

L. Narziß, W. Back, H. Miedaner und Y. Takahashi

# Pilotversuche über den Einfluß der verschiedenen Maischparameter auf die Eigenschaften der Würze und des Bieres unter besonderer Berücksichtigung der Geschmacksstabilität

In den früheren Arbeiten des Lehrstuhls (1, 2), vor allem in den Dissertationen von Eichhorn (3) und Lustig (4) hatte sich der Einfluß der Maischparameter auf die spätere Geschmacksstabilität der Biere immer wieder geäußert. In der vorliegenden Studie sollten nun die in der Praxis realisierbaren Maischefaktoren gezielt in ihrem Einfluß auf die Alterungsstabilität von Bier untersucht werden. Dabei war es interessant, nicht nur Aromastoffanalysen der frischen und gealterten Biere zu erstellen, sondern diese von den Pfannevoll- zu den Ausschlag-/Anstellwürzen her zu beobachten und relevante Daten von klassischen Analysen zur Klärung von Zusammenhängen mit heranzuziehen. Die Versuche wurden zunächst am Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I durchgeführt; die letzte Versuchsreihe wurde im Forschungszentrum der Kirin Brauereien in Yokohama zur Absicherung, aber auch zur Überprüfung durch die Analytik des Kirin Forschungslaboratoriums – in einem etwas größeren Maßstab wiederholt.

BC 22 Sudhaus

(Deskriptoren: Geschmacksstabilität, Bieralterung, Aromaprofile, Carbonylverbindungen).

Descriptors: Flavour stability, beer staling, aroma profiles, carbonyl compounds).

## Material und Methoden

Die Analytik der alterungsrelevanten Aromastoffe erfolgte mittels der bei *Eichhorn* und *Lustig* beschriebenen Wasserdampfdestillation sowie Purge- & Trap-Methode. Die bei Kirin verwendete Analytik wurde an die Weihenstephaner so angepaßt, daß beide Verfahrensweisen im wesentlichen identisch waren.

Es war jedoch so, wie bei den Vorläufen-Arbeiten aufgezeigt, daß es zwar gelang, Carbonyle in Würzen und Bieren (5, 6, 7, 8, 9) einwandfrei zu erfassen bzw. zu identifizieren, doch waren gerade ungesättigte Carbonyle so instabil, daß sie den Alterungszustand eines Bieres nicht wiederzugeben vermochten. So war es immer wieder der Fall, daß z. B. 2-trans-Nonenal bei der Bieralterung abnahm und somit als Alterungsindikator nicht brauchbar war.

---

Autoren: Prof. (em.) Dr. Ludwig Narziß, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, Prof. Dr. Werner Back, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, Prof. Dr. Heinz Miedaner, Staatl. Brautechn. Prüf- und Versuchsanstalt – alle 85350 Freising-Weihenstephan, Dr. Yuji Takahashi, Shiga Plant Kirin Brewery Co Ltd, Tagacho, Inugakamigun, Shiga Pref., Japan – Auszug aus der Dissertation von Dr. Yuji Takahashi an der TU München-Weihenstephan 1996

Wie schon bei Eichhorn und Lustig wurden jene Bieraromastoffe erfaßt, die bei der Bieralterung eine Zunahme erfuhren. Dabei war es bekanntlich möglich, jeweils bestimmte Aromastoffe bestimmen, die Alterung auslösenden Ereignissen zuzuordnen, wie „Wärme“- „Sauerstoff“- oder einfach allgemeinen „Alterungs“-Indikatoren. Der sensorischen Bewertung des Alterungsgeschmacks eines Bieres kam bei diesen Untersuchungen eine zentrale Bedeutung zu. Neben der Beschreibung der Geschmackseindrücke wurde der DLG-Test für frisches und gealtertes Bier (4 Tage 40 °C) ebenso angewendet wie das sog. „Alterungsschema“, das nach Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 5 (ungenügend) reicht.

## Durchführung der Versuche

Es wurde eine einheitliche Malzpartie für die Versuchsreihen YT 1 – 20 sowie KS 107 – 109 verwendet. Dieses Malz war bei 82% wfr. Ausbeute cytolytisch mittel und proteolytisch sehr gut (Eiweißgehalt 11,2%, ELG 44,0%, Vz 45 °C 41,3%) gelöst. Das Malz für die Versuche YT 21 – 24 war cytolytisch gut/sehr gut, proteolytisch dagegen schwächer, aber akzeptabel (mit Eiweiß 11,0%, ELG 40,8%, Vz 45 °C 35,8%) entwickelt. Das Malzgemisch von Kirin stammte aus Kanada und Frankreich im Verhältnis 2 : 1, wobei eine sehr gute Zellwand- und Eiweißlösung (43,8% ELG) bei 10,5% Eiweißgehalt gegeben waren.

Die Versuchssude in Weihenstephan wurden im 10 kg ( $\cong$  55-l-) Maßstab hergestellt, lediglich drei Sude im 1,5 kg (9-l-) Maßstab. Die Anlage von Kirin war mit 40 kg (220 l) doch deutlich größer. Gärung und Reifung liefen nach den üblichen Schemata ab, sie entsprachen einer „konventionellen“ Temperaturführung.

Die Versuchsanstellung war wie folgt (Tab. 1):

**Tabelle 1 Einteilung der Versuchssude**  
(P = Pilot-/K = Kleinsudwerk/ Weihenstephan,  
M = Miniplant Kirin)

Versuchsreihe	Aufgabe	Anlage	Sudzahl
1	Einfluß von N <sub>2</sub> - und Luft-O <sub>2</sub> -Begasung bei pH 5,2	P	4
2	Einfluß von Einmischtemperaturen 35, 50, 62 °C	P	4
3	Einfluß einer Variation des pH (5,8, 5,5, 5,2) und Luft-O <sub>2</sub> -Begasung bei pH 5,2	P	4
4	Einfluß einer Luft-O <sub>2</sub> -Begasung bei den verschiedenen Rasten 50 °, 65 °, 70 °C	P	4
5	Einfluß einer N <sub>2</sub> -Begasung wie vorstehend	P	4
6	Versuche mit einem fettreduzierten und fettangereicherten Malzschrot	K	3
7	Versuche mit Einmischtemperaturen von 35, 50, 62 u 67 °C	P	4
8	Vergleich Kirin-/ Weihenstephaner Arbeitsweise	M	4
9	Versuche wie bei 7	M	4

### Versuchsreihe 1

Gegenstand war, den Einfluß einer Stickstoff- und Luftsauerstoffbegasung bei einem „Normal-Infusionsverfahren“ bei einem Maische-pH von 5,2 zu untersuchen.

Sud 1 Normal – 50 °C 30 Min. – 65 °C 30 Min. – 70 °C 60 Min. – 77 °C 10 Min., pH 5,2 durch Milchsäuregabe

Sud 2 N<sub>2</sub>-Begasung beim Maischen mit 15 l pro kg Malz und Stunde, pH 5,2

Sud 3 Luft-O<sub>2</sub>-Begasung beim Maischen mit 15 l pro kg Malz und Stunde, pH 5,2

Sud 4 N<sub>2</sub>-Begasung (mit Ausnahme 70 °C-Rast) und Luft-O<sub>2</sub>-Begasung 60 Min. bei 70 °C, Maische-pH 5,2

Die Ergebnisse der Ausschlagwürze-Analysen zeigt Tabelle 1.1.

Die Bewegung der Würzefarbe entspricht der jeweils stattgehabten Oxidation; der Abbau des hochmolekularen N wird durch die O<sub>2</sub>-Freiheit der Maische gefördert, die reduzierenden Substanzen zeigen bei Inertatmosphäre (Sud 2) ein höheres Potential.

Stickstoffbegasung verringert eine Reihe von Strecker-Aldehyden, Benzaldehyd und Phenylacetaldehyd; 1-Penten-3-ol und Benzylalkohol nehmen ebenfalls ab, bei O<sub>2</sub>-Zutritt zu. Auch Furfural bewegt sich in dieser Reihenfolge.

Die Bieranalysendaten zeigt Tabelle 1.2.

Der Normalsud und der N<sub>2</sub>-Sud schneiden in allen Daten – auch bei der Alterung – am besten ab, wobei der N<sub>2</sub>-Sud noch günstiger liegt. Die Oxidation der Maische wirkt sich – selbst nur bei 70 °C – stets negativ auf die Abbauraten der hydrolytischen Enzyme beim Maischen aus. Im frischen wie im gealterten Bier sind höhere Gehalte an alterungsrelevanten Aromastoffen gegeben. Geschmacklich wurde – auch im gealterten Zustand – das N<sub>2</sub>-Bier am besten bewertet.

Es läßt sich aber schon bei diesem ersten Versuch ableiten, daß die bei Inertatmosphäre verstärkten Abbauvorgänge mehr löslichen Stickstoff bzw. mehr FAN in das Bier verbringen, die als Vorläufer von Alterungssubstanzen zu werten sind. Das stärkere Reduktionsvermögen ist z. T. durch die höheren Polyphenolgehalte erklärbar. FAN und Polyphenole können schaumnegativ sein.

### Versuchsreihe 2

Der Einfluß der Einmischtemperatur auf die hydrolytischen Abbauvorgänge ist bekannt und wird zur Steuerung der Wirkung der einzelnen Enzyme – neben definierten Rasten – genutzt. Neben Amylasen, Peptidasen und Glucanasen wirken aber auch Lipasen und Phosphatasen sowie Oxidasen wie Peroxidasen, Polyphenoloxidasen und – in letzter Zeit besonders untersucht – Lipoxygenasen.

Sud 5 Normalsud (Einmischtemperatur 50 °C) – 50 °C 30 Min. – 65 °C 30 Min. – 70 °C 60 Min. – 77 °C 10 Min. – Gesamtmaischedauer (GMD) 157 Min.

Sud 6 EMT 35 °C – 35 °C 15 Min. – 50 °C 30 Min. – 62 °C 45 Min. – 70 °C 45 Min. – 75 °C 10 Min. – GMD 185 Min.

Sud 7 EMT 50 °C – 50 °C 30 Min. – 62 °C 45 Min. – 70 °C 45 Min. – 75 °C 10 Min. – GMD 155 Min.

Sud 8 EMT 62 °C – 62 °C 45 Min. – 70 °C 60 Min. – 75 °C 10 Min. – GMD 128 Min.

**Tabelle 1.1 Daten der Ausschlagwürzen (Maische-pH 5,2)**

Versuch	YT 1	YT 2	YT 3	YT 4
N <sub>2</sub> -Begasung	–	+	–	+ außer 70 °C
Luft-O <sub>2</sub>	–	–	+	+ bei 70 °C-Rast
Farbe EBC	6,6	6,7	9,4	7,3
hochmol.N mg/100 ml	23,4	22,3	24,4	23,4
ITT (E 520 nm, 10 Min.)	0,048	0,040	0,115	0,076
Aromastoffe (ppb)				
3-Methylbutanal	172	110	263	275
2-Methylbutanal	42	34	67	67
Benzaldehyd	7,7	4,6	11,6	11,5
Phenylacetaldehyd	1469	900	2157	2161
1-Penten-3-ol	4,8	Sp.	9,2	10,5
Benzylalkohol	18,8	12,5	24,1	24,9
Furfural	375	311	794	784

**Tabelle 1.2 Bieranalysendaten und Aromastoffe (Maische-pH 5,2)**

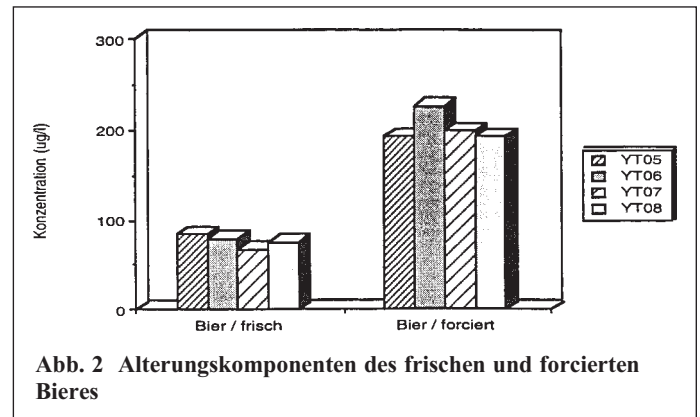
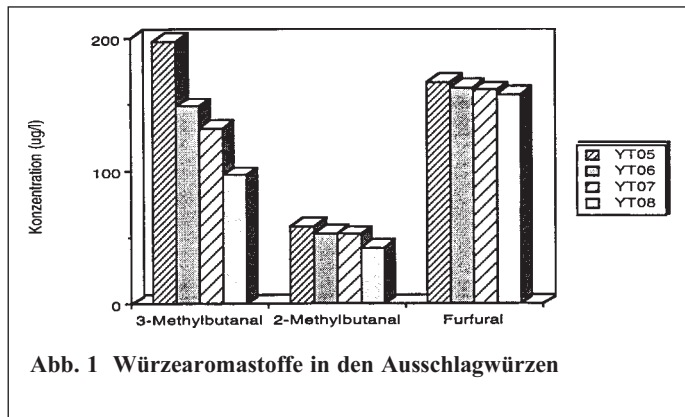
Versuch	YT 1		YT 2		YT 3		YT 4	
N <sub>2</sub> -Begasung	-		+		-		+ außer 70 °C	
Luft-O <sub>2</sub> -Begasung	-		-		+		+ 70 °C-Rast	
Vergärungsgrad %	81,8		83,7		83,0		82,7	
Farbe EBC	6,4		5,7		8,1		7,8	
pH (Ende Gärung)	4,63		4,63		4,65		4,63	
Gesamt-N mg/100 ml	123		125		114		120	
hochmol.N mg/100 ml	21,0		18,9		20,7		20,4	
FAN mg/100 ml	24,4		25,0		21,3		23,9	
Polyphenole mg/l	202		209		67		132	
Schaum R&C	100		89		102		97	
	F	A	F	A	F	A	F	A
Aromastoffe ppb								
3-Methylbutanal	13,1	19,1	13,8	21,9	14,3	25,5	17,5	25,3
2-Methylbutanal	9,4	14,6	11,9	12,2	12,3	18,3	15,0	14,3
Benzaldehyd	1,0	0,8	0,8	0,9	1,6	0,9	1,1	0,9
2-Phenylacetaldehyd	20,4	30,4	18,5	23,8	26,9	39,1	23,2	45,7
γ-Nonalacton	16,0	22,3	12,7	18,1	22,6	28,7	14,4	21,8
Furfural	8,4	87,4	7,9	69,1	8,8	110,4	8,3	109,6
Geschmack DLG Ø	4,1	3,1	4,2	3,6	3,6	2,9	3,8	3,0
Alterung Ø	1,0	2,1	1,0	1,6	1,3	2,5	1,0	2,6

**Tabelle 2.1 Daten der Ausschlagwürzen**

Versuch	YT 5		YT 6		YT 7		YT 8	
Einmaischtemperatur °C	50 Stdd.		35		50		62	
Farbe EBC	9,8		10,7		9,0		8,7	
ITT (Ext. 520 nm 10 Min.)	0,223		0,225		0,265		0,297	
Aromastoffe ppb								
3-Methylbutanal	107,5		148,4		131,6		96,6	
2-Methylbutanal	57,6		52,7		52,1		41,5	
Benzaldehyd	6,6		4,8		5,6		4,3	
Phenylacetaldehyd	1034		894		937		862	
1-Penten-3-ol	6,6		1,4		3,0		1,0	
Benzylalkohol	22,9		17,2		18,1		13,1	
Furfural	166,3		162,0		160,0		157,3	

**Tabelle 2.2 Bieranalysendaten und Aromastoffe**

Versuch	YT 5		YT 6		YT 7		YT 8	
Einmaischtemperatur °C	50 Stdd.		35		50		62	
Endvergärungsgrad %	83,2		82,6		82,6		82,9	
Farbe EBC	7,8		9,0		7,1		7,2	
pH-Jungbier	4,61		4,65		4,67		4,72	
Gesamt-N mg/100 ml	89,7		94,5		91,3		81,4	
hochmol.N mg/100 ml	17,5		17,8		16,9		15,4	
FAN mg/100 ml	15,3		17,2		16,9		13,1	
Polyphenole mg/l	194		200		172		173	
Anthocyanogene mg/l	69		78		80		77	
Schaum R&C	126		128		129		125	
	F	A	F	A	F	A	F	A
Aromastoff ppb								
3-Methylbutanal	10,7	14,2	10,7	15,1	10,2	12,8	10,0	12,6
2-Methylbutanal	6,1	7,3	6,7	8,3	4,1	7,0	7,6	8,2
Benzaldehyd	0,8	1,1	0,8	1,6	0,8	1,0	0,8	1,3
2-Phenylacetaldehyd	23,0	38,5	20,7	39,2	18,3	32,6	22,6	41,8
γ-Nonalacton	27,9	45,5	25,2	41,9	21,2	37,8	21,6	36,6
Furfural	8,8	77,0	9,1	110,0	8,3	99,7	6,9	84,6
Nicotinsäureethylester	15,9	29,3	18,0	33,8	13,6	27,9	13,1	29,8
Geschmack DLG Ø	3,4	3,2	3,8	3,3	4,0	3,2	3,6	3,0



Die Ergebnisse der Ausschlagwürze-Analysen zeigt Tabelle 2.1.

Bei höheren Einmaischtemperaturen wird weniger Farbe gebildet; auch nimmt die Reduktionkraft ab. Es liegen auch weniger alterungsrelevante Aromastoffe vor, wobei der „Normalsud“ aus der Reihe fällt. Ohne diesen wären die Ergebnisse schlüssiger.

Die Bieranalysen zeigt Tabelle 2.2.

Bei den tendenziell günstig verlaufenden Aromastoffen der Ausschlagwürzen nach Abbildung 1 wäre ein besseres Abschneiden der 62 °C-Biere zu erwarten gewesen. Abbildung 2 deutet dies auch an. Doch sind die Einzelwerte der Strecker-Aldehyde nicht eindeutig in dieser Richtung wie z. B. Furfural und  $\gamma$ -Nonalacton. Auch das Ergebnis der Kostproben ist eher konträr zu früheren Ergebnissen, doch störte eine Diacetylnote beim 62 °C-Bier. Die klassischen Analysendaten entsprachen den Erwartungen.

Dieser Versuch wird in den Versuchsreihen 7 und 9 nochmals wiederholt.

### Versuchsreihe 3

Der Einfluß des Maische-pH ist beim Vergleich der Versuchsreihen 1 und 2 klar erkennbar. Nachdem sich ein Maische-pH von 5,2 auf die Geschmackseigenschaften und die Geschmacksstabilität als günstig erwiesen hatte, sollten bei Versuchsreihe 3 Maische-pH von 5,8, 5,5 und 5,2 untersucht werden. Weiterhin war es nochmals von Interesse, den Einfluß einer durchgehenden Luft-sauerstoffbegasung bei pH 5,2 zu studieren.

Die Versuchsanstellung war wie folgt:

Sud 9 Normalsud (50 °C 30 Min. – 65 °C 30 Min. – 70 °C 60 Min. – 77 °C 10 Min.), pH 5,8

Sud 10 Säuerung der Maische auf pH 5,5 durch Milchsäurezugabe

Sud 11 Säuerung der Maische auf pH 5,2

Sud 12 Säuerung der Maische auf pH 5,2, dauernde Luft-O<sub>2</sub>-Begasung mit 15 l/kg Malz und Stunde

Die Ergebnisse der Würzeanalysen zeigt Tabelle 3.1.

Mit Ausnahme der Farbe ist der Einfluß der Maischesäuerung durch einen Anstieg von alterungsrelevanten Carbonylen und anderen Substanzen in der Würze gekennzeichnet. Eine Luft-O<sub>2</sub>-Begasung fördert diese Entwicklung.

Die Biere lassen jedoch nach Tabelle 3.2 ein ganz anderes Verhalten erkennen.

Die starke Mehrung der Stickstoffsubstanzen, insbesondere des FAN, vermitteln bei niedrigerem Maische-pH vermehrt Vorläufer der Alterungskomponenten. Durch die höheren Polyphenol-(Anthocyanogen-) Gehalte nimmt das Reduktionsvermögen wiederum zu. Eindeutig ist das bessere Abschneiden der Biere, die aus der pH-5,2-Maische stammen, bei den Geschmacksproben der frischen und gealterten Biere. Hier sind also scheinbare Widersprüche gegeben. Der niedrige pH-Wert der Maische vermag die Wirkung einer O<sub>2</sub>-Begasung gegenüber dem O-Bier nicht zu kompensieren. Bemerkenswert ist die Entwicklung der chemisch-physikalischen Stabilität.

Tabelle 3.1 Daten der Ausschlagwürzen

Versuch	YT 9	YT 10	YT 11	YT 12
pH	5,8	5,5	5,2	5,2
Luft-O <sub>2</sub> -Begasung	–	–	–	+
Würze-Farbe EBC	9,8	9,6	7,9	11,0
ITT (E 520 nm)	0,203	0,213	0,226	0,426
Würzearomastoffe ppb				
3-Methylbutanal	127,5	135,0	143,6	178,3
2-Methylbutanal	81,8	65,0	77,6	80,4
Benzaldehyd	4,6	5,2	7,1	9,2
Phenylacetaldehyd	785	949	1160	1511
1-Penten-3-ol	14,6	5,3	11,5	8,2
Furfural	126,4	229,6	364,7	563,5

**Tabelle 3.2 Daten der Bieranalysen Versuchsreihe 3**

Versuch	YT 9		YT 10		YT 11		YT 12	
Maische-pH	5,8		5,5		5,2		5,2	
Luft-O <sub>2</sub> -Begasung	-		-		-		+	
Vergärungsgrad %	83,4		84,0		82,6		82,6	
Farbe EBC	7,3		7,0		6,8		8,2	
pH Jungbier	4,61		4,63		4,56		4,47 (!)	
Gesamt-N mg/100 ml	87,4		109,7		117,1		113,7	
hochmol. N mg/100 ml	15,1		16,2		15,6		15,0	
FAN mg/100 ml	15,3		22,2		24,0		22,9	
Polyphenole mg/l	198		191		198		92	
Anthocyanogene mg/l	82		95		107		37	
Schaum	119		110		101		116	
ITT (frisch)	0,220		0,182		0,175		0,275	
AKT	36,4		19,9		18,3		9,6	
	F	A	F	A	F	A	F	A
Aromakomponenten (ppb)								
3-Methylbutanal	9,6	14,9	14,1	19,3	13,2	18,8	13,7	21,0
2-Methylbutanal	5,8	9,4	6,5	9,4	5,8	8,3	6,6	9,2
Benzaldehyd	0,7	1,8	1,0	1,1	0,6	1,1	0,8	1,4
Phenylacetaldehyd	18,3	30,7	18,7	37,2	21,8	45,6	30,4	63,4
γ-Nonalacton	27,5	42,0	25,1	41,5	30,3	47,9	41,3	60,4
Furfural	7,7	119,6	15,2	114,0	12,8	122,3	15,4	204,4
Nicotinsäureethylester	12,4	33,4	13,5	33,9	13,2	25,0	12,6	30,8
Geschmack DLG Ø	3,2	3,2	3,8	3,2	3,8	3,7	3,4	2,8
Alterung Ø	1,1	2,0	1,0	1,9	1,0	1,4	1,4	2,8

**Versuchsreihe 4**

Hier sollte eine Belüftung der Maische bei den einzelnen Rasten vorgenommen werden. Um Unsicherheiten zu vermeiden, wurde der Normalsud unter einem „Stickstoffkissen“ durchgeführt, ebenso die bei den Rasten mit O<sub>2</sub>-begasteten Versuche vor und nach der Luft-O<sub>2</sub>-Zugabe. Dies geht auch aus Tabelle 4.1 hervor.

Während die Luft-O<sub>2</sub>-Begasung bei 50 °C geringere Veränderungen auslöst, steigen die Carbonylgehalte bei 70 °C und besonders bei 65 °C sehr kräftig an. Diese Entwicklung ist auch an den Wür-

zefarben abzulesen. Eine Förderung des Eiweißabbaus erbringt in diesem Falle die ausschließliche Stickstoffatmosphäre nicht.

Die Ergebnisse der Bieranalysen zeigt Tabelle 4.2.

Die Luft-O<sub>2</sub>-Begasung bei 50 °C zeigt nur relativ geringe Auswirkungen auf Bierzusammensetzung, Geschmack und Geschmacksstabilität. Bei höheren Temperaturen steigen die Carbonylgehalte deutlich an sowie auch die Bewertung der gealterten Biere schlechter ausfällt. Der Bierschaum wird bei 65 °- und 70 °-Begasung besser, die Kältestabilität bei 65 °C. Das Reduktionsvermögen nimmt mit Luft-O<sub>2</sub>-Begasung und mit steigender Temperatur ab.

**Tabelle 4.1 Würzeanalysendaten**

Versuch	YT 13	YT 14	YT 15	YT 16
Stickstoffkissen (150 l/h)	dauernd	außer	außer	außer
Luft-O <sub>2</sub> -Begasung 15 l/kg Malz · Std.	-	50 °C	65 °C 30 Min.	70 °C
Würze-Farbe EBC	8,9	9,0	10,8	11,7
Gesamt-N mg/100 ml	114,5	117,5	118,2	121,3
hochmol.N mg/100 ml	23,7	24,4	24,5	25,7
FAN mg/ 100 ml	25,7	25,3	25,0	25,6
Polyphenole mg/l	229	200	193	205
Aromastoffe ppb				
3-Methylbutanal	129,9	139,1	157,3	140,2
2-Methylbutanal	60,3	67,7	68,4	50,0
Benzaldehyd	5,1	4,6	5,4	5,7
Phenylacetaldehyd	937	943	1205	1124
1-Penten-3-ol	1,6	4,1	3,4	2,0
γ-Nonalacton	3,5	3,8	4,8	5,9
Furfural	149,6	156,7	201,4	175,6

**Tabelle 4.2 Bieranalysen der Begasungsversuche**

Versuch	YT 13		YT 14		YT 15		YT 16	
Stickstoffkissen (150 l/h)	dauernd		außer		außer		außer	
Luft-O <sub>2</sub> -Begasung	–		50 °C		65 °C		70 °C	
							30 Min.	
Vergärungsgrad %	83,8		84,0		84,4		84,1	
Farbe EBC	7,2		7,7		8,0		7,5	
pH Jungbier	4,65		4,63		4,59		4,61	
Schaum R&C	120		119		125		126	
ITT (frisch)	0,118		0,142		0,163		0,187	
AKT	37,3		32,2		28,3		36,4	
	F	A	F	A	F	A	F	A
Aromastoffe ppb								
3-Methylbutanal	12,2	16,3	12,3	15,8	15,0	19,4	14,1	16,4
2-Methylbutanal	3,1	5,0	4,1	5,4	5,0	6,1	4,6	5,6
Phenylacetaldehyd	20,4	30,5	27,4	41,5	23,4	41,4	26,2	44,5
γ-Nonalacton	29,0	36,1	32,4	44,2	26,7	41,8	29,2	48,0
Furfural	9,9	107,7	11,0	140,9	12,2	144,6	13,1	178,1
Nicotinsäureethylester	44,5	55,7	47,5	56,6	44,5	55,1	47,3	65,4
Geschmack DLG Ø	3,9	3,5	3,7	3,6	3,8	3,2	3,8	3,2
Alterung Ø	1,0	1,8	1,0	1,8	1,0	2,2	1,1	2,0

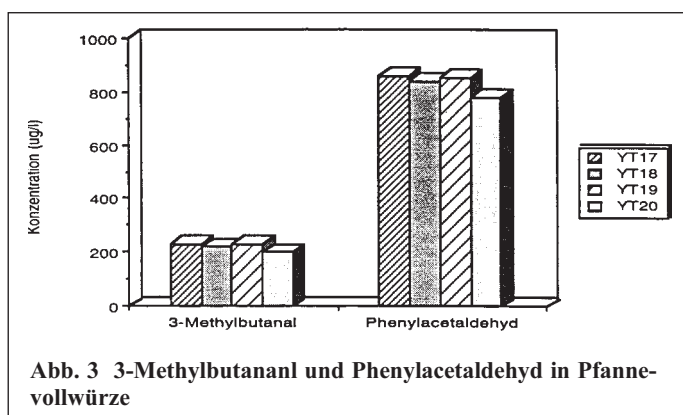
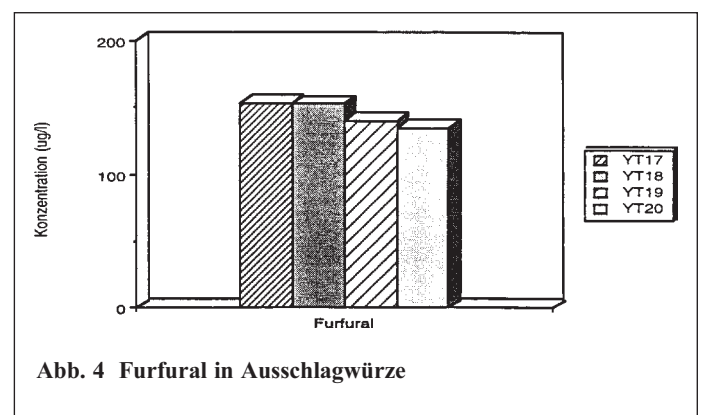
**Versuchsreihe 5**

Hier interessiert, ob eine zusätzliche Begasung der Maische mit Stickstoff bei den verschiedenen Rasten (abgesehen von dem bei allen Suden angewendeten N<sub>2</sub>-Kissen) noch weitere positive Effekte erbringt. Zum anderen war zu untersuchen, ob die Begasung als solche, z. B. durch Unterstützung des Mischeffektes

oder durch Austreiben flüchtiger Substanzen Veränderungen bewirkt (s. Tab. 5.1). Die meisten der dargestellten Aromastoffe zeigen bei der Begasung in höheren Temperaturbereichen eine leichte Verringerung, die durch ein Austreiben begründet werden kann. Hierauf deutet auch die Darstellung von 3-Methylbutanal und Phenylacetaldehyd in Pfannevoll- und Furfural in Ausschlagwürzen hin (Abb. 3 und 4).

**Tabelle 5.1 Begasen der Maische mit Stickstoff – Würzeanalysen**

Versuch	YT 17	YT 18	YT 19	YT 20
N <sub>2</sub> -Kissen 150 l/Std.	dauernd	außer	außer	außer
N <sub>2</sub> -Begasen von unten (15 l N <sub>2</sub> /kg Malz und Std.)	–	50 °C-Rast	60 °C-Rast 30 Min.	70 °C-Rast
Würze-Aromastoffe ppb				
3-Methylbutanal	120,0	129,1	118,9	108,6
2-Methylbutanal	34,1	35,1	34,4	30,5
Benzaldehyd	5,2	5,5	4,6	4,6
Phenylacetaldehyd	997	1026	1055	951
1-Penten-3-ol	1,3	1,7	0,8	1,0
Furfural	153,5	152,4	140,0	133,8

**Abb. 3 3-Methylbutanal und Phenylacetaldehyd in Pfannevollwürze****Abb. 4 Furfural in Ausschlagwürze**

**Tabelle 5.2 Bieranalysendaten der Stickstoffbegasungsversuche**

Versuch	YT 17		YT 18		YT 19		YT 20	
N <sub>2</sub> -Kissen 150 l/Std. N <sub>2</sub> -Begasung von unter 15 l/kg Malz u. Std.	dauernd		außer		außer		außer	
	–		50 °C-Rast		65 °C-Rast		70 °C-Rast 30 Min.	
Farbe EBC	7,3		7,2		7,6		7,7	
Vergärungsgrad %	83,7		84,1		83,9		84,0	
pH (Jungbier)	4,58		4,58		4,68		4,63	
Gesamt-N mg/100 ml	90,2		91,2		89,1		92,5	
FAN mg/100 ml	15,9		15,9		15,3		15,8	
Polyphenole mg/l	209		211		208		215	
Schaum	121		131		123		126	
ITT (frisches Bier)	0,153		0,158		0,160		0,183 (?)	
AKT	28,0		28,4		30,2		33,3	
Aromastoffe ppb	F	A	F	A	F	A	F	A
3-Methylbutanal	12,2	16,0	12,2	16,2	13,3	18,0	11,8	17,3
2-Methylbutanal	3,2	5,1	3,7	5,2	4,1	5,9	3,6	5,6
Phenylacetaldehyd	22,5	37,4	22,5	35,2	23,2	38,8	21,8	35,3
γ-Nonalacton	27,3	39,0	29,6	39,3	24,7	35,4	28,8	38,1
Furfural	8,8	123	9,3	124	10,8	136	8,6	124
Nicotinsäureethylester	38,4	46,7	39,1	46,7	52,1	61,7	65,1	66,9
Geschmack DLG Ø	3,7	3,2	3,6	3,1	3,6	3,0	3,6	3,1
Alterung Ø	1,2	2,0	1,3	2,0	1,4	2,1	1,3	2,4

Die klassischen Analysen lassen keine merklichen Unterschiede erkennen, hier wird auf die Bieranalysendaten in Tabelle 5.2 zurückgegriffen.

Die Ergebnisse der Bieranalysen sind in Tabelle 5.2 aufgeführt. Es zeigt sich ein leichter Farbanstieg bei den wärmer begasten Bieren, bei denen auch der pH-Abfall bei der Gärung geringer ausfiel. Auch der ITT-Wert war bei 65 °C- und 70 °C-Begasung weniger günstig. Der deutlich bessere Schaum bei der 50 °C-Begasung ist nicht erklärbar, während die schlechtere Stabilität bei der 70 °C-Begasung mit mehreren ungünstigeren analytischen Merkmalen einhergeht. Bei den Alterungssubstanzen ist ein Anstieg derselben bei den wärmer begasten Bieren feststellbar. Die geschmackliche Bewertung der frischen Biere war etwa gleich, im gealterten Zustand schnitten die wärmer begasten Biere schlechter ab.

Durch die Stickstoffbegasung wurden wohl flüchtige Substanzen entfernt, doch wirkte sich dies nicht in einer verbesserten Geschmacksstabilität aus; es konnte bei den Versuchen mit der Begasung bei höheren Temperaturen, vor allem bei 70 °C, eher das Gegenteil beobachtet werden.

**Versuchsreihe 6**

Bei der Bedeutung des Fettabbaus beim Maischen und der Oxidation von langkettigen, ungesättigten Fettsäuren zu Hydroxysäuren und Hydroperoxiden interessierte es, die Auswirkungen eines weitgehend entfetteten Malzschrötes bzw. des Zusatzes des hieraus gewonnenen Malzfettextraktes zum normalen Grobschrot auf die Beschaffenheit von Würzen und Bieren zu untersuchen.

Die Sude wurden im Weihenstephaner Kleinsudwerk (9-l-Maßstab) durchgeführt:

KS 107 mit entfettetem Grobschrot

KS 108 mit normalem Grobschrot unter Zusatz des Malzfettextraktes aus KS 107

KS 109 Normalsud: – 50 °C 30 Min. – 65 °C 30 Min. – 70 °C 60 Min. – 77 °C 10 Min.

Die Entfettung des Grobschrötes aus Sud 107 erfolgte im Hopfenextraktionswerk Barth & Sohn, Wolnzach, mittels Kohlensäure im überkritischen Bereich. Dabei gelang es, den Gehalt an Rohfett (bestimmt mittels Soxhlet-Extraktion) von 1,18% auf 0,29% lfr. abzusenken.

Sehr aufschlußreich sind die Aromastoffanalysen der Pfannevollwürzen nach Tabelle 6.1; die Ausschlagwürzen zeigen dagegen eine Nivellierung bzw. durch die Ausdampfung eine etwas andere Tendenz. Nur diese soll aufgezeigt werden.

Das entfettete Grobschrot erbrachte in den Pfannevollwürzen einen deutlichen Anstieg der Aldehyde, besonders der alterungsrelevanten, wie 3-Methylbutanal, 2-Methylbutanal und Phenylacetaldehyd. Der Zusatz des Fettextraktes lieferte dagegen niedrigere Werte als der Normalsud. Die Alkohole folgten jedoch der erwarteten Tendenz, d. h. der Sud aus dem entfetteten Malz lag am niedrigsten, der mit Fettextrakt versetzte am höchsten. Dasselbe traf für die Alkenale und für γ-Nonalacton zu, während das Furfural sich wie die Aldehyde verhielt. In den Ausschlagwürzen folgten die Alkanale etwa der Tendenz des Fettheinsatzes, d. h. sie waren beim entfetteten Schrot am niedrigsten und bei Zugabe des Fettes zum Schrot am höchsten. Dasselbe traf auch für Furfural zu. γ-Nonalacton und trans-2-Octenal waren beim Sud aus dem entfetteten Malz am niedrigsten.

Die Summen der Alterungskomponenten in Würzen und Bieren sind in Tabelle 6.2 dargestellt.

Wie schon erwähnt, wurden die Erwartungen nicht erfüllt: Der Sud aus dem entfetteten Schrot verzeichnete im Gegenteil die höchste Summe der Alterungskomponenten, während umgekehrt

**Tabelle 6.1 Versuche zur Variation des Fettgehaltes des Malzes – Würzeanalysen**

Versuch Schrot	KS 107 entfettet	KS 108 Fettzusatz	KS 109 Normalsud
<u>Pfannevollwürze</u> – Aromastoffe (ppb)			
3-Methylbutanal	488	292	324
2-Methylbutanal	109	67	78
Hexanal	144	134	139
Phenylacetaldehyd	1388	1037	1008
2-Nonanon	4,2	2,4	2,6
1-Penten-3-ol	56,5	69,6	60,7
$\gamma$ -Nonalacton	5,7	11,6	10,7
trans-2-Octenal	3,6	7,4	7,1
Furfural	77,2	68,8	68,9
<u>Ausschlagwürze</u>			
Hexanal	12,1	13,6	10,3
Phenylacetaldehyd	932	869	907
$\gamma$ -Nonalacton	2,2	4,0	5,0
trans-2-Octenal	3,9	5,3	6,8
Furfural	148	168	153

**Tabelle 6.2 Summe der Alterungskomponenten ( $\mu\text{g/l}$ )**

	KS 107	KS 108	KS 109
Pfannevollwürze	2084	1499	1509
Ausschlagwürze	1280	1233	1228
Bier/frisch	92	97	86
Bier/forciert	330	347	325

der mit Fett versetzte Sud bzw. der Normalsud die niedrigsten Werte aufwiesen. Von den Pfannevoll- zu den Ausschlagwürzen glichen sich die Mengenunterschiede weitgehend aus.

Bei den frischen Bieren lag das Bier aus dem entfetteten Malz etwas niedriger als das mit Fettextrakt versetzte. Bei den gealterten Bieren war dagegen der Normalsud am niedrigsten.

In den Bieranalysen von Tabelle 6.3 sind auch einige konventionelle Analysen aufgeführt, um Einblick in die Abbauvorgänge beim Maischen dieser drei verschiedenen Schrote zu geben.

Bei den Alterungssubstanzen lag das Bier aus dem entfetteten Malz bei den Aldehyden höher als das normale bzw. das mit Fettzusatz gebraute. Lediglich das  $\gamma$ -Nonalacton und der Nicotinsäureester waren in der etwa erwarteten Reihenfolge. Die erstere Erscheinung dürfte auf einer stärkeren Hydrolyse beim Maischen zurückzuführen sein: offenbar waren die Endosperm- und Aleuronsubstanzen durch die Entfettung leichter zugänglich geworden, so daß durch den Abbau mehr Vorläufer der Alterungssubstanzen geschaffen wurden (mehr FAN, höherer Endvergärungsgrad, d. h. mehr Zucker). Einige Abkömmlinge des Fettmetabolismus lagen dagegen in der Tendenz des Fettgehaltes der Schrote. Bei den Geschmacksproben schnitten die „manipulierten“ Biere schlechter ab, die Alterung war bei der Probe aus dem mit Fett versetzten Schrot am ausgeprägtesten, während das aus dem entfetteten Malz stammende und das Normalbier etwa gleich ausfielen. Dies entspricht der Analyse der Alterungskomponenten.

#### Versuchsreihe 7

Hier wurde nochmals der Einfluß der Einmaischtemperaturen von 35, 50 und 62 °C untersucht sowie die eher etwas unkonventionell

**Tabelle 6.3 Versuche zur Variation der Fettgehalte des Malzes – Analysendaten der Biere**

Versuch Schrot	KS 107 entfettet		KS 108 Fettzusatz		KS 109 normal	
Vergärungsgrad	83,9		82,4		82,4	
Gesamt-N mg/100 ml	90,7		80,8		82,6	
FAN mg/100 ml	15,8		12,3		14,0	
Polyphenole ppm	195		186		170	
ITT (E 520 nm)	0,336		0,351		0,351	
Aromastoffe (ppb)	F	A	F	A	F	A
3-Methylbutanal	13,0	20,1	9,4	13,6	10,0	14,4
2-Methylbutanal	5,2	7,6	4,1	6,5	4,5	5,7
2-Phenylethanal	39,8	60,0	32,1	49,9	23,4	47,9
$\gamma$ -Nonalacton	22,3	48,9	41,9	81,1	36,1	74,4
Furfural	7,7	18,4	7,4	18,9	6,7	17,4
Nicotinsäureethylester	55,8	74,1	72,6	59,3	77,7	58,2
Geschmacksprobe DLG Ø	3,3	2,9	3,3	2,5	3,7	3,0
Alterung Ø	1,5	2,6	1,6	3,3	1,3	2,7

**Tabelle 7.1 Sude mit unterschiedlichen Einmischtemperaturen – Würzeanalysen**

Versuch	YT 21	YT 22	YT 23	YT 24
Maischverfahren	50 °C 30', 65 °C 30' 70 °C 60', 77 °C 10'	35 °C 10', 50 °C 20' 65 °C 30', 70 °C 60' 77 °C 10'	62 °C 70', 70 °C 60' 77 °C 10'	67 °C 70' 70 °C 70' 77 °C 10'
Ausschlagwürzen- Aromastoffe ppb				
3-Methylbutanal	123,5	128,3	122,3	91,6
2-Methylbutanal	29,7	31,2	28,8	22,7
Benzaldehyd	4,8	3,9	3,8	3,6
Phenylacetaldehyd	1100	1073	1066	991
1-Penten-3-ol	1,7	1,1	1,2	1,4
1-Hexanol	2,2	1,3	1,1	1,0
γ-Nonalacton	5,6	6,9	4,3	3,4
Furfural	144,4	144,8	167,6	168,6
ITT-Wert Ext. 520 nm (10 min)	0,182	0,193	0,231	0,225

hohe Temperatur von 67 °C, um die Wirkung von Oxidasen (Peroxidasen, Lipoxygenasen) verstärkt auszuschalten. Im Gegensatz zu Versuchsreihe 2 sollte die gleiche Gesamtmaischzeit (Ziel: 157 Min.) angestrebt werden.

Die Ergebnisse der Würzeanalysen vermittelt Tabelle 7.1.

Die Strecker-Aldehyde nahmen bei geringerer Maischintensität bzw. bei kürzerer 50 °C-Rast ab, ebenso 1-Hexanol und weniger signifikant 1-Penten-3-ol. γ-Nonalacton fiel mit steigender Einmischtemperatur niedriger aus. Furfural zeigte dagegen bei den höheren Einmischtemperaturen höhere Werte.

Einen Überblick über die Konzentrationen der Alterungskomponenten von den Würzen zu den Bieren gibt Tabelle 7.2.

Die Tendenz: Niedrige Einmischtemperaturen und niedrigere Gehalte an Alterungskomponenten waren bei den Pfannevollwürzen wohl noch gegeben, bei den Ausschlagwürzen führte eher der

**Tabelle 7.2 Summe der Alterungskomponenten (ppb)**

Versuch	YT 21	YT 22	YT 23	YT 24
Einmischtemperatur °C	50 °C (N)	35 °C	62 °C	67 °C
Pfannevollwürze	1936	1438	2714	2565
Ausschlagwürze	1410	1390	1393	1282
Bier frisch	78	84	74	70
Bier gealtert	192	217	225	214

intensivere Eiweißabbau (bei 50 °C) zu den höheren Werten. Bei den frischen Bieren aus den hohen Einmischtemperaturen lagen erwartungsgemäß die niedrigsten Mengen an diesen Substanzen vor, doch bewirkte der starke Anstieg bei Furfural und Acetylfuran hier ein schlechteres Ergebnis, wie auch Tabelle 7.3 erkennen läßt.

**Tabelle 7.3 Sude mit unterschiedlichen Einmischtemperaturen – Bieranalysen**

Versuch	YT 21	YT 22	YT 23	YT 24
Einmischtemperatur °C	50 °C Normal	35 °C	62 °C	67 °C
Vergärungsgrad %	84,0	83,8	85,9	83,3
Farbe EBC	7,8	8,0	7,3	6,8
pH (Jungbier)	4,68	4,65	4,64	4,60
Gesamt-N mg/100 ml	83,3	82,9	77,6	73,6
hochmol. N mg/100 ml	14,9	14,8	16,2	15,2
FAN mg/100 ml	15,2	16,0	12,9	11,6
Polyphenole mg/l	204	194	188	186
Schaum R&C	131	130	132	132
Alkoholkältetest EBC	27,9	26,3	40,3	40,6
ITT Ext. 520 nm 10 min	0,413	0,379	0,417	0,429
Aromakomponenten (ppb)	F A	F A	F A	F A
3-Methylbutanal	13,3 19,5	14,2 24,8	13,0 19,9	12,1 17,5
2-Methylbutanal	4,3 6,6	4,6 8,8	4,7 6,6	4,7 5,92
2-Phenylethanal	19,6 31,2	21,0 33,3	18,2 32,3	15,8 29,3
γ-Nonalacton	26,2 37,8	27,6 39,0	23,0 33,0	21,7 33,4
Furfural	6,9 86,0	7,8 100,0	6,8 120,5	7,3 120,2
2-Acetylfuran	3,5 5,0	4,0 5,4	4,0 6,3	4,1 6,7
Geschmacksprobe DLG Ø	3,4 3,0	3,6 3,1	4,2 3,5	4,0 3,3
Alterung Ø	1,0 2,2	1,0 2,1	1,0 1,8	1,0 1,8

**Tabelle 8.1 Vergleich der Summen der Alterungskomponenten (ppb) zwischen Kirin- und Weihenstephan-Suden**

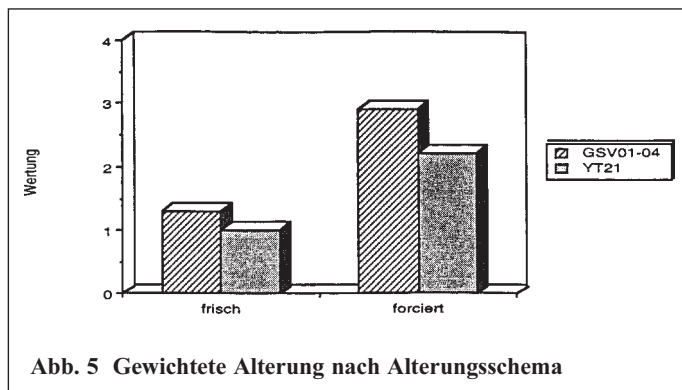
Sude Brauerei	GSV 01 – 04	
	Kirin	YT 21 Weihenstephan
Pfannevollwürze	1118	1936
Bier frisch	207	78
Bier gealtert	347	192

Die eingeschränkten Abbauvorgänge bei höheren Einmaischtemperaturen am Beispiel der Proteolyse (und parallel der Polyphenole) führten zu leicht besseren Schäumen, aber zu einer geringeren kolloidalen Stabilität sowie zu einem geringeren Reduktionsvermögen. Die Alterungscarbonyle sind weniger vorhanden, besonders das  $\gamma$ -Nonalacton, was auf einen geringeren Umsatz an länger-kettigen Fettsäuren (Lipasen, Lipoxygenasen) hindeutet. Die geschmackliche Bewertung befand das 62 °C-Bier am besten, gefolgt von dem Bier mit 67 °C Einmaischtemperatur. Diese beiden Biere hatten eine geringere Alterungsnote.

#### Versuchsreihe 8

Sie wurde im Forschungszentrum der Kirin-Brauereien in Yokohama durchgeführt und diente der Überprüfung der „Kirin-Miniplant“ mit 220 l Sudgröße, ebenso wie der Überprüfung der neuen Analysengeräte (Würze- und Bier-GC). Bei Kirin wurden nur die Pfannevoll- und die Anstellwürzen untersucht. Im Vergleich zum Weihenstephaner „Normalsud“ YT 21 ergaben sich bei den Kirin-Würzen und Bieren (GSV 01 – 04) bedingt durch Malz und Anlage Abweichungen wie Tabelle 8.1 zeigt.

Die beiden Verkostergruppen bedienten sich des DLG- und des Schemas der gewichteten Alterung. Letzteren Vergleich zeigt Abbildung 5.

**Abb. 5 Gewichtete Alterung nach Alterungsschema**

#### Versuchsreihe 9

Sie hatte denselben Aufbau wie Versuchsreihe 7 in Weihenstephan, d. h. es wurde nochmals der Einfluß der Einmaischtemperatur (50 °C, 35 °C, 62 °C, 67 °C) unter den vorerwähnten Bedingungen untersucht. Die Gesamtmaischzeit betrug stets 157 Minuten.

Die Ergebnisse der Anstellwürze-Untersuchung sind in Tabelle 9.1 aufgeführt.

Es kamen hier die Unterschiede noch klarer zum Ausdruck als in Weihenstephan: Mit höherer Einmaischtemperatur weniger Alterungssubstanzen wie Streckeraldehyde, aber auch Carbonyle des Fettabbaus und  $\gamma$ -Nonalacton. Lediglich bei Furfural und 2-Acetylfuran waren diese nur wenig durch das Verfahren beeinflusst.

Die Summe der Alterungskomponenten von der Würze bis zum Bier gibt Tabelle 9.2 wieder.

Diese Ergebnisse bestätigen sehr gut die zu Tabelle 9.1 gemachten Ausführungen.

Die abnehmende Tendenz der Menge an Alterungssubstanzen mit steigender Einmaischtemperatur deutet wiederum darauf hin,

**Tabelle 9.1 Versuche mit unterschiedlichen Einmaischtemperaturen – Analysen der Anstellwürzen**

Versuch Einmaischtemperatur °C	GSV 05 50 °C N	GSV 06 35 °C	GSV 07 62 °C	GSV 08 67 °C
ITT 520 nm (10 min)	0,354	0,345	0,366	0,400
Aromastoffe ppb				
3-Methylbutanal	174	171	150	113
2-Methylbutanal	54,3	56,6	51,2	41,6
1-Heptanal	2,4	3,0	1,9	1,8
Phenylacetaldehyd	196	211	182	154
1-Hexanol	2,9	2,3	1,9	1,6
Benzylalkohol	21,3	21,4	12,7	11,2
$\gamma$ -Nonalacton	5,3	7,3	4,2	3,9
Furfural	278	269	278	264
2-Acetylfuran	8,4	8,3	7,9	7,7

**Tabelle 9.2 Versuchsreihe 9 – Summe der Alterungskomponenten**

Versuch Einmaischtemperatur °C	GSV 05 50 °C N	GSV 06 35 °C	GSV 07 62 °C	GSV 08 68 °C
Anstellwürze	721	729	678	589
Bier frisch	222	206	170	145
Bier gealtert	314	336	270	237

**Tabelle 9.3 Versuche mit unterschiedlichen Einmaischtemperaturen – Analysen der Biere**

Versuch	GSV 05 50 °C N		GSV 06 35 °C		GSV 07 62 °C		GSV 08 67 °C	
Vergärungsgrad %	82,4		82,2		82,4		79,6	
Farbe EBC	9,0		9,5		8,5		7,8	
pH	4,53		4,54		4,53		4,49	
Gesamt-N mg/100 ml	85,5		85,3		81,6		77,0	
FAN mg/100 ml	14,7		14,5		13,0		11,8	
Polyphenole mg/l	263		271		252		255	
ITT Ext. 520 nm 10 min.	0,192		0,178		0,219		0,235	
Schaum sec.	209		208		227		221	
Stabilität AKT (EBC)	28,8		31,7		37,5		39,3	
Bieraromastoffe ppb	F	A	F	A	F	A	F	A
3-Methylbutanal	50,4	55,9	42,7	49,9	37,2	41,8	30,3	35,1
2-Methylbutanal	14,8	11,5	16,7	23,0	19,1	20,5	14,4	19,2
1-Heptanal	1,4	1,9	1,4	2,1	1,3	1,8	0,9	1,7
Phenylacetaldehyd	32,0	35,4	31,9	36,5	25,3	30,1	18,9	23,3
1-Hexanol	86,6	80,5	74,8	76,4	75,9	72,3	69,3	70,4
γ-Nonalacton	6,0	10,0	6,7	11,0	5,6	8,7	5,4	8,6
Furfural	100,4	182	90,6	196	65,1	149	59,5	131
2-Acetylfuran	8,6	9,6	7,9	10,9	8,0	10,0	7,7	3,9
Geschmacksprobe DLG Ø	3,2	2,0	3,3	2,2	3,3	2,5	2,5	2,4
Alterung Ø	1,2	3,4	1,4	2,9	1,2	2,4	1,3	2,4

daß bei 62 °C bzw. 67 °C in zunehmendem Maße Oxidationsvorgänge z. B. durch Lipoxygenasen oder durch Peroxidasen abgeschwächt werden.

Die Analysendaten der Biere zeigt Tabelle 9.3.

Der bei 62 °C eingemaischte Sud erfuhr die beste Bewertung im frischen wie im gealterten Zustand. Der 67 °C-Sud wurde nur im gealterten als (fast) gleichwertig befunden. Dies entsprach den Ergebnissen der 7. Versuchsreihe.

Der Bierschaum verbesserte sich und die kolloidale Stabilität verschlechterte sich mit höheren Einmaischtemperaturen. Die phenolischen Verbindungen in den Bieren nahmen mit der Einmaischtemperatur ab. Dieser Befund geht einher mit einem Abfall des Reduktionsvermögens.

Trans-2-Nonenal zeigte im gealterten Bier bei den beiden höheren Einmaischtemperaturen von 62 °C und 67 °C die niedrigsten Werte. Dennoch werden frühere Feststellungen bestätigt, daß keine klare Relation zwischen trans-2-Nonenal und dem Alterungsgeschmack eines Bieres gegeben ist (4).

**Schlußfolgerungen**

Die Ergebnisse der fünf verschiedenen Versuchsanstellungen waren in ihren Auswirkungen auf Würzebeschaffenheit und Bierqualität – vor allem im Hinblick auf die besonders beobachtete Geschmacksstabilität – etwas widersprüchlich:

Das *Fernhalten von Sauerstoff* beim Maischen durch Arbeiten unter einem „Stickstoffkissen“ oder durch Einblasen von Stickstoff soll Oxidationsvorgänge begrenzen oder vermeiden, z. B. bei Fettsäuren und Polyphenolen. Es erbrachte bei den jeweiligen Versuchsreihen eine Verbesserung der Geschmacksstabilität, die auch anhand der „Alterungskomponenten“, wie 3-Methylbutanal, 2-Methylbutanal, Benzaldehyd, Phenylacetaldehyd, γ-Nonalacton, Furfural, 2-Acetylfuran, 5-Methylfurfural und Phenyllessig-

säureester, verfolgt werden konnte. Auch das Reduktionsvermögen der Würze und Biere war hierdurch stärker, es ging einher mit erhöhten Polyphenolgehalten. Die geschmackliche Bewertung der „frischen“ Biere war bei luftfreier Herstellung am besten. Es resultierte jedoch als Nachteil im Vergleich zum Normalsud ein sehr weitgehend ablaufender Abbau der Malzinhaltstoffe, der bei Cytolyse und Amylolyse nicht ungünstig ist, wohl aber bei der Proteolyse Probleme bereitet: höhere Stickstoffgehalte der Biere, durch weitergehenden Abbau der hochmolekularen Fraktion eine Verschlechterung des Bierschaums und durch höhere FAN-Gehalte wohl eine bessere Gärung, aber auch unverwertete Aminosäuren im Bier, die ihrerseits Vorläufer von Alterungssubstanzen darstellen (10, 11). Die Stickstoffbelastung führt zusammen mit den höheren Polyphenolgehalten zu einer Verschlechterung der Eiweißstabilität.

Die *Zugabe von Luftsauerstoff* bei den verschiedenen Rasten (50 °C, 65 °C und 70 °C) verbesserte wohl bei höheren Temperaturen (65 °C, 70 °C) den Schaum, doch erfuhren Biergeschmack („spelzig“, „malzig-oxidiert“, breite Bittere) und Geschmacksstabilität eine Beeinträchtigung. Diese war an der größeren Menge an Alterungssubstanzen abzulesen, ebenso am Rückgang des Reduktionsvermögens, am Verlust von Polyphenolen sowie an einer Verringerung der reduzierenden Eigenschaften. Die kolloidale Stabilität war dagegen etwas besser. Es wäre also eine Luftsauerstoffbegasung zur Verbesserung des Bierschaums von den anderen Wertmerkmalen her nicht zu rechtfertigen.

Die *Erniedrigung des Maische-pH* von 5,8 auf 5,5 bzw. auf 5,2 vermag Oxidationsvorgänge abzuschwächen, bei pH 5,2 die Lipoxygenasewirkung vielleicht sogar zu inhibieren (12). Die Geschmacksstabilität war beim Bier aus Maische-pH 5,5 nur wenig besser als beim Normalsud, während das pH 5,2-Bier im frischen wie im gealterten Zustand den Bestwert lieferte. Dieses Ergebnis war an der Tendenz der Alterungskomponenten nicht abzulesen: Diese waren im Gegenteil bei niedrigerem Maische-pH höher. Dieser Anstieg von Carbonylen dürfte auf die beträcht-

liche Mehrlösung an Gesamtstickstoff bzw. an Aminostickstoff zurückzuführen sein, die schon beim Würzekochen durch Strecker-Abbau zu Alterungskomponenten reagierten. Das Reduktionsvermögen der Würzen und Biere war mit zunehmender Maischesäuerung stärker entwickelt, was auf die Mehrung von Polyphenolen und Anthocyanogenen, aber auch von Aminosäuren zurückzuführen sein dürfte. Der Biergeschmack fiel beim pH 5,2-Bier am besten aus, doch war der Schaumverlust durch die zu starke Proteolyse nachteilig. Die Kältestabilität der Biere war hierdurch besser. Eine Begasung mit Luftsauerstoff wurde durch die pH-Absenkung nicht kompensiert, doch hatten die so hergestellten Biere bessere Schaumwerte und eine bessere kolloidale Stabilität. Geschmack und Geschmacksstabilität ließen aber zu wünschen übrig.

Die *Einmaischtemperatur* und die durch sie bestimmte Maischintensität ist eine weitere Möglichkeit, auf die Geschmacksstabilität Einfluß zu nehmen. Durch reduzierte Abbauvorgänge, z. B. im Bereich des Eiweißabbaus, wird sie verbessert, was sowohl organoleptisch als auch durch die ermittelten Alterungskomponenten zu verfolgen war. Die Polyphenole nahmen aber, parallel zur verringerten Stickstofflösung, ebenfalls ab. Dies wirkte sich auf das Reduktionsvermögen aus, das mit steigender Einmaischtemperatur ebenfalls abnahm. Geschmacklich wirkten sich besonders Einmaischtemperaturen von 62 °C im frischen Bier besser aus als solche von 67 °C; die Schaumwerte waren besser, was sich anhand des höheren Anteils an hochmolekularem Stickstoff, am Gesamtstickstoff und am deutlich niedrigeren Niveau des FAN belegen ließ. Die Kältestabilität war umso schlechter, je höher die Einmaischtemperatur war. Der Forciertest war, bedingt durch den niedrigeren Polyphenolgehalt, besser. Möglicherweise liegt das Optimum der Biereigenschaften zwischen 62 °C und 65 °C, doch sind hier nur gut gelöste, homogene Malzqualitäten zur Verarbeitung geeignet.

Die *Variation des Fettgehaltes*, einmal durch Entfetten des Malzschrötes von 1,2% auf 0,29%, zum anderen durch Zugabe des Fettextrakts zum Normalschrot, erbrachte im Vergleich zum Normalsud nicht die erwarteten Ergebnisse im Hinblick auf das Alterungsverhalten des Bieres. Der Sud aus dem entfetteten Malz unterschied sich nicht vom Normalsud, doch hatte der mit Fettextrakt versetzte die erwartete stärkere Alterung zu verzeichnen. Durch das Entfetten wurde das Schrot offensichtlich besser „aufbereitet“, so daß Amylolyse und Proteolyse stärkere Umsetzungen zeigten. Die kleinere, verbliebene Fettmenge unterlag einem vermehrten Abbau (und evtl. einer vermehrten Oxidation), wie die größere Menge an einigen Alterungscarbonylen vermuten läßt. Es könnte hier auch die thermische Belastung bei der CO<sub>2</sub>-Extraktion eine Rolle spielen. Lediglich Alkohole, Alkenale und  $\gamma$ -Nonalacton lagen in geringeren Mengen vor und entsprachen so der anteilig geringeren Fettdosage.

Wenngleich dieser Versuch von geringer praktischer Bedeutung war, so gab er doch einen vermehrten Einblick in die hydrolytischen Abbauvorgänge im Mehlkörper (und Aleuron?).

## Diskussion

Die Ergebnisse der Erzielung einer besseren Geschmacksstabilität wurden verschiedentlich unter Verschlechterung einiger anderer Eigenschaften (Schaum, kolloidale Stabilität) erreicht. Dies läßt sich durch die Vielzahl der Vorgänge erklären, die sich zum Teil entgegenlaufen und so das Endresultat verschieben bzw. abschwächen. So könnte der zu starke Abbau an Eiweiß durch Inertatmosphäre und durch pH-Absenkung durch eine Straffung des Maischverfahrens und durch die Wahl einer höheren Ein-

maischtemperatur aufgefangen werden, um so eine bestmögliche Kombination positiver Faktoren zu erreichen. Dies soll in einer weiteren Arbeit verfolgt werden.

## Zusammenfassung

Folgende Maischeparameter wurden im Hinblick auf Biereigenschaften, Geschmack und Geschmacksstabilität in Suden von 60 l, 9 l und 220 l untersucht.

Die Würzen und Biere wurden sowohl nach konventionellen Analysemethoden als auch nach drei Methoden der multidimensionalen Gaschromatographie (mit Massenspektrometer) untersucht. Die organoleptische Bewertung erfolgte nach DLG und nach dem Alterungsschema des Lehrstuhls.

Das *Begasen* der Maischen mit Stickstoff erbrachte bessere Würze- und Biereigenschaften und über einen geringeren Gehalt an Alterungskomponenten eine bessere Geschmacksstabilität. Der Schaum der Biere war schlechter. Eine Begasung mit Luftsauerstoff hatte nachteilige Auswirkungen auf Geschmack und Geschmacksstabilität, verbesserte aber, vor allem bei höheren Temperaturen, den Schaum.

*Einmaischtemperaturen* von 62 °C und 67 °C bedingten einen niedrigeren Gehalt an Alterungskomponenten und somit auch eine geringere Bieralterung. Der geringere Eiweißabbau erbrachte auch weniger Polyphenole, ein geringeres Reduktionsvermögen, bessere Schaumwerte, aber eine schlechtere kolloidale Stabilität. Geschmacklich schnitt das frische 67 °C-Bier ungünstiger ab.

Eine *pH-Absenkung* der Maische von 5,8 auf 5,5 und 5,2 vermittelte einen Anstieg der Alterungsindikatoren sowie der Reduktionskräfte, doch war der Geschmack des frischen und des gealterten Bieres bei pH 5,2 am besten. Eine Begasung mit N<sub>2</sub> verstärkte diesen Effekt, eine Begasung mit O<sub>2</sub> inhibierte ihn.

Eine *Entfettung des Schrötes* (auf 25% des Fettgehaltes) zeigte weitergehende hydrolytische Abbauvorgänge beim Maischen, doch keinen Einfluß auf das Alterungsverhalten des Bieres. Umgekehrt war ein Zusatz des entzogenen Fettes zu einem Normalschrot im frischen und gealterten Bier am ungünstigsten.

## Danksagung

**Wir danken den Kirin Brauereien Co. Ltd. für die Zurverfügungstellung eines Gerätes für die multiple Gaschromatographie und für die Möglichkeit, am Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I und im Technischen Zentrum der Kirin Brauereien diese Dissertation zu fertigen. Dr. Stefan Lustig sei für die gute, konstruktive Zusammenarbeit gedankt.**

## Summary

**Narziß, L., Back, W., Miedaner, H., and Takahashi, Y.: Pilot trials on the influence of the various mash parameters on the properties of wort and beer with particular respect to flavour stability – Monatschrift für Brauwissenschaft 53, No 11/12, 204 – 216, 2000**

## BC 22 Brewhouse

Various mash-parameters have been investigated with respect to the beer properties flavour/taste and flavour stability. The test brews took place in the scales of 60, 9 and 220 litres. Worts and beers were analysed according to conventional methods as well as by three different methods of multidimensional gaschromatography and mass spectrometry. The orga-

noleptic evaluation was achieved by the DLG-test and a special "ageing test". The addition of nitrogen-gas to the mash brought about more favourable wort-and beer properties and via a lower level of ageing components a better flavour stability. The head retention of the beers was less satisfactory. The addition of oxygen-gas to the mash caused negative effects on taste and flavour stability. However, the beer foam was improved, in particular if the oxygenation took place at higher mashing-temperatures. Mashing in temperatures of 62 °C and 67 °C caused a lower amount of ageing components and by this way a lesser degree of aged flavour. The restricted protein-modification brought about a lower level of polyphenols, a lower reducing-power, better foam figures, but a poorer colloidal stability. The result of the taste test of the 67 °C-beer was less favourable. A reduction of the mash-pH from 5.8 to 5.5 and to 5.2 created an increase of the ageing compounds as well as of the reducing power. However, the taste of the fresh and the aged beers was best at the pH 5.2. An addition of nitrogen gas enforced this effect, the addition of oxygen clearly inhibited it. Defatting the grist down to 25% of the original value promoted a better degradation of starch,  $\beta$ -glucan and protein. However, there was no influence on the ageing process of beer. On the contrary, the addition of the extracted fat to the grist led to the most inferior results in the fresh as well as in the aged beers.

**Narziß, L., Back, W., Miedaner, H., et Takahashi, Y.: Essais pilote pour l'étude de l'influence de différents paramètres du brassage sur les propriétés du moût et de la bière avec une attention particulière sur la stabilité du goût** – Monatsschrift für Brauwissenschaft 53, No 11/12, 204 – 216, 2000

#### BC 22 Salle de brassage

Différents paramètres de brassage ont été examinés sur les propriétés de la bière, le goût et la stabilité de goût par des brassins de 60, 9 et 220 l. Les moûts et les bières ont été examinés d'une part par des méthodes d'analyses conventionnelles et d'autre part par trois méthodes de chromatographie en phase gazeuse multidimensionnelle (avec spectrométrie de masse). L'évaluation organoleptique était effectuée par le DLG et suivant le schéma de vieillissement de l'institut. L'introduction d'azote dans la maïsche donnait de meilleures propriétés du moût et de la bière, une teneur plus faible de composés de vieillissement et une meilleure stabilité de goût. La mousse des bières était plus mauvaise. Une introduction d'oxygène avait des conséquences négatives sur le goût et la stabilité de goût, mais améliorait la mousse pour des températures plus élevées. Des températures d'empâtage de 62 °C et de 67 °C donnaient une teneur plus faible de composés de vieillissement et par conséquent un vieillissement plus faible. La dégradation protéique plus faible donnait une teneur plus

faible en polyphénols, une teneur en pouvoir réducteur plus faible, de meilleures valeurs de mousse, mais une plus mauvaise stabilité colloïdale. La bière fraîche de 67 °C avait un goût moins favorable. Une diminution du pH de la maïsche de 5,8 à 5,5 et 5,2 augmentait les indicateurs de vieillissement ainsi que les pouvoirs réducteurs. Cependant, le goût des bières fraîches et vieilles étaient les meilleures avec un pH de 5,2. L'introduction d'azote renforçait cet effet, l'introduction d'oxygène l'inhibait. Une délipidation de la mouture (à 25% de la teneur en matières grasses) montrait une dégradation hydrolytique plus poussée au cours du brassage sans toutefois influencer le comportement du vieillissement de la bière. Au contraire, une addition de la graisse retirée à une mouture normale, donnait une bière qui était jugée moins favorable tant fraîche que vieillie.

#### Literatur

Von den 170 Literaturstellen der Literaturübersicht und der Analytik wurden die folgenden für diese Veröffentlichung ausgewählt:

1. Narziß, L., Reicheneder, E., und Bauer, W.: Brauwelt **125**, 2338 – 2355, 1985.
2. Lustig, S.: Diplomarbeit, TU München-Weihenstephan 1988.
3. Eichhorn P.: Dissertation, TU München-Weihenstephan 1991.
4. Lustig, S.: Dissertation, TU München-Weihenstephan 1994.
5. Greenhoff, K., und Wheeler, R. E.: J. Inst. Brew. **87**, 35 – 41, 1981.
6. Graf, H.: Dissertation, TU München-Weihenstephan 1984.
7. Meilgaard, M., Moya, E.: MBAA Technical Quarterly **7**, 135 - 142, 1970.
8. Meilgaard, M., Elizondo, A., und Moya, E.: MBAA Technical Quarterly **7**, 143 – 149, 1970.
9. Devreux, A., Blockmans, C., und van de Meerse, J.: EBC Monograph VII, Flavour Symposium 1981, 191 – 201.
10. Okumura, J.: J. Brew. Soc. Japan **88**, 178 – 181, 1993.
11. Hashimoto, N.: Rept. Res. Lab. Kirin Brewery Co. Ltd. **16**, 1 – 9, 1973.
12. Van Waesberghe, J., W., M.: MBAA Technical Quarterly **30**, 31, 1993.

(Manuskripteingang 5. 5. 2000)