

T. Dickel, M. Krottenthaler und W. Back

Untersuchungen zum Einfluß des Kühltrubeintrages auf die Bierqualität

In mehreren Forschungsarbeiten am Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan, wurde der Einfluß des Kühltrubeintrages auf die Bierqualität im Praxismaßstab untersucht, um Aussagen über die Notwendigkeit der Kühltrubabtrennung treffen zu können. Hierbei wurde festgestellt, daß sich das Bier unter Weglassen der Kühltrubentfernung geschmacklich ändert, die Geschmacksstabilität, die Reduktionskraft, die chemisch-physikalische Stabilität und die Schaumeigenschaften jedoch keinen Schaden nehmen. Eine Kühltrubentfernung scheint also nicht nötig, falls eine sichere Heißtrubabtrennung und ein einwandfreies Hefemanagement in der Brauerei vorhanden sind sowie das erzeugte Geschmacksprofil erwünscht ist und die Biere in der Qualität genügend konstant sind.

BC 22 Sudhaus

(Descriptor: Kühltrub, Kühltrubabtrennung, Geschmacksstabilität, Flotation, Kaltwürzefiltration, Kaltwürzentrifugation).

Descriptors: Cold break, cold break separation, flavour stability, flotation, cold wort filtration, cold wort centrifugation).

1 Einleitung

Die Notwendigkeit der Heißtrubabtrennung ist unbestritten. Dem in der Würze belassenen Heißtrub wird ein Verschmieren der Hefe bei der Gärung sowie eine geschmackliche Verschlechterung des Bieres und eine Verschlechterung seiner Schaumeigenschaften zugeschrieben (1). Ob der Kühltrub entfernt werden muß, ist nicht eindeutig geklärt. Empfohlen wird eine Kühltrubentfernung um 50% bei beschleunigten Gär- und Reifungsverfahren unter Verwendung von geschlossenen Würzebehandlungsanlagen (1). Alle Verfahren zur Kühltrubentfernung verursachen jedoch Kosten durch ihren Energieverbrauch, die Investition und die Reinigung. Diese Kosten wie auch ein eventuelles mikrobiologisches Risiko müssen gerechtfertigt sein. Das Produkt muß also einen erkennbaren Nutzen durch die entsprechende Behandlung davontragen. Da die Meinungen über die Notwendigkeit der Kühltrubentfernung geteilt sind, wurde in mehreren Arbeiten (2) der Nutzen der Kühltrubabtrennung in der Praxis untersucht. Eine immer wichtigere Eigenschaft von Bieren ist die Geschmacksstabilität, da sich der Vertriebsweg in seiner Dauer von der Brauerei zum Verbraucher ständig verlängert. Ziel war es, den Einfluß der Kühltrubentfernung auf den Geschmack und die Geschmacksstabilität von Bier zu untersuchen und Aussagen über ihre Notwendigkeit zu treffen. Die Versuche fanden in mehreren Braustätten im Praxismaßstab statt, die mit den Verfahren der Flotation, der Filtration und der Zentrifugation arbeiteten. Bei Kühltrub handelt es sich um Trubstoffe, die bei Temperaturen unter 70 °C entstehen. Der Großteil der Trubbildung findet jedoch bei Temperaturen unterhalb von 20 °C statt (1). Normwerte für Kühltrub in Würze bei 0 °C sind 150 bis 350 mg/l (3). Er setzt sich aus 50% Eiweiß, 15

bis 25% Polyphenolen und 20 bis 30% höhermolekularen Kohlenhydraten zusammen. Die reinen Kühltrubteilchen ohne Eintrag von Heißtrubteilchen und Hopfentrub haben einen Durchmesser kleiner 1,0 µm (1). Zum Vergleich: eine Hefezelle hat einen Durchmesser von 6 – 10 µm. Unbedingt zu unterscheiden ist bei einer Kühltrubbestimmung zwischen reinem Kühltrub und nicht entferntem Heißtrub. Beeinflussen läßt sich der Kühltrubgehalt in steigender Weise durch die Verwendung inhomogener Malze mit Ausbleibern, polyphenolreichen Hopfengaben und feinem Schrot wie bei Maischefiltern. Eine Erhöhung des Polyphenol- und des Eiweißeintrages bewirkt also mehr Trubausfall. Eine Verringerung des Kühltrubgehaltes läßt sich durch intensives Maischen (z.B. Dekoktionsverfahren) sowie Verwendung von gut gelösten Malzen und Rohfrucht (geringerer Eintrag von Eiweiß und Polyphenolen) erreichen (1).

2 Material und Methoden

Verglichen mit dem Heißtrub läßt sich Kühltrub aufgrund seiner wesentlich geringeren Teilchengröße schwer abscheiden. Eine völlige Entfernung ist nahezu unmöglich. Die untersuchten Verfahren zur Kühltrubentfernung sind folgende:

Zentrifugation

Durch Rotation werden in einem Separator die Trubteilchen, die eine höhere Dichte als die Würze besitzen, von dieser abgeschieden. Mit der Rotationsgeschwindigkeit läßt sich der Grad der Ausscheidung beeinflussen. Je nach Betriebsweise können 30 – 70% des Kühltrubs entfernt werden.

Filtration

Die Filtration der Würze über Perlite bietet die Möglichkeit, den Kühltrubeintrag um 90% zu reduzieren. Mit Kieselgurwürzefiltern ist es bei einer Filtrationstemperatur um 0 °C möglich, 95% des Kühltrubs zu entfernen. Der Kieselgurverbrauch beträgt 50 – 100 g/hl.

Flotation

Bei der Flotation werden feine Luftbläschen mittels Venturidüse, Keramikkerze oder statischem Mischer in die Würze eingebracht. Danach wird die Würze in den Flotationstank gepumpt, um zwei bis sechs Stunden zu ruhen. Während dieser Standzeit steigen die

Luftbläschen auf und reißen Partikel, auf die sie treffen, mit an die Flüssigkeitsoberfläche. Die Menge der eingebrachten Luft liegt zwischen 20 und 60 l Luft pro hl Würze, wobei Abscheideraten von 50 – 60% erreicht werden können (4,5).

In den drei Betrieben, die im Rahmen der vorliegenden Arbeiten untersucht wurden, betrug das Sudvolumen bei allen Versuchen ca. 400 hl, vier Sude bildeten eine Gärcharge. Angestellt wurde mit Reinzuchthefer, welche mit verschiedenen Propagationstechniken gewonnen worden war (keine klassische Assimilationstechnik) bzw. Erntehefe bis zur maximal fünften Führung, wobei mit Kühltrub geführte Hefen nur mit unbehandelten Würzen weitergeführt wurden und Hefen, die aus behandelten Chargen geerntet worden waren, in behandelten Würzen weitergeführt wurden.

Die Bestimmung des Kühltrubgehaltes der Würzen erfolgte nach MEBAK (3), ebenso die Analyse des „freien Amino-Stickstoffes“ (FAN) mittels der photometrischen Ninhydrin-Methode (3). Auch die Analyse der physikalisch-chemischen Stabilität, die Forciermethode, erfolgte nach MEBAK (3).

Der Diacetylgehalt der Biere sowie die Alterungskomponenten wurden gaschromatographisch bestimmt (6). Die Verkostungen der frischen und forcieren (24 h Schütteln, Aufbewahrung während 4 d bei 40 °C) Biere erfolgten zum einen nach DLG-Richtlinie (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Frankfurt am Main) und zum anderen nach der Methode „Alterungsverkostung“ des Lehrstuhls für Technologie der Brauerei I der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan. Der SO₂-Gehalt der Biere wurde nach der Destillationsmethode des MEBAK erfaßt (3), die Ermittlung der „endogenen antioxidativen Aktivität“ der Biere erfolgte mittels Elektronen-Spin-Resonanz-Spektroskopie (ESR). Hierbei werden dem Bier freie Radikale zugegeben und die Zeit (Lag-time) gemessen, in welcher das Bier der Oxidation durch diese Radikale standhalten kann. Die Länge dieser Zeit korreliert mit dem reduktiven Potential des Bieres. Die Schaumstabilität wurde mittels NIBEM (3) erfaßt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Bei der Betrachtung der Kühltrubgehalte der jeweiligen Würzen, welche in Abbildung 1 graphisch dargestellt sind, ist ersichtlich, daß durch Filtration am meisten, durch Flotation etwa die Hälfte und durch Zentrifugation am wenigsten Kühltrub entfernt wurde. Der technologische Einfluß der Rohstoffe und der Würzeherstellung zeigt sich durch die unterschiedlichen Kühltrubgehalte der in verschiedenen Brauereien A, B, C produzierten Würzen. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse, bezogen auf den absoluten Trubgehalt der Würzen, war aber vor allem aufgrund der unterschiedlichen Maisch- und Gärverfahren der drei Brauereien nicht möglich. Die mangelnde Übereinstimmung der Hefevitalitäten und Hefezellzahlen bei der Vergärung der Würzen läßt auch einen Vergleich der Gärungen nicht zu. Eine tendenzielle Aussage läßt sich zugunsten des Verfahrens der Flotation bezüglich einer beschleunigenden Wirkung auf die Gärung treffen, was sich auf die ausgiebigere Würzebelüftung (Zweitbelüftung) zurückführen läßt. Hierzu zeigt Abbildung 2 die Gärdauer der untersuchten Chargen in Tagen in der untersuchten Brauerei C. Die Behandlung der Hefe war in dieser Brauerei insofern konstant, als geerntete Hefe sofort wieder angestellt wurde. Bei höheren Hefeführungszahlen deutete sich eine positive Einflußnahme der Flotation auf den Stoffwechselprozeß der Hefe an. Diese Brauerei arbeitete des weiteren mit dem Verfahren der integrierten Reifung bei 12 °C unter Zugabe von 10% Kräusen, wobei als Parameter des Reifungsfortschritts der Diacetylgehalt des Bieres erfaßt wurde. Abbildung 3 zeigt den Diacetylgehalt der Versuchsbiere am sechsten

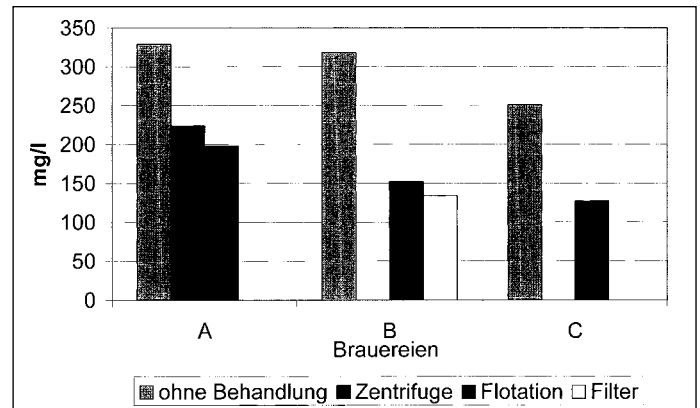


Abb. 1 Kühltrubgehalt von unterschiedlich behandelten Würzen verschiedener Brauereien (ABC)

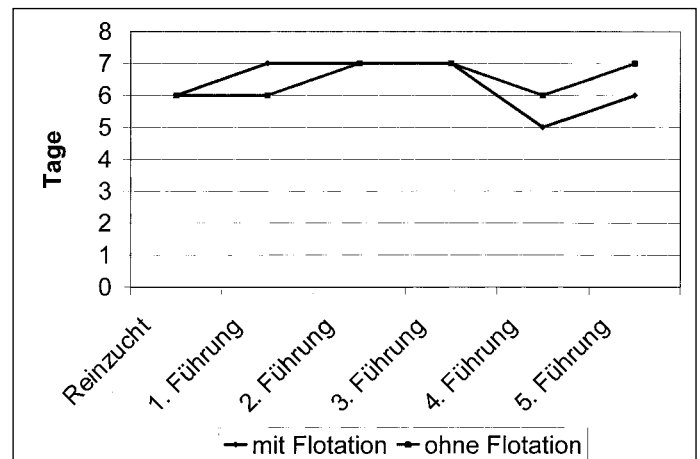


Abb. 2 Zeit bis zum Erreichen des Gärkellervergärungsgrades (Brauerei C)

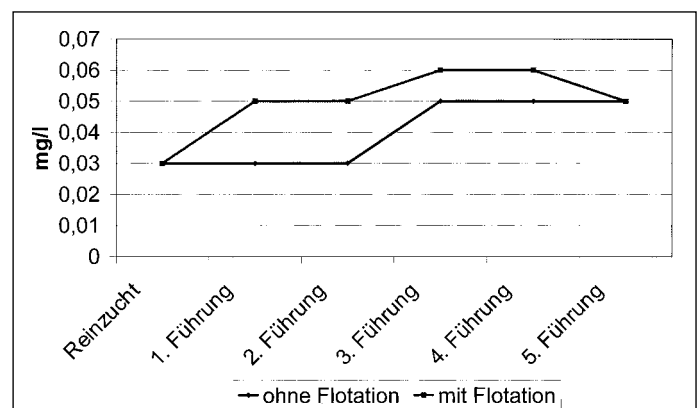
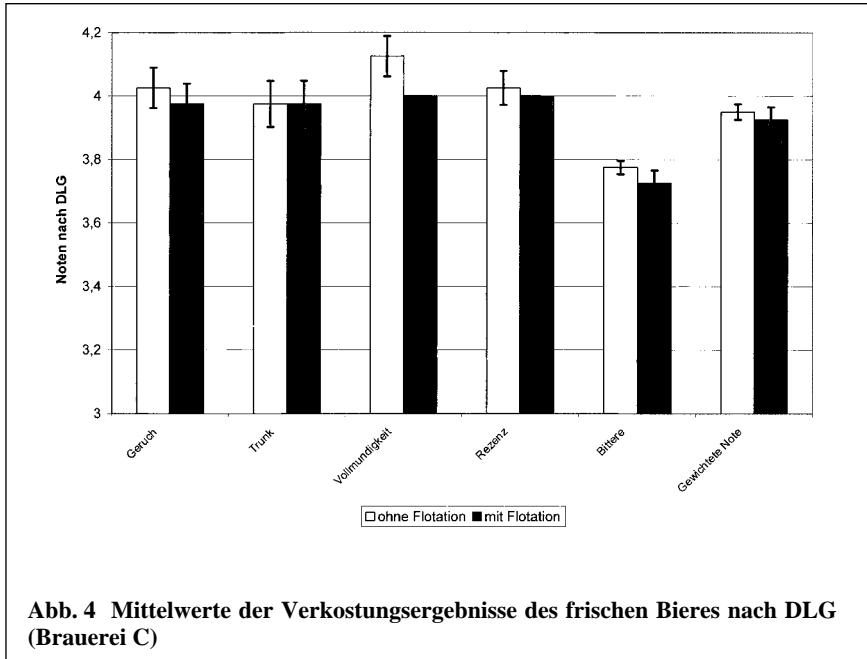


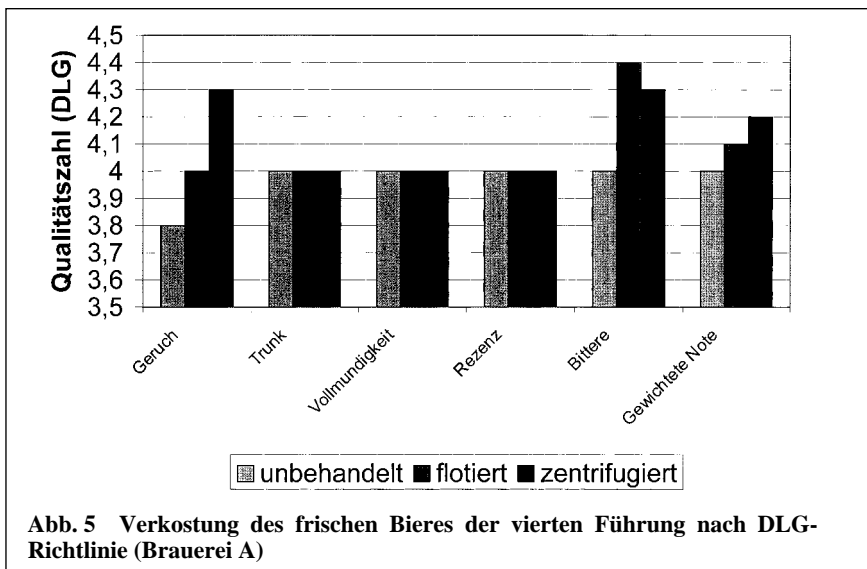
Abb. 3 Diacetylgehalt am sechsten Reifungstag (Brauerei C)

Reifungstag. Der niedrigere Diacetylgehalt der nicht behandelten Biere bei niedrigen Führungszahlen deutet auf einen stärkeren Hefestoffwechsel hin, was bei höheren Führungen offensichtlich aufgrund des positiven Einflusses der Flotation aufgehoben wurde. Der begünstigende Effekt der Flotation auf den Hefestoffwechsel legt nahe, daß Brauereien mit eher schleppenden Gärungen bzw. nicht optimalem Hefemanagement und hohen Hefeführungszahlen auf die Flotation nicht verzichten sollten. In den

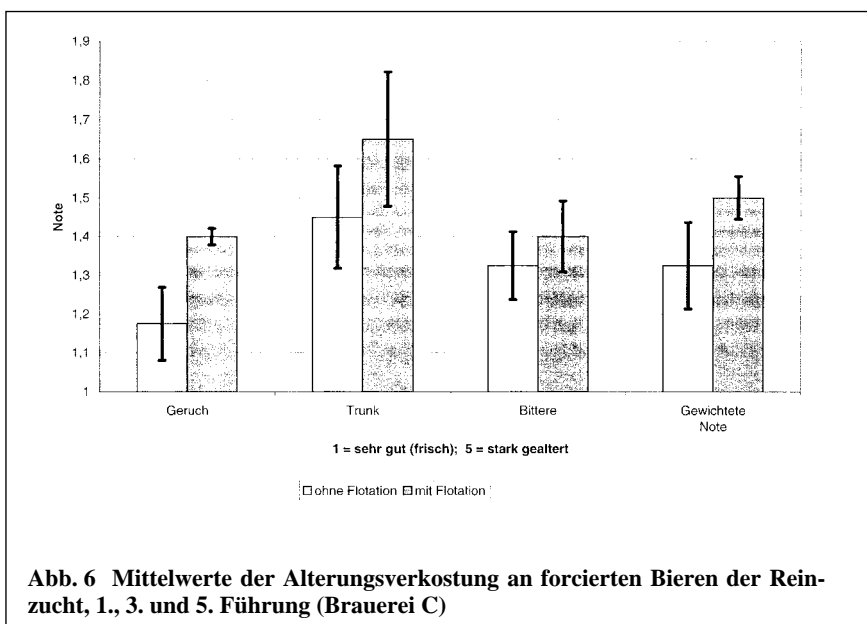


anderen untersuchten Brauereien war die Hefebehandlung in bezug auf ihre Lagerung (Dauer, Kühlung) in der Versuchsreihe zu unterschiedlich, um eine Aussage über einen Einfluß des Gär- und Reifungsparameters Trubeintrag treffen zu können. In diesen wenig untereinander vergleichbaren weil unter Praxisbedingungen entstandenen Maßstäben erwies sich die Filtration der unbehandelten Biere als unproblematisch.

Zur Ermittlung des Geschmacks wurden die frischen Biere nach DLG-Richtlinie verkostet. Hierbei stellte sich im Kriterium Vollmundigkeit eine statistisch sichere (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$) Bevorzugung der unbehandelten Biere der Brauerei C heraus, wie Abbildung 4 zeigt. In der Tendenz läßt sich eine gering bessere geschmackliche Bewertung der nicht behandelten Versuchsreihe ableiten. Anders stellt sich die Situation bei den Bieren der Brauerei A dar. Hier wurde das unbehandelte Bier in bezug auf seinen Geruch und seine Bittere geringfügig schlechter beurteilt, was sich auch in der Gewichteten Note widerspiegelt, wie Abbildung 5 zeigt. Welche Geschmackseigenschaft sich speziell bei einer Brauerei ändert, dürfte vom jeweiligen Maisch- und Gärverfahren sowie vom Hefemanagement abhängen. Die Brauerei muß entscheiden, ob das erzeugte Geschmacksprofil erwünscht ist.



Mittels der Alterungsverkostung der forcierten Biere ist es möglich, eine Aussage über die Geschmacksstabilität zu treffen. Aus der Abbildung 6 ist zu entnehmen, daß sich bei Brauerei C wiederum bis auf den Parameter Geruch, der sich statistisch sicher als positiv beurteilt abhebt, tendenziell das unbehandelte Bier bevorzugt wurde. Dieses Bild ergibt sich auch aus Abbildung 7, welche die Alterungsverkostungswerte der forcierten Biere der 4. Führung der Brauerei A darstellt. Die analytisch gewonnenen Ergebnisse untermauern diese Tendenz. So stellt sich die Summe der Alterungskomponenten für höhere Hefeführungen bei unbehandelten Bieren als etwas geringer dar, wie Abbildung 8 zeigt.



Eine weitere Aussage über die Geschmacksstabilität läßt sich über die Bestimmung des reduktiven Potentials durch Ermittlung der endogenen antioxidativen Aktivität treffen. Abbildung 9 zeigt den Verlauf der Ergebnisse der ESR-Analyse im fertigen Bier der Brauerei C über die Hefeführungen. Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse der Analyse der Biere der 4. Führung in Brauerei A. Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse dieser Analyse der Brauerei B, wobei jeweils ein Sud verschiedener Behandlung mit gleicher Hefemenge aus der selben Hefecharge vergoren wurde. Hieraus läßt sich ablesen, daß die unbehandelten Biere gleich hohe endogene antioxidative Aktivität aufweisen als flotierte oder zentrifugierte Biere, bei hoher Führungszahl sogar eine höhere.

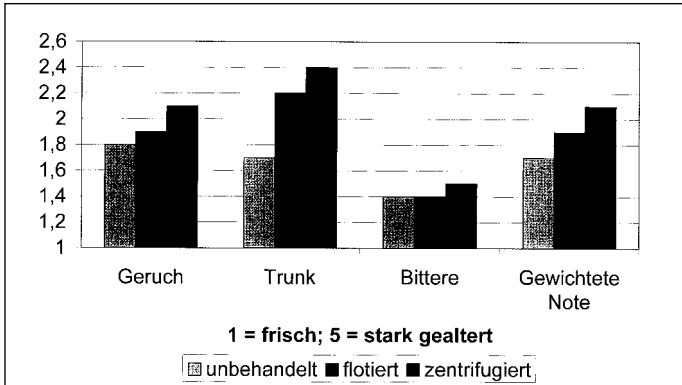


Abb. 7 Alterungsverkostung forcierten Bieres der 4. Führung (Brauerei A)

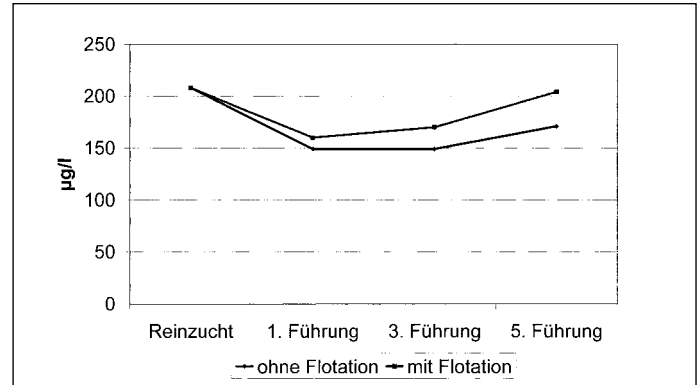


Abb. 8 Summe der Alterungskomponenten in forcierten Bieren (Brauerei C)

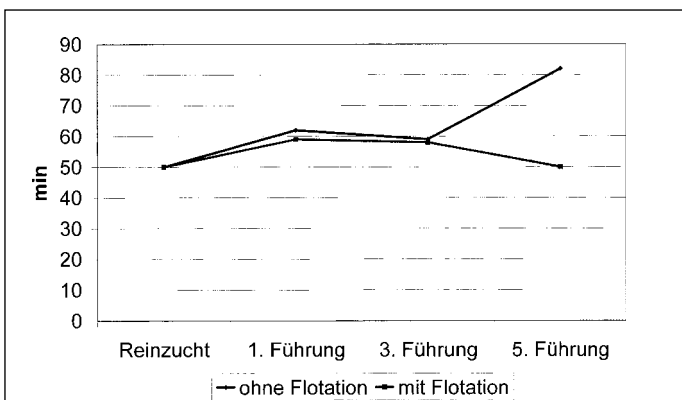


Abb. 9 Lag-time von abgefüllten Bieren (Brauerei C)

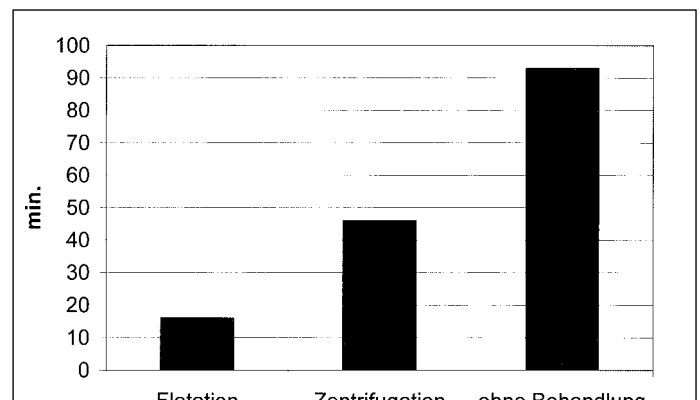


Abb. 10 Lag-time von Bieren der 4. Führung (Brauerei A)

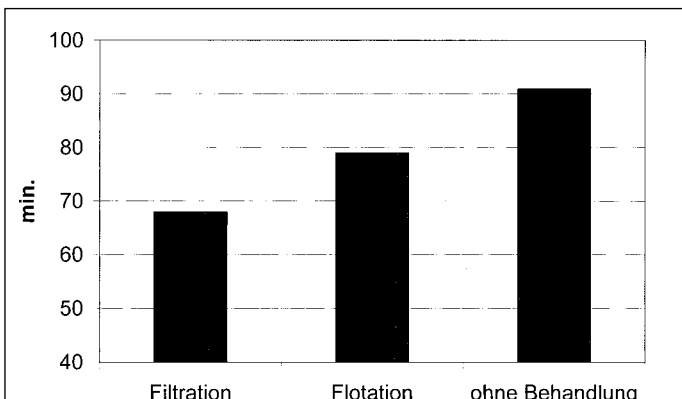


Abb. 11 Lag-time von Bieren der Brauerei B

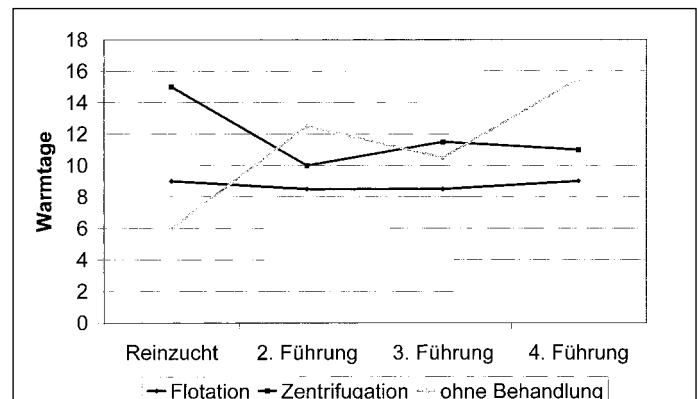


Abb. 12 Forciertest der Biere der Brauerei A

Ebenso ist bezüglich der chemisch-physikalischen Stabilität aufgrund der erhaltenen Ergebnisse keine Einbuße bei fehlender Kühltrubentfernung zu erwarten. Dies ist aus den Abbildungen 12 und 13 ersichtlich, welche die Auswertung des Forciertests bei Bieren der Brauereien A und B zeigen. Hierbei sind wiederum nur Biere aus einer Führung der Brauerei B betrachtet, die mit gleicher Gabe aus derselben Hefecharge vergoren wurden, und Biere aus der Brauerei A über die Führungen hinweg. Zwar zeigen sich bei Brauerei A die mit Reinzuchthefer vergorenen Biere ohne Kühltrubabtrennung weniger stabil, nach mehreren Hefefernten dreht sich dieses Verhältnis jedoch um.

Auch bezüglich der Schaumeigenschaften der Biere ließ sich kein Absinken der Qualität bei Suden mit Kühltrub feststellen. Die Analyse nach NIBEM ergab bei Bieren aller drei Brauereien maximale Unterschiede von 10 s, die als nicht signifikant einzustufen sind.

Bei der Betrachtung aller Ergebnisse, in die das Verfahren der Flotation mit eingeht, läßt sich allerdings feststellen, daß diese sowohl über die Hefefernungen hinweg als auch als zu Mittelwerten zusammengefaßte Ergebnisse weniger variieren als die aller anderen Verfahren. Alle ermittelten Werte sind noch einmal in Tabelle 1 zusammengefaßt.

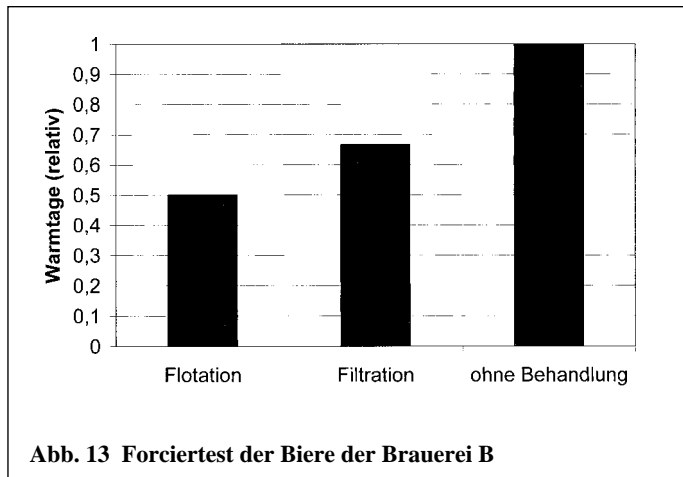


Abb. 13 Forciertest der Biere der Brauerei B

4 Schlußfolgerung – Zusammenfassung

Der Prozeßschritt der Kühltrubentfernung bei der Bierwürzebereitung verursacht Kosten und ein mikrobiologisches Risiko. Seine Notwendigkeit ist umstritten. Um diese zu überprüfen, wurden in drei Großbrauereien Sude mit den Verfahren der Flotation, Kaltwürzefiltration und -zentrifugation sowie ohne

Kühltrubentfernung behandelt und zu fertigen Bieren weiterverarbeitet. Der Herstellungsprozeß wurde überwacht und die Biere analysiert. Aus den in diesen Versuchsreihen gewonnenen Ergebnissen läßt sich schließen, daß eine Kühltrubabtrennung nicht nötig ist, wenn folgende Voraussetzungen in der jeweiligen Brauerei erfüllt sind:

- Die Heißtrubabtrennung funktioniert einwandfrei,
- die Biere sind in ihrer Qualität konstant,
- das Hefemanagement entspricht dem Stand der Technik (7) und
- das erzeugte Geschmacksprofil ist von der Brauerei erwünscht.

Dies ergibt sich daraus, daß zwar der Geschmack der Biere durch unterschiedlichen Kühltrubeintrag beeinflusst wurde, aber andere Qualitätsparameter wie Geschmacksstabilität, chemisch-physikalische Stabilität, Reduktionsvermögen und Schaumhaltbarkeit keine negative Einwirkung erfuhren, sondern sich eher noch verbesserten. Im einzelnen ändert sich der Biergeschmack brauereispezifisch in bezug auf Geruch, Bittere und Vollmundigkeit. Das gealterte Bier wird ohne Kühltrubabtrennung tendenziell bevorzugt. Das reduktive Potential erhöht sich bei Belassen des Kühltrubs in der Würze ebenso wie die chemisch-physikalische

Tabelle 1 Aufstellung aller ermittelten Werte

		Brauerei A			Brauerei B			Brauerei C	
		ohne Behandlung	Flotation	Zentrifugation	ohne Behandlung	Flotation	Filtration	ohne Behandlung	Flotation
Kühltrubeintrag absolut/mg/l		329	198	224	318	152	134	251	127
Kühltrubeintrag relativ/%		100	40	32	100	52	58	100	49
Diacetylgehalt am 6. Reifungstag/mg/l	Reinzucht	–	–	–	–	–	–	0,03	0,03
	1. Führung	–	–	–	–	–	–	0,03	0,05
	2. Führung	–	–	–	–	–	–	0,03	0,05
	3. Führung	–	–	–	–	–	–	0,05	0,06
	4. Führung	–	–	–	–	–	–	0,05	0,06
	5. Führung	–	–	–	–	–	–	0,05	0,05
Verkostung nach DLG/Qualitätszahlen	Geruch	3,8	4,0	4,3	–	–	–	4,0	4,0
Brauerei A: Werte der 4. Führung	Trunk	4,0	4,8	4,0	–	–	–	4,0	4,0
Brauerei C: Mittelwerte aus Reinzucht	Vollmundigkeit	4,0	4,0	4,0	–	–	–	4,1	4,0
1., 3., und 5. Führung	Rezenz	4,0	4,0	4,0	–	–	–	4,0	4,0
	Bittere	4,0	4,4	4,3	–	–	–	3,8	3,7
	Gewichtete Note	4,0	4,1	4,2	–	–	–	4,0	3,9
Alterungsverkostung/Noten	Geruch	1,8	1,9	2,1	–	–	–	1,2	1,4
	Trunk	1,7	2,2	2,4	–	–	–	1,3	1,4
	Bittere	1,4	1,4	1,5	–	–	–	1,3	1,4
	Gewichtete Note	1,7	1,9	2,1	–	–	–	1,3	1,5
Summe der Alterungskomponenten (forciertes Bier)/µg/l	Reinzucht	–	–	–	–	–	–	208	208
	1. Führung	–	–	–	–	–	–	149	160
	3. Führung	–	–	–	–	–	–	149	170
	5. Führung	–	–	–	–	–	–	171	204
Lagtime der Biere/min	Reinzucht	–	–	–	91	79	68	50	50
	1. Führung	–	–	–	–	–	–	62	59
	3. Führung	–	–	–	–	–	–	59	58
	4. Führung	16	46	93	–	–	–	–	–
	5. Führung	–	–	–	–	–	–	82	50
Forciertest/Anzahl der Wartage	Reinzucht	6,0	9,0	15,0	100%	50%	66,70%	–	–
	2. Führung	12,5	8,5	10	–	–	–	–	–
	3. Führung	10,5	8,5	11,5	–	–	–	–	–
	4. Führung	15,5	9,0	11,0	–	–	–	–	–

Stabilität. Die Schaumhaltbarkeit ändert sich nicht. Bei der Anwendung der Flotation wurde eine geringere Streuung der Analysenwerte festgestellt.

5 Summary

Dickel, T., Krottenthaler, M., and Back, W.: Studies into the influence of the cold break insertion on beer quality — Monatsschrift für Brauwissenschaft 53, No 5/6, 95 – 100, 2000

BC 22 Brewhouse

In several research studies at the Faculty for Brewery Technology I, Technical University of Munich, Freising-Weihenstephan, the influence of the cold break insertion was studied on a practical scale to obtain information on the necessity of cold break separation. It was found that if the cold break separation is removed the taste of the beer changed, but the flavour stability and the reduction force, chemical and physical stability and the foam characteristics of the beer did not suffer as a result. A cold break separation therefore does not appear to be necessary if reliable a hot break separation and perfect yeast management are practised by the brewery and the created flavour profile is desirable and the beer's quality is sufficiently constant.

Dickel, T., Krottenthaler, M., et Back, W.: Examen de l'influence de l'introduction du trouble au froid (du moût) sur la qualité de la bière — Monatsschrift für Brauwissenschaft 53, No 5/6, 95 – 100, 2000

BC 22 Salle de brassage

Plusieurs travaux de recherche ont été effectués au «Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I», Université Technique de Munich, Freising-Weihenstephan de l'influence de l'introduction du trouble au froid à

l'échelle industrielle afin d'examiner la nécessité de la séparation du trouble au froid. On a observé que la bière, dont le trouble au froid a été éliminé, changeait sur le plan organoleptique. Toutefois, la stabilité de la flaveur, le pouvoir réducteur, la stabilité physico-chimique ainsi que les propriétés de la mousse n'étaient pas endommagés. La séparation du trouble au froid ne semble pas une nécessité à condition d'avoir une séparation du trouble à chaud sûre et un management de la levure irréprochable dans la brasserie. A cela s'ajoute un profil de flaveur souhaité et une qualité de bière suffisamment constante.

6 Literatur

1. Narziß, L.: Die Bierbrauerei. Band II: Die Technologie der Würzebereitung. 7. Auflage, Stuttgart 1992. S. 319ff.
2. Diplomarbeiten am Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan: Ammon, S.: Einfluß der Kühltrubabscheidung auf die Bierqualität, 1999. Dickel, T.: Einfluß des Trubeintrages auf den Geschmack und die Geschmacksstabilität von Bier, 1999. Isenberg, R.: Kaltwürzelfiltration und Kaltwürzeflotation – Ein Systemvergleich, 1997.
3. Pfenninger, H. (Hrsg.): Brautechnische Analysenmethoden. Band II, 3. Aufl., Freising-Weihenstephan 1993, S. 48f, S. 60f, S. 157f, S. 181ff, S. 196f.
4. Heyse, K.-U. (Hrsg.): Handbuch der Brauereipraxis, 3. Aufl., Nürnberg, 1995, S. 165.
5. Solfrank, B., und Sommer, K.: Effektivität der flotativen Abscheidung von Kühltrub aus Bierwürze bei verschiedenen Belüftungsorganen, Monatsschrift für Brauwissenschaft **42**, 365, 1989.
6. Eichhorn, P.: Untersuchungen zur Geschmacksstabilität des Bieres, Diss. München 1990.
7. Back, W., und Vetterlein, K.: Praxiserfahrung mit der Assimilationstechnik, Der Weihenstephaner **67**, 134, 1999.

(Manuskripteingang 3. 4. 2000)