereien wurden untereinander verglichen.

BC 25 Bier

(Deskriptoren: Geschmacksstabilität, Bieralterung, Alterungskomponenten.

Descriptors: Flavour stability, staling, staling compounds).

## 1 Einleitung

Durch die Angabe des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD) gewinnt die Überprüfung der Geschmacksstabilität von Bieren immer mehr an Bedeutung. Während der Lagerung von Bier, vor allem bei ungünstigen Bedingungen (z. B. erhöhte Temperatur), verändert sich die Konzentration von alterungsrelevanten Komponenten. Wie in vielen Publikationen beschrieben, handelt es sich dabei hauptsächlich um Carbonyle (1, 2). Als Mechanismen, die zur Bildung dieser Verbindungen führen, zählen vor allem die Maillard-Reaktion, Strecker-Abbau, Oxidation höherer Alkohole, Oxidation von Isohumulonen, Lipidabbau sowie die Aldoladdition (1, 2, 3, 11).

Bis jetzt ist es jedoch noch nicht gelungen, jene Leitsubstanz(en) zu finden, die für den Alterungsgeschmack von Bieren verantwortlich ist (sind). Dafür gibt es eine Reihe von Indikatorsubstanzen, die mit zunehmender geschmacklicher Veränderung des Bieres ihre Konzentration ändern. Von großem Interesse sind Schnellmethoden, die mit möglichst wenig apparativem, zeitlichem und finanziellem Aufwand verbunden sind und in jedem Brauereilabor durchgeführt werden können.

Die meisten herkömmlichen Methoden zur Beurteilung der Geschmacksstabilität, wie die Gaschromatographie (GC) (3), die Elektronenkerne spinresonanz (ESR) (4, 5) und die Chemilumineszenz (6), werden diesen Ansprüchen nicht immer gerecht.

Diesen Anforderungen kommt jedoch die Messung des Absorptionsintegrals (AI), die Fläche des UV-Spektrums eines Bierdestillates zwischen 240 nm und 310 nm, nach (7).

Bereits 1981 wurde erstmals erwähnt, daß zwischen Destillaten eines frischen und gealterten Bieres deutliche Unterschiede bestehen. Die Absorption eines gealterten Bierdestillates war im Bereich um 270 nm deutlich erhöht. Dabei wurden diese hohen Extinktionswerte auf 2-Furfural zurückgeführt (8). Diese Tatsache wurde in späteren systematischen Untersuchungen weiterverfolgt, in der die Korrelation des AI mit der Geschmacksstabilität festgestellt wurde (7, 9).

In der vorliegenden Arbeit sollen in erster Linie jene Substanzen gefunden werden, die im definierten UV-Bereich relevant sind. In weiterer Folge soll durch Quantifizierung dieser Verbindungen mit Hilfe der GC und der Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) der Anteil dieser Substanzen am AI untersucht werden.

## 2 Materialien und Methoden

Es standen Bierproben aus 8 österreichischen, 2 ungarischen und 4 rumänischen Brauereien zur Verfügung. Diese Proben wurden frisch (nach 14 Tagen, 10 °C) und nach forcierter Alterung (3 Tage, 45 °C) analysiert.

Die eingesetzten Referenzsubstanzen bzw. Reagenzien stammen von den Firmen EGA-Chemie, Aldrich, Fluka, ICN-Pharmaceuticals und Merck.

### 2.1 Messung des AI

Die Bestimmung des AI erfolgt aus Wasserdampfdestillaten. Dazu wird 200 ml gekühltes Bier (8 °C) und eine Spatelspitze Entschäumer (Glycerin-Monostearat, techn.; Fa. Roth) in einen 750 ml Glaskolben gefüllt und mittels Büchi VAPODEST 20 (Fa. Gerhardt) auf 100 ml innerhalb von 280 Sekunden überdestilliert.

Die Spektren werden mit einem scanbaren UV/VIS-Spektrometer Lambda 12 mit Sipper (Fa. Perkin Elmer) aufgenommen. Die Auswertung der Spektren erfolgt mit der Software UV WIN LAB 2.0 bzw. Spectra Integration von Perkin Elmer.

*Spektralphotometrische Bedingungen:*

<input type="checkbox"/> Scangeschwindigkeit	60 nm/s
<input type="checkbox"/> Scanbereich	200 – 350 nm
<input type="checkbox"/> Durchflußküvette	Quarz, 5 cm

*Sipper Bedingungen:*

- Sampling time 12 s
- Delay time 5 s

Vor jeder Messung bzw. Meßserie wird das Gerät mit bidestilliertem Wasser über den gesamten Scanbereich auf Null abgeglichen.

**2.2 Schwerflüchtige Bierinhaltsstoffe (MEBAK, Band 3, 2. Auflage, 9 – 13, 1982)**

**2.3 4-Vinylphenol und 4-Vinylguajacol (Modifizierte MEBAK-Methode, 2. Auflage, Band 3, 116 – 118, 1996)**

**2.4 Alterungsrelevante Bierinhaltsstoffe (3)**

**2.5 Leichtflüchtige Bierinhaltsstoffe (Interne Analysenvorschrift der Brau-Union Österreich, QSE, 42/93-A)**

**2.6 Acetoin (MEBAK, Band 3, 2. Auflage, 29 – 31, 1996)**

**3 Ergebnisse**

**3.1 Einfluß unterschiedlicher Bierinhaltsstoffe auf das AI**

Als vorrangiges Ziel dieser Arbeit galt es herauszufinden, welche Einzelsubstanzen bei der Messung des Absorptionsintegrals erfaßt werden. Dazu wurden alle Substanzen aus Tabelle 1, auf die Absorption im Bereich zwischen 240 und 310 nm sowohl direkt als auch im Wasserdampfdestillat untersucht. Die Konzentrationen wurden so gewählt, wie sie in gealterten Bieren vorkommen (3, 10).

Die Substanzen aus den Wasserdampfdestillaten, die eine deutliche Extinktion im UV-Bereich zwischen 240 und 310 nm zeigen, sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Bei 5-Hydroxy-2-methylfurfural, Furaneol und Maltol wird aufgrund ihrer Struktureigenschaften eine Absorption im interessie-

**Tabelle 1 Einfluß verschiedener Substanzen auf das AI**

Sauerstoffheterozyklen			AI Destillat	AI Lösung	Destillationsausbeute ( bezogen auf AI )
Essigsäurefurfurylester	20	ppb	0,0	0,0	–
5-Methyl-2-Furfural	10	ppb	0,2	0,1	88%
2-Acetyl-5-Methylfuran	20	ppb	0,5	0,3	82%
2-Furfural	200	ppb	7,4	4,0	83%
2-Furfurylmethanol	2000	ppb	0,1	0,1	84%
2-Acetylfuran	20	ppb	0,5	0,3	75%
gamma-Nonalacton	100	ppb	0,0	0,0	–
gamma-Butyrolacton	200	ppb	0,0	0,0	–
Maltol	500	ppb	0,4	4,8	4%
Furaneol	50	ppb	0,0	0,4	0%
5-Hydroxymethylfurfural	5000	ppb	0,0	6,1	0%
Carbonyle					
3-Methyl-Butanal	20	ppb	0,0	0,0	–
2-Methyl-Butanal	20	ppb	0,0	0,0	–
3-Methyl-Butan-2-on	10	ppb	0,0	0,0	–
Benzaldehyd	5	ppb	0,0	0,0	–
2-Phenylethanal	20	ppb	0,0	0,0	–
Heptanal	50	ppb	0,0	0,0	–
Hexanal	50	ppb	0,0	0,0	–
Acetaldehyd	25000	ppb	0,8	0,5	79%
Acetoin	5000	ppb	0,1	0,3	15%
Ester					
Milchsäureethylester	2000	ppb	0,0	0,0	–
Bernsteinsäurediethylester	10	ppb	0,0	0,0	–
2-Phenyllessigsäureethylester	10	ppb	0,0	0,0	–
Nicotinsäureethylester	100	ppb	0,5	0,8	28%
Diverses					
2-Phenylethanol	20000	ppb	1,3	1,5	43%
4-Vinylphenol	500	ppb	2,0	6,5	15%
4-Vinylguajakol	500	ppb	2,7	2,0	68%
SO <sub>2</sub>	2000	ppb	0,0	0,0	–
Ascorbinsäure	50000	ppb	0,0	0,0	–
Diacetyl	100	ppb	0,0	0,0	–
Pentandion	100	ppb	0,0	0,0	–

renden UV-Bereich erwartet. Da aber diese Substanzen nicht wasserdampflich sind, leisten sie keinen Beitrag zum AI. Lediglich Maltol, mit einer Destillationsausbeute von knapp 4%, könnte in höheren Konzentrationen, wie sie bei dunklen Bieren vorkommen, einen Anteil zum AI leisten. Der Beitrag der einzelnen Bierinhaltsstoffe zum AI kann in Form von Faktoren ausgedrückt werden. Diese wurden ermittelt, indem das AI der einzelnen Referenzsubstanzen bei definierten Konzentrationen gemessen wurde. Diese Ergebnisse wurden jeweils auf 1 ppb bzw. 1 ppm normiert (siehe Tab. 2). Dabei zeigt sich, daß 4-Vinylguajacol und 4-Vinylphenol einen enormen Beitrag zum AI leisten. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen von Untersuchungen von Weißbieren, deren AI deutlich über dem von untergärigen Bieren liegt. Da diese beiden phenolischen Verbindungen in untergärigen Bieren in sehr geringen Konzentrationen vorkommen, ist deren Beitrag zum AI relativ gering. Auch andere, nicht alterungsrelevante Bierinhaltsstoffe leisten aufgrund ihrer Struktureigenschaften einen Beitrag zum AI. Wie hoch dieser Beitrag ist, bzw. daß sich dieser während der Bieralterung nicht verändert, soll durch folgenden Alterungsversuch bestätigt werden.

### 3.2 Alterungsversuch

Bei diesem Versuch wurde Bier derselben Charge 14 Tage lang bei 45 °C thermisch belastet. Frisches (unmittelbar nach der Abfüllung), 1, 3, 5 und 14 Tage thermisch belastetes Bier wurde auf die in Tabelle 2 angeführten Parameter analysiert.

Aus Tabelle 3 und Abbildung 1 ist ersichtlich, daß 2-Furfural während der 14-tägigen Bieralterung den größten Konzentrationsanstieg unter den AI-relevanten Substanzen erfährt. Wie zu erwarten war, nahmen die Konzentrationen von 2-Acetyl-5-Methylfuran, Nicotinsäureethylester und 2-Acetylfuran ebenfalls zu.

Während im frischen Zustand 2-Acetylfuran prozentuell gegenüber 2-Furfural leicht überwiegt, übernimmt 2-Furfural schon nach einem Tag forcierter Alterung die dominierende Rolle und baut diese bei fortschreitender Alterung weiter aus.

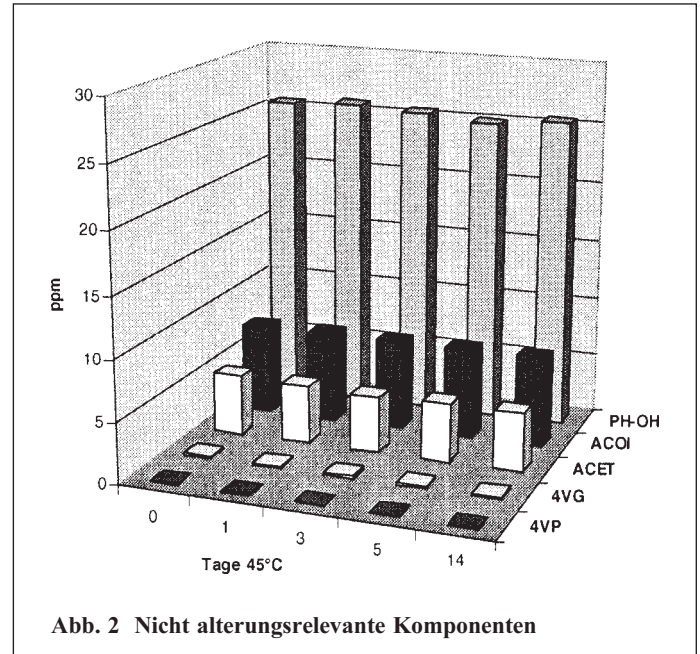
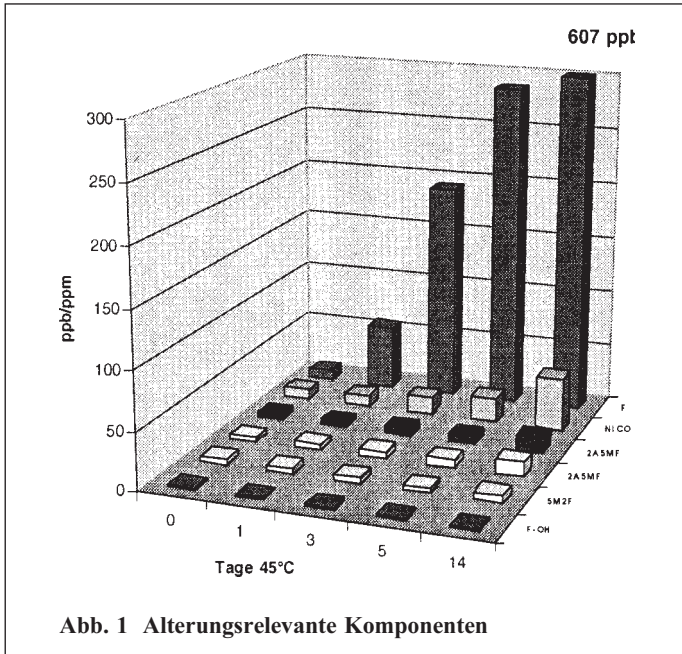
Nach thermischer Belastung von 14 Tagen werden 74% des AI nur von 2-Furfural verursacht. Gegenläufig dazu verhalten sich 2-Phenylethanol und 4-Vinylguajacol, die prozentuell am AI

**Tabelle 2 AI-relevante Aromastoffe**

Substanzname	Kurzbez.	alterungsrelevant	Faktor / Konzentration
5-Methyl-2-Furfural	5M2F	ja	0,023 / ppb
2-Acetyl-5-Methylfuran	2A5MF	ja	0,023 / ppb
Furfural	F	ja	0,037 / ppb
2-Furfurylmethanol	F-OH	ja	0,065 / ppm
2-Acetyl-Furan	2AC	ja	0,025 / ppb
Nicotinsäureethylester	NICO	ja	0,005 / ppb
Acetaldehyd	ACET	nein	0,034 / ppm
Acetoin	ACOI	nein	0,016 / ppm
2-Phenylethanol	PH-OH	nein	0,067 / ppm
4-Vinylphenol	4 VP	nein	3,950 / ppm
4-Vinylguajacol	4 VG	nein	5,410 / ppm

**Tabelle 3 Konzentrationen und prozentuelle Verteilung der am AI beteiligten Komponenten**

Tage	5M2F	2A5MF	F	F-OH	2AF	NICO	ACOI	ACET	PH-OH	4VP	4VG
	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0	5	4	8	1,49	13	8	7,5	5,0	25,5	0,01	0,15
1	5	5	56	1,49	13	10	7,5	4,8	25,8	0,01	0,15
3	5	6	192	1,55	15	15	7,5	4,6	25,5	0,01	0,15
5	4	7	286	1,55	16	21	7,5	4,8	25,0	0,01	0,15
14	6	13	607	1,69	17	46	7,5	4,8	25,5	0,01	0,15
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0	3	2	7	2	8	1	3	4	42	1	20
1	2	2	32	1	5	1	2	3	27	1	12
3	1	1	53	1	3	1	1	1	13	0	6
5	1	1	59	1	2	1	1	1	9	0	5
14	0	1	74	0	1	1	0	0	6	0	3



beteiligten nicht alterungsrelevanten Hauptkomponenten, mit einer Abnahme am AI-Anteil von 36 bzw. 17% (Tab. 3).

Die absoluten Konzentrationen der nicht alterungsrelevanten Aromastoffe bleiben über die gesamte Versuchsdauer weitestgehend gleich und liefern daher einen konstanten Beitrag zum AI (Abb. 2). Die Konsequenz daraus ist, daß absolute Vergleiche des AI von verschiedenen Brauereien untereinander nur dann möglich sind, wenn deren nicht alterungsrelevanter Beitrag zum AI ähnlich ist. Dieser Anteil könnte als brauereispezifischer „AI-Blindwert“ definiert werden. Wie stark diese Blindwerte in verschiedenen Brauereien schwanken, soll unter Punkt 3.3. gezeigt werden.

**3.3 Abfüllbiere aus verschiedenen Brauereien**

Verschiedene untergärige, helle Biere aus 14 Brauereien wurden auf die in Tabelle 2 angegebenen Parameter sowohl in frischem (2 Wochen nach Abfüllung), als auch in forciert gealtertem Zustand (3 Tage bei 45 °C) analysiert.

In Tabelle 4 und 5 sind die Mittelwerte des AI und die Absolut- bzw. Prozentanteile alterungsrelevanter und nicht alterungsrelevanter Komponenten für alle untersuchten Biersorten je Betrieb dargestellt. Dabei wurden die Konzentrationen der AI-relevanten Bierinhaltsstoffe von frischen und forciert gealterten Bieren gemessen und mit den in Tabelle 2 angegebene-

**Tabelle 4 Frisch / AI und AI-Anteile absolut und in Prozent**

Brauerei		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
AI	□	5,6	5,0	5,3	6,1	4,7	6,8	5,1	3,9	6,8	8,1	6,5	12,4	6,3	6,2
alterungsrelevant	□	2,3	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,4	1,5	2,3	2,2	2,4	5,7	1,8	3,7
n. alterungsrelevant	□	2,6	2,5	2,4	3,0	2,4	2,2	2,1	2,2	2,8	2,8	2,6	2,9	3,2	2,6
% alterungsrelevant	%	42	37	34	30	38	26	27	38	33	27	37	46	28	59
% n. alterungsrelevant	%	47	49	45	49	52	32	41	56	41	35	40	24	51	41
<b>Summe</b>	<b>%</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>90</b>	<b>58</b>	<b>68</b>	<b>94</b>	<b>74</b>	<b>62</b>	<b>77</b>	<b>70</b>	<b>79</b>	<b>100</b>

**Tabelle 5 Forciert / AI und AI-Anteile absolut und in Prozent**

Brauerei		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
AI	□	13,3	12,1	11,6	11,5	10,7	11,6	11,8	8,9	18,5	23,9	20,0	21,1	17,0	22,0
alterungsrelevant	□	7,6	6,7	6,9	6,0	6,3	6,0	7,1	5,1	12,4	16,6	16,9	17,7	14,0	20,0
n. alterungsrelevant	□	2,6	2,4	2,4	3,0	2,5	2,2	2,1	2,2	2,8	2,8	2,5	3,0	3,1	2,6
% alterungsrelevant	%	57	55	59	53	59	52	60	57	67	70	84	84	82	91
% n. alterungsrelevant	%	19	20	20	26	23	19	18	25	15	12	12	14	18	12
<b>Summe</b>	<b>%</b>	<b>76</b>	<b>75</b>	<b>79</b>	<b>79</b>	<b>82</b>	<b>71</b>	<b>78</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>96</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>103</b>

nen Faktoren auf die alterungsrelevanten und nicht alterungsrelevanten Anteile umgerechnet.

Wie in den Abbildungen 3 und 4 ersichtlich, bewegt sich der nicht alterungsrelevante AI-Anteil sowohl bei den untersuchten frischen als auch bei den forciert gealterten Bieren in relativ engen Grenzen (2,1 bis 3,2). Die Konzentrationen der alterungsrelevanten Komponenten, vor allem des 2-Furfurals, steigen, wie in Tabelle 3 ersichtlich, durch die forcierte Alterung. Obwohl 2-Furfural nicht unmittelbar für das Auftreten eines Alterungsgeschmackes verantwortlich ist, wird es als Wärme- und Alterungsindikator angesehen (7, 9).

Die deutlich höheren AI-Werte der forciert gealterten Biere resultieren aus dem überproportionalen Anstieg des 2-Furfurals gegenüber den übrigen Alterungskomponenten (Abb. 3 und 4).

Bei frischen Bieren werden durchschnittlich 80%, bei forciert gealterten Bieren 85% des AI durch die beschriebenen AI-relevanten Substanzen abgedeckt. Es ist durchaus möglich, daß noch andere, derzeit unbekannte Bierinhaltsstoffe, einen – wenn auch geringen – Beitrag zum AI leisten. Der überwiegende Teil der AI-relevanten Substanzen konnte jedoch in dieser Arbeit gefunden werden.

Die Messung des AI zur Vorausbestimmung der Geschmacksstabilität kann prinzipiell sowohl in frischen Bieren als auch in forcierten Bieren durchgeführt werden. Wie Verkostungsergebnisse zeigen, ist die Geschmacksstabilität der Biere der Betriebe I bis N schlechter im Vergleich zu den Betrieben A bis H. Die AI-Werte liegen dabei großteils höher, sowohl in frischen als auch in forcierten Bieren. Bei der Messung des AI forciert Biere ist jedoch zu berücksichtigen, daß das AI zum Großteil durch 2-Furfural verursacht wird.

**4 Zusammenfassung**

Als elegante Schnellmethode zur Vorausbestimmung der Geschmacksstabilität von Bieren bietet sich die Messung des Absorptionsintegrals an. Mit dieser Methode werden wasserdampf-flüchtige Bierinhaltsstoffe erfaßt, die zwischen 240 und 310 nm eine deutliche Absorption zeigen. Durchschnittlich 85% des AI werden durch 11 unterschiedliche Substanzen verursacht, die in alterungsrelevante und nicht alterungsrelevante Komponenten eingeteilt werden.

Der nicht alterungsrelevante Anteil am AI (Acetaldehyd, Acetoin, 2-Phenylethanol, 4-Vinylphenol, 4-Vinylguajacol) war bei den untersuchten Bieren aus 14 Brauereien relativ konstant. Der alterungsrelevante AI-Anteil (5-Methyl-2-Furfural, 2-Acetyl-5-Methylfuran, 2-Furfural, 2-Furfurylmethanol, 2-Acetylfuran, Nicotinsäureethylester) steigt im Laufe der Bieralterung. Dieser Anstieg wird wesentlich durch 2-Furfural verursacht.

**5 Summary**

**Klein, H., Glinsner, T., Natter, M., and Steiner, I.: Influential factors on the absorption integral in terms of taste stability –** Monatsschrift für Brauwissenschaft 53, No. 11/12, 217 – 222, 2000

**BC 25 Beer**

The brewing industry is attempting to guarantee as uniform quality of beer as possible within the shelf life of the product. To assess the taste stability it is desirable to use fast methods that can be used in any brewery laboratory. The measurement of the absorption integral (AI) represents a fast, low cost method that required very little equipment to assess the taste stability of beers. In determining the AI, the ingredients of beer that show good absorptions in a beer distillate at a wavelength of between 240 and

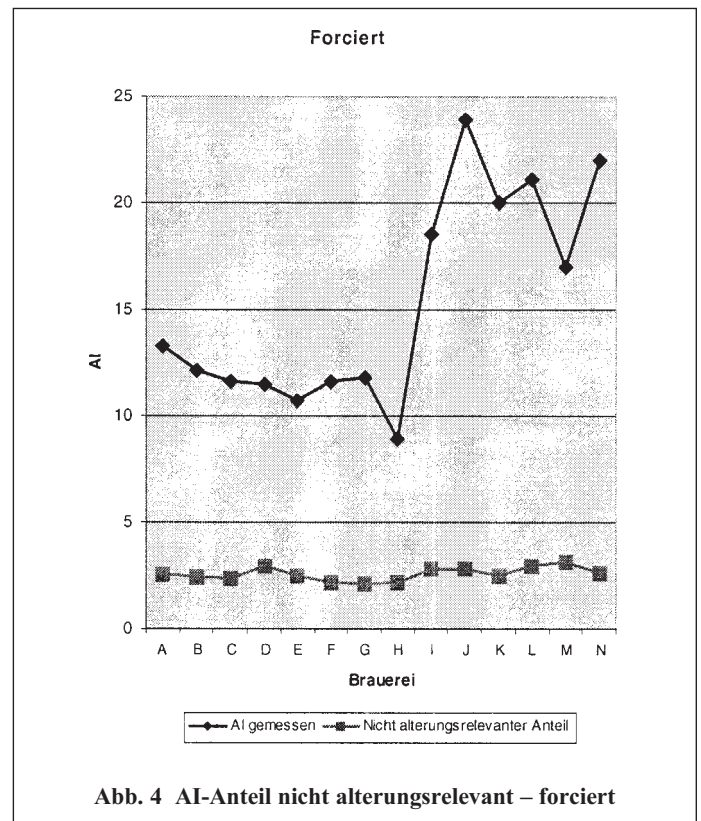
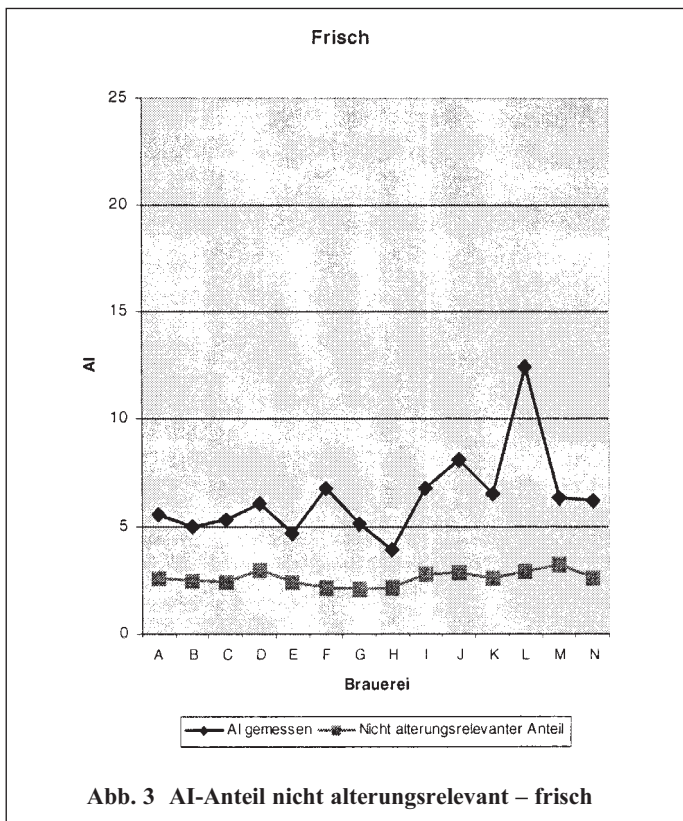


Abb. 3 AI-Anteil nicht alterungsrelevant – frisch

Abb. 4 AI-Anteil nicht alterungsrelevant – forciert

310 nm are recorded. In this paper the background to AI measurement is described in further detail. 11 beer ingredients (six with an ageing relevance and five without an ageing relevance) were found, which are absorbent in the interesting UV range and therefore cause AI. The changes in the 11 substances and their influence on the AI were studied in greater detail. The results of various products from 14 breweries were then compared.

**Klein, H., Glinsner, T., Natter, M., et Steiner, I.: Facteurs d'influence de l'intégrale d'absorption sur la stabilité de la flaveur** – Monatsschrift für Brauwissenschaft 53, No. 11/12, 217 – 222, 2000

**BC 25 Bière**

L'industrie brassicole a le souci de garantir une qualité régulière de la bière jusqu'à la date limite de consommation. Pour le jugement de la stabilité de flaveur il est souhaitable d'utiliser des méthodes rapides qui peuvent être appliquées dans tous les laboratoires de brasserie. La mesure de l'intégrale d'absorption (IA) représente une méthode rapide, peu coûteuse, avec un appareillage réduit pour l'évaluation de la stabilité de la flaveur des bières. Pour la détermination de l'IA on prend en compte des constituants de la bière qui présentent dans un distillat une absorption nette entre 240 et 310 nm. Dans le présent travail on décrit les fondements de la mesure de l'IA. On a trouvé 11 constituants de la bière (dont 6 influencés par le vieillissement et 5 non influencés par le vieillissement) qui absorbent dans l'UV intéressant et qui contribuent à l'IA. Les changements des 11 substances et leur influence sur l'IA ont été examinés au cours d'un essai de vieillissement. Les résultats de différentes sortes de bière de 14 brasseries ont été comparés entre eux.

**6 Literatur**

1. Narziß, L., Miedaner, H., und Graf, H.: Carbonyl und Alterung des Bieres, Monatsschrift für Brauwissenschaft **38**, 396 – 402, 1985.

2. Narziß, L., Miedaner, H., und Eichhorn, P.: Untersuchungen zur Geschmacksstabilität des Bieres (Teil 1), Monatsschrift für Brauwissenschaft **52**, 49 – 57, 1999.

3. Lustig, S.: Das Verhalten flüchtiger Aromastoffe bei der Lagerung von Flaschenbier und deren technologische Beeinflussung beim Brauprozeß, Dissertation, TU-München, 1994.

4. Forster, C., Schwieger, J., Narziß, L., Back, W., Uchida, M., Ono, M., und Yanagi, K.: Untersuchungen zur Geschmacksstabilität von Bier mittels Elektronenspinresonanz – Spektroskopie freier Radikale, Monatsschrift für Brauwissenschaft **52**, 86 – 93, 1999.

5. Yanagi, K., Ishibashi, Y., Kondo, H., Oka, K., Uchida, M.: Neue Methoden zur Beurteilung der Geschmacksstabilität, Schaumeigenschaften und -stabilität von Bier, Brauwelt **137**, 841 – 859, 1997.

6. Kaneda, H., Kano, Y., Kamimura, M., Osawa, T., und Kawakishi, S.: Evaluation of beer deterioration by chemiluminescence, J. Food Science **55**, Nr. 5, 1361 – 1364, 1990.

7. Klein, H., Krammer, R., und Natter, M.: Schnellbestimmung zur Vorhersage der Geschmacksstabilität von Bieren, EBC-Proceedings, Maastricht, 553 – 560, 1997.

8. Drost, B., Zouterwoude: Geschmacksstabilität, Brauwelt 21, 786 – 790, 1981.

9. Glinsner, T.: Schnellmethoden zur Bestimmung der Geschmacksstabilität von Bieren, Diplomarbeit, TU-Wien, 1999.

10. Krüger, E., und Anger, H.: Kennzahlen zur Betriebskontrolle und Qualitätsbeschreibung in der Brauwirtschaft, Behrs-Verlag, 1992.

11. Thum, B., Miedaner, H., Narziß, L. und Back, W.: Bildung von „Alterungscarbonylen“ – mögliche Mechanismen und Bedeutung bei der Bieralterung, EBC-Proceedings, Brüssel, 491 – 498, 1995.

(Manuskripteingang 7. 6. 2000)