

WISSENSCHAFTSFÖRDERUNG DER DEUTSCHEN BRAUWIRTSCHAFT E.V

BERICHT

zu Forschungsvorhaben

B77

Projekt-Nr.

- Zwischenbericht Nr.: _____
- Abschlußbericht

für den Zeitraum vom: **01.07.2002** bis: **30.06.2004**

Thema:

Verarbeitung von Reste- und Rückbieren in der Brauerei

Forschungsstelle:

Lehrstuhl für Technologie der Brauerei 1
Weihenstephaner Steig 20
85354 Freising-Weihenstephan

Leiter der Forschungsstelle:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Werner Back

Projektleiter:

Dr.-Ing. Martin Krottenthaler

Verfasser des Berichtes:

Dipl.-Ing. Mark Schneeberger

Datum:

24.11.2004

Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse	3
Allgemeines zur Verwertung von Reste- und Rückbieren in der Brauerei	4
Darstellung der Ergebnisse	5
Hefebierrückgewinnung	5
Qualitative Aspekte der Hefebierrückgewinnung	5
Untersuchungen zur Physiologie der Hefesuspensionen	5
Analyse von Hefebier mittels Aromaextraktverdünnungsanalyse	6
Entwicklung einer Profilprüfung für Hefebiere	7
Analyse von Hefebier mittels klassischer Untersuchungsmethoden	8
Schlussfolgerungen aus den Versuchen zur Betrachtung des Einflusses des Aufbewahrungszeitraumes auf die Qualität des Hefebieres	9
Wirtschaftliche Betrachtungen zur Hefebierrückgewinnung	10
Verwertung von Reste- und Rückbieren im Brauprozess	12
Zugabe von Restebieren im Sudhausbereich im Pilotmaßstab	12
Zugabe von Restebieren im Sudhausbereich großtechnischen Maßstab	14
Schlussfolgerungen aus den Versuchen der Zugabe von Restebieren im Sudhausbereich	14
Literatur	16
Liste der Veröffentlichungen	17

Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse

Durch die Wiederverwertung von Reste- und Rückbieren im Brauprozess haben Brauereien die Möglichkeit, den internen Bierschwand zu minimieren. Durch diese effizientere Gestaltung des Brauprozesses werden darüber hinaus Ressourcen geschont und die Kosten für Abwasser gesenkt. Die mengenmäßig bedeutsamsten Restebierströme in der Brauerei sind die Hefebiere und die Vor- und Nachläufe aus der Filtration mit einem jährlichen Volumen von > 5% des Gesamtausstoßes. Die Verwertung dieser Reste- und Rückbiere setzt allerdings voraus, dass die hohe Qualität des Originalbieres durch die Verschnitte nicht negativ beeinflusst wird.

Bei der Hefebierrückgewinnung wurden die verschiedenen Verfahren in erster Linie hinsichtlich der Qualität der erzielten Hefebiere untersucht. Es zeigte sich, dass die Qualität des Hefebieres nicht so sehr von dem eingesetzten Rückgewinnungsverfahren beeinflusst wurde. Viel entscheidender ist der qualitative Einfluss durch den physiologischen Zustand der Hefesuspension vor der Weiterverarbeitung zu beurteilen.

Um die Qualität der Hefesuspension bzw. der wiedergewonnenen Hefebiere zu erfassen, wurden detaillierte Untersuchungen vorgenommen. So wurden neben den hefephysiologischen Untersuchungen vor allem Untersuchungen im Aromastoffbereich bzw. im Bereich der chemisch-technischen Analysen durchgeführt. Die Aromastoffe wurden sowohl qualitativ (Aromaextraktverdünnungsanalyse, sensorische Analyse) als auch quantitativ bestimmt. Es zeigte sich, dass sich vor allem bei höheren Aufbewahrungstemperaturen und längeren Aufbewahrungszeiträumen der physiologische Zustand der Hefesuspension verschlechterte. Damit einher ging eine deutliche Abnahme der angenehmen Esteraromen, eine Zunahme der Gehalte an kurz- und mittelkettigen Fettsäuren sowie eine deutliche Steigerung der Aktivität der schaumnegativen Proteinase A. Es empfiehlt sich daher, die Hefesuspensionen bei Temperaturen < 4°C über einen kurzen Zeitraum aufzubewahren. Das gewonnene Hefebier sollte zur Inaktivierung der Proteinase A kurzzeiterhitzt und anschließend zu einer Anstellwürze dosiert werden.

Die Vor-, Zwischen- und Nachläufe aus der Filtration sind in ihrem Stammwürzegehalt reduziert und daher mikrobiologisch anfällig. Diese Restebiere sollten daher möglichst rasch wieder zur laufenden Filtration dosiert werden. Durch diese Verfahrensweise sind keine negativen Veränderungen im Originalbier zu erwarten. Des Weiteren werden teilweise Vor-, Zwischen- und Nachläufe zusammen mit Überschusshefen verschnitten, um anschließend über Hefebierrückgewinnungsanlagen die Biere wiederzugewinnen. Eine Dosage der Vor-, Zwischen- und Nachläufe zur laufenden Filtration würde hier eine Entlastung der Hefebierrückgewinnungsanlagen bewirken.

Sonstige Reste- und Rückbiere sollten aufgrund mikrobiologischer Sicherheit im Heißbereich der Brauerei verschnitten werden. Dazu wurden Untersuchungen zur Dosage von Restebieren zum Würzekochen bzw. in den Whirlpool durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass die Dosage zur Würzekochung vor allem aufgrund zu hoher Verdampfungsverluste (Aromastoffe, Ethanol) und damit einer schlechteren wirtschaftlichen Effizienz nicht zu empfehlen ist. Besser ist die Dosage in den Whirlpool. Um die Verdampfungsverluste allerdings gänzlich zu unterbinden,

empfiehlt es sich, diese Restebiere in die Ausschlagleitung vor dem Würzekühler zu dosieren. Dabei gilt es allerdings, die notwendigen Pasteurisationseinheiten zu beachten, um eine ausreichenden mikrobiologische Sicherheit zu gewährleisten. Die Versuche im Pilotmaßstab zeigten, dass vor allem die sensorischen Qualitätsmerkmale (Verkostung, Schaum) durch eine Zugabe von Reste- und Rückbieren negativ beeinflusst werden können. Die darauf aufbauenden großtechnisch durchgeführten Versuche konnten diese Ergebnisse bestätigen, wobei hier allerdings keine negativen Auswirkungen auf die Schaumstabilität der fertigen Biere festgestellt werden konnten.

Allgemeines zur Verwertung von Reste- und Rückbieren in der Brauerei

Die bei der Bierproduktion anfallenden Reste- und Rückbiere (Überschusshefe aus Gär- und Lagerkeller, Vor- und Nachläufe aus der Filtration, Ausschübe zwischen Produktionsabteilungen, Abspritzbiere aus der Füllerei, unterfüllte Gebinde, Rückbiere) bleiben auch heutzutage teilweise ungenutzt und belasten die Umwelt. Gerade die in der Vergangenheit verschärfte gesetzlichen Maßnahmen im Bereich des Wasserhaushaltsgesetzes und des Abwasserabgabengesetzes zwingen die Brauereien, die Reste- und Rückbiere anderweitig zu verwerten, als nur der Kanalisation zu übergeben.

Ein weit verbreitetes Konzept zur Verwertung von Reste- und Rückbieren in der Brauerei sah vor, die anfallenden Biere in einem Puffertank zu sammeln. Nach Erreichen eines ausreichend großen Volumens wurden diese Biere als letzte Charge über einen Kieselgur- und Sterilfilter filtriert. Nach einer Sterilisierung über einen Kurzzeiterhitzer kann das Bier in einer separaten Restebierabteilung im Gär- oder Lagerkellerbereich gesammelt werden. Das Bier wurde mit rund 20% Kräusengabe ($V_s = 40\%$) verschnitten, um den Sauerstoffgehalt zu minimieren und eventuell gebildete Alterungscarbonyl zu reduzieren. Nach einer Lagerung von bis zu drei Wochen wurden die Biere mit einem Anteil von 5-10% zum Originalbier beigedrückt (1). Diese Behandlungsweise weist eine Reihe von Nachteilen auf. Der größte Nachteil dürfte dabei vor allem der lange Zeitraum bis zum Erreichen eines ausreichend großen Volumens im Restebierpuffertank sein. Dieser Zeitraum kann in kleineren und mittelständischen Betrieben teilweise mehrere Wochen in Anspruch nehmen. Dabei sind insbesondere der mikrobiologische Zustand als auch die möglicherweise entstandene Sauerstoffbelastung der Biere als kritisch zu betrachten. Nachdem diese Biere dabei mindestens einmal thermisch behandelt werden müssen, besteht die Gefahr, dass, bedingt durch autoxidative Prozesse, Alterungscarbonyl gebildet werden. Diese Alterungscarbonyl (z.B. Strecker-Aldehyde) sind in äußerst geringen Konzentrationen, teilweise im sub-ppb-Bereich, sensorisch wahrnehmbar und haben damit maßgeblichen Einfluss auf den Alterungsgeschmack des Bieres (2, 3, 4, 5).

Vor allem die teilweise sehr langen Zeiträume zur Sammlung der Reste- und Rückbiere mit den damit verbundenen Problemen erfordern eine Änderung der Technologie der Reste- und Rückbierwirtschaft in den kleinen und mittelständischen Brauereien.

Darstellung der Ergebnisse

Hefebierrückgewinnung

Die Hefesuspension kann im Wesentlichen durch die beiden mechanischen Verfahrenstechniken der Sedimentation und der Filtration in ihre beiden Bestandteile Hefe und Bier getrennt werden. Um die natürliche Sedimentation zu beschleunigen und das Trennergebnis zu verbessern, werden in diesem Bereich heutzutage vor allem Teller- und Dekantierzentrifugen eingesetzt. Bei den Filtrationstechniken wurde neben den etablierten Techniken der Cross-Flow-Mikrofiltration (CMF) in neuerer Zeit die sog. Vibrations-Mikrofiltration (VMF) eingeführt. Die Funktionsweisen der Anlagen sind in der einschlägigen Literatur beschrieben (6, 7, 8, 9, 10, 11).

Qualitative Aspekte der Hefebierrückgewinnung

Die Qualität des wiedergewinnbaren Hefebieres wird einerseits durch das Rückgewinnungsverfahren beeinflusst. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit großtechnischen Anlagen haben jedoch gezeigt, dass dieser Einfluss gering gehalten werden kann. Viel entscheidender ist der Einfluss der physiologische Zustand der Hefesuspension vor der Aufbereitung. Hier spielen vor allem die Parameter *Zeit* und *Temperatur* eine wichtige Rolle. Ferner kommt natürlich dem Grundzustand der Hefesuspension, wie sie von der Gärung bzw. von der Lagerung kommt, eine große Bedeutung zu.

Untersuchungen zur Physiologie der Hefesuspensionen

Die Physiologie der Hefesuspension wurde anhand der Parameter Hefevitalität (intracellulärer pH-Wert (ICP)) und Hefeviabilität (Methylenblau-Färbung) bestimmt. Dazu wurden sowohl ober- als auch untergärrige Hefen über einen Zeitraum von zehn Tagen bei Temperaturen von 0, 4 und 10°C aufbewahrt. Als Vergleich diente eine frisch geerntete Hefe. Abb. 1 zeigt exemplarisch die Verschlechterung des Zustandes einer untergärrigen Hefesuspension. Die Werte für die Hefevitalität und Hefeviabilität sind nach 10 Tagen bei 0°C und 4°C noch akzeptabel, wohingegen bei einer Lagerzeit von 10 Tagen bei 10°C sich der physiologische Zustand deutlich verschlechterte.

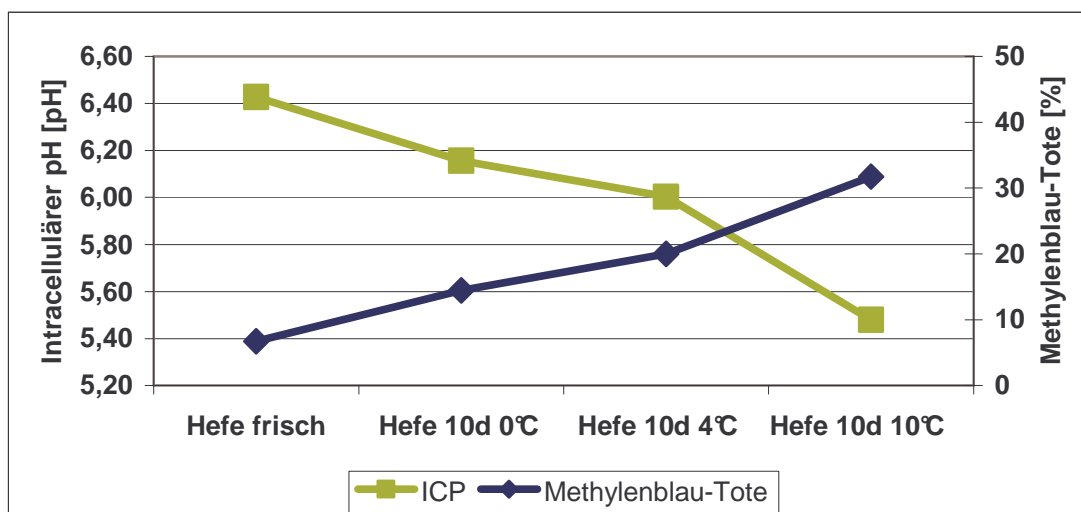


Abb. 1. Physiologischer Zustand der untersuchten Hefesuspensionen

Analyse von Hefebier mittels Aromaextraktverdünnungsanalyse

Um einen Überblick über die Veränderungen im Aromaspektrum der Hefebiere durch die Lagerung zu erhalten, wurden die Aromastoffe rein qualitativ durch eine Aromaextraktverdünnungsanalyse (AEVA) bestimmt (12). Ziel dieser Analyse ist es, diejenigen Aromastoffe zu identifizieren, die am stärksten zum Aroma eines Produktes beitragen. Die Aromaextrakte werden mittels Gaschromatographie getrennt und die aufgetrennten Aromastoffe werden sowohl über einen Detektor als auch einen Sniffing-Port sensorisch erfasst. Als Detektor diente ein Massenspektrometer. Die Identifizierung der Aromastoffe erfolgte über Vergleich der Massenspektren mit Referenzdaten aus einer Datenbank und durch Injektion der Referenzsubstanzen und Vergleich der Retentionszeiten. Die Hefebiere wurden aus den oben beschriebenen Hefesuspensionen durch Zentrifugation gewonnen. Aus der Hefesuspension, die 10 Tage bei 4°C gelagert wurde, wurde keine Analyse durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Aromastoffe mit ihren Flavor-Dilution-Faktoren (FD-Faktoren) und den zugeordneten Aromaeindrücken, die in den Hefebieren identifiziert wurden.

Tabelle 1. FD-Faktoren der Aromastoffe in den untersuchten Hefesuspensionen, die sich während der Versuchsphase am stärksten verändert haben (A = Vergleich, B = 10d 0°C, C = 10d 10°C)

Aromastoff	FD-Faktor			Geruch
	A	B	C	
Butansäure	32	64	128	nach Erbrochenem
3-Methylbuttersäure	4	128	64	käsige/schweissig
2-Methylbuttersäure	4	8	128	käsige/schweissig
5,5-Dimethyl-2(5H)-Furanon	4	8	128	käsige/süßlich
Heptanol	4	8	16	Kartoffel
Hexansäure	2	64	32	käsige/fruchtig
Octansäure	64	128	256	Bratapfel
Decansäure	<2	<2	16	fruchtig
Ethylbutanoat	32	128	128	fruchtig
2-Furanmethanol	4	128	64	fruchtig/süßlich
unbekannt	<2	32	128	fruchtig
Ethylhexanoat	32	4	4	Eisbonbon/fruchtig
Ethyl octanoat	16	128	32	fruchtig

Vor allem die kurz- und mittelkettigen Säuren (Buttersäure, 2-/3-Methylbuttersäure und Octansäure) tragen wesentlich zu einem teilweise unangenehmen Aroma der Hefebiere bei. Die Ergebnisse der AEVA dienen als Vorlage zur Entwicklung eines spezifischen Verkostungsschemas für Hefebiere.

Entwicklung einer Profilprüfung für Hefebiere

Ausgehend von den Ergebnissen der AEVA wurden folgende flüchtige und nicht-flüchtige Aromattribute in das Verkostungsschema aufgenommen:

<u>Aromaattribut</u>	<u>chemische Verbindung</u>
§ Grüner Apfel / stechend	Acetaldehyd
§ Käsig / schweissig	2-/3-Methylbuttersäure
§ Fruchtig / blumig	2-Phenylethanol / Linalool
§ Süßlich / malzig	3-Methylbutanol
§ Fruchtig / Eisbonbon	Ethylhexanoat / Isoamylacetat
§ Säuerlich	Buttersäure
§ Alkoholisch	Ethanol
§ Lösungsmittelartig	Ethylacetat
§ Erdig / kartoffelartig	Heptanol-1
§ Bitter	Hopfenextrakt

Für obergärige Hefebiere wird zusätzlich noch das Attribut „nelkenartig“ (4-Vinylguajakol) mit aufgenommen. Es zeigte sich, dass mit diesen gewählten Aromattributen eine Charakterisierung der Hefebiere sehr gut möglich war. Diese Profilprüfung wurde Hefebiere angewandt, die entsprechend des obigen Zeit- und Temperaturprogrammes behandelt wurden. Abb. 2 zeigt die Ergebnisse dieser Verkostungen.

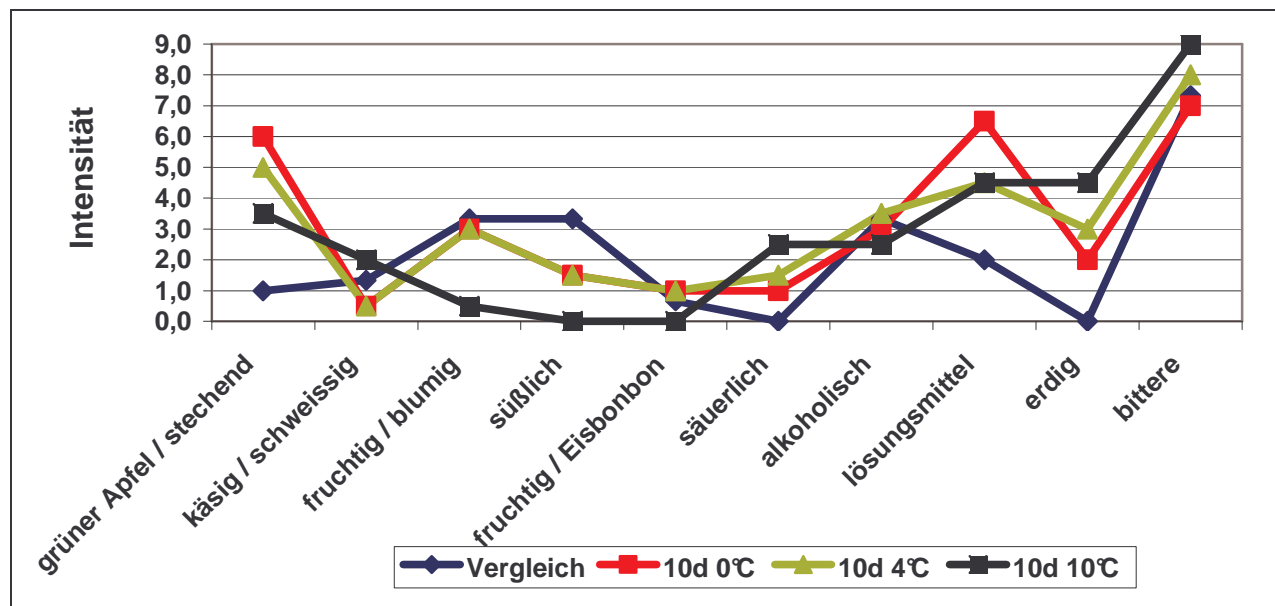


Abb. 2. Aromaprofil der untersuchten Hefebiere (0=nicht wahrnehmbar, 9=dominant)

Auffällig ist vor allem der Verlust der fruchtigen Noten unter gleichzeitiger Zunahme der säuerlichen, käsigen und lösungsmittelartigen Noten. Ebenfalls eine Zunahme durch die Lagerbedingungen erfuhren die erdigen Noten und die Intensität der Bittere. Die Intensität der Bittere ist vermutlich nicht nur durch Resorption von Hopfenbitterstoffen erhöht worden, sondern zu dem durch einen Beitrag von bitter schmeckenden Nucleosiden.

Analyse von Hefebier mittels klassischer Untersuchungsmethoden

Neben den hefephysiologischen und den sensorischen Untersuchungen wurden auch klassische chemisch-technische und gaschromatographische Analysen durchgeführt. Es zeigte sich, dass durch die Lagerung der Hefesuspensionen Reservekohlenhydrate der Hefe (Trehalose, Glykogen) zu Ethanol verstoffwechselt wurden. Dadurch können teilweise unnatürlich hohe Stammwürzegehalte erreicht werden. Die Stammwürze ist allerdings nur ein rechnerischer Wert, der sich aus dem Alkoholgehalt bestimmen lässt. Somit täuscht ein erhöhter Alkoholgehalt auch eine höhere Stammwürze vor. Einen Überblick über durchgeführte chemisch-technische Analysen gibt Tabelle 2.

Tabelle 2. chemisch-technische Analysen der untersuchten Hefebiere

Analyse	Vergleich	HB 10d 0°C	HB 10d 4°C	HB 10d 10°C
pH-Wert	6,1	5,7	5,9	6,2
Farbe [EBC]	6,5	6,0	6,7	9,1
FAN [mg/100ml]	13,3	21,9	24,9	43,7
Gesamtpolyphenole [mg/l]	162	175	187	279
Anthocyanogene [mg/l]	77	60	71	99
Proteinase A	+	++	+++	++

Vor allem bei höheren Temperaturen werden verstärkt die während der Gärung von den Hefezellen adsorbierten Würzeinhaltsstoffe freigesetzt. Dabei handelt es sich in erster Linie um phenolische Substanzen, die summarisch als Gesamtpolyphenole bzw. als Anthocyanogen gemessen werden konnten. Aber auch der Gehalt an freiem Aminostickstoff nahm deutlich zu. Dies ist einerseits durch Exkretion von niedermolekularem Stickstoff aus dem Zellinneren zu erklären. Andererseits werden durch die Aktivität der Proteinase A höhermolekulare Peptide zu niedermolekularen abgebaut und werden damit ebenfalls bei der Bestimmung des FAN erfasst. Die Zunahme der Farbe kann ebenfalls durch eine Resorption von an den Hefezellen gebundenen Melanoidinen begründet werden. Dies konnte auch durch eine Zunahme des Reduktionsvermögens, bei dem überwiegend Melanoidine erfasst werden, nachvollzogen werden (Daten nicht dargestellt).

Die gaschromatographischen Analysen bestätigen im Wesentlichen die Ergebnisse der sensorischen Untersuchungen und der Ergebnisse der AEVA. Als Leitsubstanz für die Hefealterung konnte das Heptanol-1 identifiziert werden. Heptanol-1 verleiht dem Bier in höheren Konzentration einen dumpfen, erdigen, kartoffelartigen Geruch. Die leichtflüchtigen Ester nehmen bis auf Essigsäure-Heptylester in ihren Gehalten ab. Es wird vermutet, dass das gebildete Heptanol-1 in den korrespondierenden Acetat-Ester umgewandelt wird, da die tendentiellen Änderungen der Konzentrationen dieser beiden Aromastoffe parallel verlaufen.

Die Vielzahl der einzelnen Analysenergebnisse macht es allerdings schwierig, eine eindeutige Interpretation der Ergebnisse zuzulassen. Aus diesem Grund wurde eine spezielle statistische Auswertung auf Basis der Hauptkomponentenanalyse vorgenommen. Die Hauptkomponentenanalyse ist eine statistische Technik zur Untersuchung von Beziehungen zwischen Variablen bei multivariaten Daten. Datencluster repräsentieren dabei hohe positive Korrelationen zwischen diesen Daten. In Abb. 3 ist die Hauptkomponentenanalyse für die untersuchten Hefebiere dargestellt.

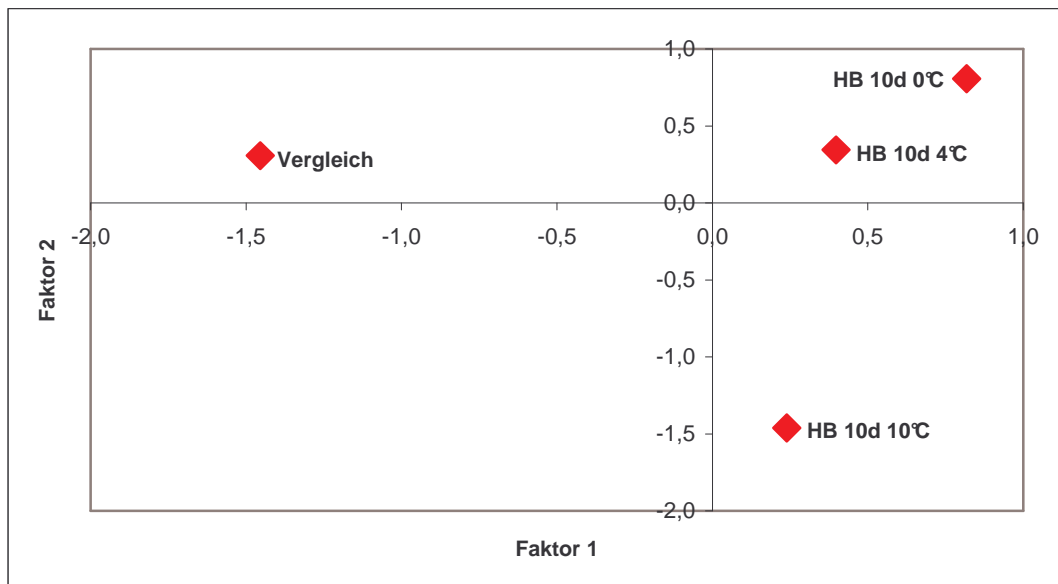


Abb. 3. Hauptkomponentenanalyse für die untersuchten Hefebiere

Wie aus Abb. 3 zu ersehen ist, liegen die Punkte für HB 10d 0°C und HB 10d 4°C sehr eng zusammen. Dies bedeutet, dass die analytischen Daten dieser beiden Biere sehr ähnlich sind. Ferner kann erkannt werden, dass sich diese beiden Biere vom Vergleichshefebier im Wesentlichen im Faktor 1 unterscheiden. Faktor 1 wird am stärksten beeinflusst durch Änderungen im Bereich der höheren aliphatischen Alkohole, vor allem Heptanol-1. Das Bier, welches aus einer Hefesuspension gewonnen wurde, welche 10d bei 10°C aufbewahrt wurde, unterscheidet sich zusätzlich vom Vergleichshefebier durch Faktor 2. Faktor 2 repräsentiert im Wesentlichen Änderungen im Bereich der kurz- und mittelkettigen Fettsäuren, vor allem 3-Methylbuttersäure und Decansäure.

Schlussfolgerungen aus den Versuchen zur Betrachtung des Einflusses des Aufbewahrungszeitraumes auf die Qualität des Hefebieres

Wie aus den Versuchen hervorgeht, wird die Qualität des wiedergewinnbaren Hefebieres durch unsachgemäße Aufbewahrung vor der Verarbeitung entscheidend verschlechtert. Vor allem die höheren aliphatischen Alkohole, die kurz- und mittelkettigen Fettsäuren und die Aktivität der schaumnegativen Proteinase A werden dadurch stark erhöht. Im Gegensatz dazu verschwinden die angenehmen Esteraromen fast gänzlich. Lediglich Ethylacetat (lösungsmittelartiges Aroma) wird vermutlich aus Acetaldehyd gebildet und nimmt in seiner Konzentration sehr stark zu. Aus diesen Versuchen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen, die für die Aufbereitung der Hefesuspensionen und die anschließende Dosage des gewonnenen Hefebieres zu berücksichtigen sind:

- § Möglichst rasche Verarbeitung der Hefesuspensionen
- § Aufbewahrung bei Temperaturen < 4°C
- § Kurzzeiterhitzung des Hefebieres vor allem zur Inaktivierung der Proteinase A
- § Dosage des gewonnenen Hefebieres zu einer Anstellwürze

Wirtschaftliche Betrachtungen zur Hefebirrückgewinnung

In einer Brauerei fallen zwei Liter Hefe pro hl Verkaufsbier an. Dies bedeutet z.B. für eine Brauerei mit einem Jahresausstoß von 500.000 hl eine Hefemenge von 10.000 hl. Abhängig vom Rückgewinnungssystem können Bierausbeuten von bis zu 75% erreicht werden. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die untersuchten Rückgewinnungssysteme und die dabei erzielten Ausbeuten.

Die Bestimmung des Wirkungsgrades der Anlage bzw. die Berechnung der Ausbeute an Hefebier werden nach folgenden Gleichungen berechnet.

$$W = 100 \cdot \left[1 - \frac{c_{v,ab}}{c_{v,ein}} \right] \quad \text{Gleichung 1: Wirtschaftlichkeit}$$

$c_{v,ab}$ = Feststoffvolumen im Ablauf [Vol.-%]
 $c_{v,ein}$ = Feststoffvolumen im Einlauf [Vol.-%]

Die Bestimmung des Wirkungsgrades erfolgte nur bei Zentrifugentechniken, da bei Membrananlagen im Ablauf kein Feststoff enthalten ist.

$$A = \left(\frac{TS_{DS} - TS_{ein}}{TS_{DS} - E_w} \right) \quad \text{Gleichung 2: Ausbeute}$$

TS_{DS} = Trockensubstanz im Dickstoff [mas.-%]
 TS_{ein} = Trockensubstanz im Einlauf [mas.-%]
 E_w = wirklicher Extrakt des Bieres [mas.-%]

Tabelle 2: Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der untersuchten Anlagen

Parameter	Sedimentation	Dekantier-Zentrifuge	Teller-Zentrifuge	Cross-Flow-Mikrofiltration
Wirkungsgrad [%]	-	~ 100	~ 100	-
Trockenrückstand Zulauf [%]	8-12	8-16	8-16	8-12
Trockenrückstand Hefekuchen [%]	18-20	25-28	25-28	18-20
Ausbeute [%]	~ 65	~ 75	~ 75	~ 60
Automationsgrad	niedrig	hoch	hoch	hoch

Wie Tabelle 2 zeigt, besitzen die Zentrifugen-Techniken deutliche Vorteile bei der Ausbeute gegenüber der natürlichen Sedimentation und auch gegenüber den

Membranverfahren. Die natürliche Sedimentation ist auch aufgrund des niedrigen Automationsgrad nur bedingt zu empfehlen.

Die Amortisation von Hefebierrückgewinnungsanlage liegen in einen Bereich zwischen drei und vier Jahren. Um die Amortisationszeiten zu verkürzen und damit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, können die Hefesuspensionen mit entgastem Wasser verdünnt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer sog. *Diafiltration*. Diese Diafiltration ist vergleichbar mit dem Anschwänzen beim Läuterprozess. Darüber hinaus ergibt sich durch die Verfahrensweise gerade für den Betrieb von Zentrifugen (Tellerzentrifugen, Dekantierzentrifugen) die Möglichkeit, die zugeführte Feststoffmenge exakt einzustellen. Dies ist wichtig im Sinne einer effektiven Trennung von Hefe und Hefebier, da Zentrifugen sehr empfindlich auf unterschiedliche Feststoffgehalte im Zulauf reagieren. Abb. 4 gibt einen Überblick über die wirtschaftliche Bedeutung der Effekte der Diafiltration bei der Hefebierrückgewinnung.

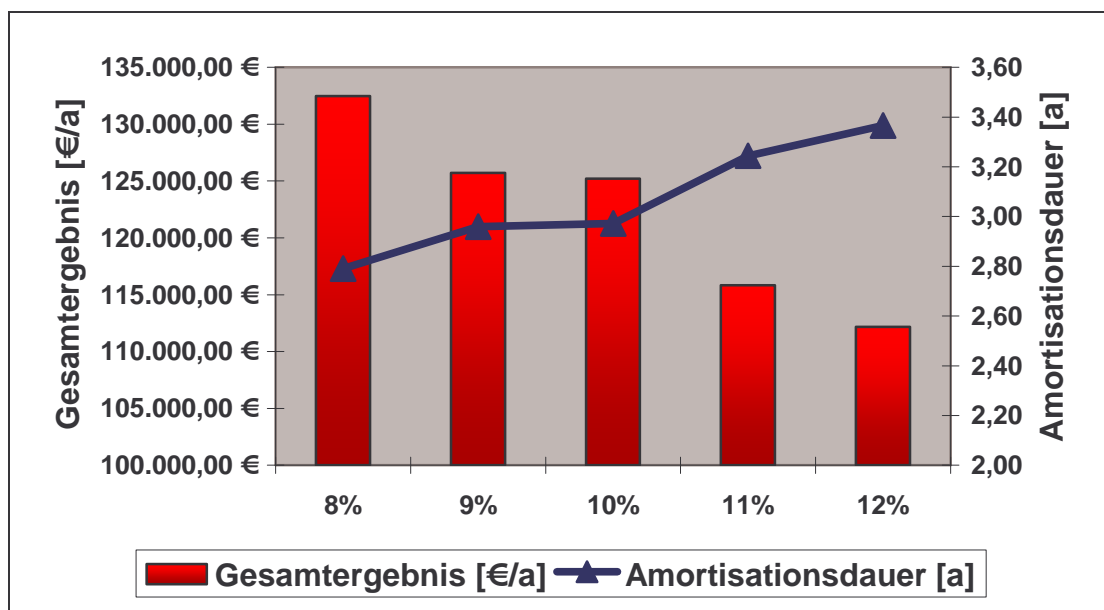


Abb. 4. wirtschaftliche Bedeutung der Diafiltration bei der Hefebierrückgewinnung

Aus Abb. 4 wird ersichtlich, dass durch die Verdünnung der Hefesuspension mit entgastem Wasser die Amortisationszeit für die Rückgewinnungsanlage um etwa ein halbes Jahr verkürzt werden kann. Diese Annahme gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, dass keine neue Wasserentgasungsanlage installiert werden muss. Aufgrund der Tatsache, dass die Brauereien die Versorgung der Bierfiltration mit entgastem Wasser bewerkstelligen, ist davon auszugehen, dass nur eine Änderung in der Rohrleitungsführung und der Automatisierung der Vorratstanks für das entgaste Wasser bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse berücksichtigt werden müssen.

Verwertung von Reste- und Rückbieren im Brauprozess

Zugabe von Restebieren im Sudhausbereich im Pilotmaßstab

Eine Erhebung unter 36 Brauereien hat ergeben, dass die anfallenden Reste- und Rückbiere überwiegend im Heißbereich dosiert werden. Es wurden daher im Pilotmaßstab als auch großtechnisch Untersuchungen dazu durchgeführt. Reste- und Rückbiere wurden dabei mit einem Volumen von 10% sowohl direkt zur Würzekochung (10 Minuten vor Kochende) dosiert als auch als Vorlage in den Whirlpool gegeben.

Hinsichtlich der Aromastoffzusammensetzung der Würzen mit Restbieranteil waren durch den Biereintrag höhere Konzentrationen an höheren Alkoholen zu verzeichnen. Der Verlust an Aromasubstanzen bedingt durch Verdampfung und durch Trubausscheidung zeigte die erwartete Tendenz bezüglich des Zugabezeitpunktes. Durch Zusatz in der Würzpfanne trat eine höhere Abnahme auf. Der Effekt der Würzevorkühlung durch Vorlage von Restbier im Whirlpool sollte in einer geringere „thermische“ Belastung der entsprechenden Würzen resultieren. Dies konnte nur bedingt in den beiden letzten Sudreihen durch Abnahme der Streckeraldehyde und des 2-Furfurals bestätigt werden. Auf die Filtrierbarkeit der Würzen hatte die Verwendung von Rück- beziehungsweise Hefebier wohl keinen Einfluss. Zwar wurden tendenziell schlechtere spezifische Filtratvolumen im Labor gemessen, was jedoch wahrscheinlich auf den höheren Alkoholgehalt der Würzen zurückzuführen ist, der die Messung beeinflusste.

Bemerkbar machte sich die Restbiergabe im Alkoholgehalt und der Stammwürzekonzentration, die umso niedriger ausfielen, je früher die Zugabe erfolgte. Unterschiede zeigten sich auch im Gehalt an phenolischen Substanzen. Die Konzentration an Anthocyanogenen und Gesamtpolyphenolen bewegte sich bei den Bieren mit Restbieranteil auf einem niedrigeren Niveau. In diesem Zusammenhang steht auch die längere kolloidale Stabilität dieser Biere im Gegensatz zu den Vergleichsbieren.

Eindeutig erkennbar war die Verschlechterung der Schaumstabilität sowohl beim Zusatz der Rückbiere als auch bei der Zugabe des Hefebieres. Gerade bei letzterem fiel die Schaumverschlechterung am stärksten aus (vgl. Abb. 5).

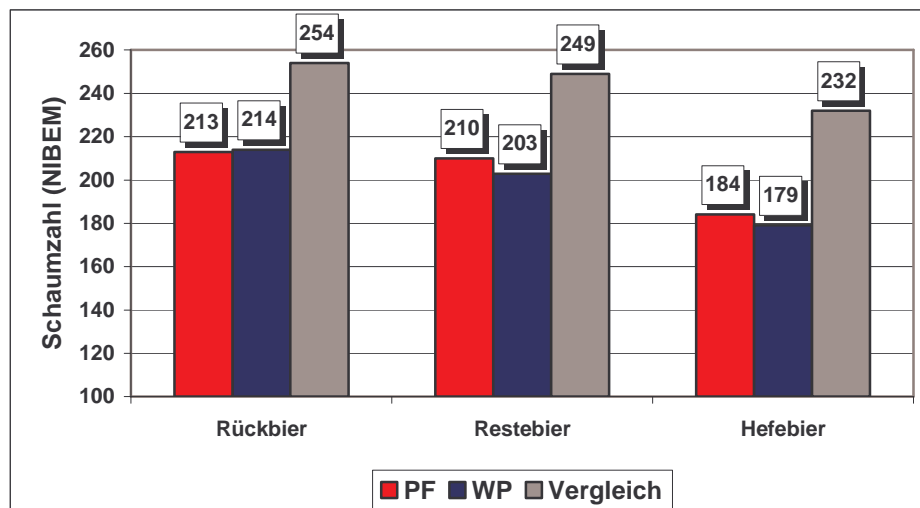


Abb. 5. Einfluss der Restebierzugabe im Sudhausbereich auf die Schaumstabilität

Der Restbierzusatz resultierte in einer Verminderung der Konzentration an kurzkettigen Fettsäuren wie Isovaleriansäure und Hexansäure. Bei den Esterverbindungen sank der Gehalt an Ethylacetat, wobei eine frühere Zugabe zu geringeren Werten führte.

Da bei jeder Brauerei der Verkauf der Produkte im Vordergrund steht, spielen unabhängig von den objektiven Analysedaten die Geschmackseindrücke, die die Biere beim Konsumenten hervorrufen, die entscheidende Rolle. Dazu wurden die Biere einer Verkostung nach dem Schema der DLG, einer Alterungsverkostung nach Eichhorn sowie einer Rangordnungsprüfung unterzogen. Bei der DLG-Verkostung sowie bei der Alterungsverkostung schnitten sowohl die frischen als auch die forciert gealterten Biere mit Restbieregabe im Whirlpool am schlechtesten ab, wobei diese Tendenz bei den forcierten Bieren am deutlichsten zu Tage trat. Besonders die Biere, die unter Verwendung des Hefebieres produziert wurden, fielen in ihrer Bewertung und Akzeptanz im gealterten Zustand deutlich ab. Eine eindeutige Bevorzugung konnte nicht festgestellt werden (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3. Signifikanztest für die Ergebnisse der Alterungsverkostung nach Eichhorn

1. Sudreihe		frisch		forciert	
		gew. Note	Akzeptanz	gew. Note	Akzeptanz
PF - V.		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
WP - V.		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	sign.
PF - WP		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
2. Sudreihe		frisch		forciert	
		gew. Note	Akzeptanz	gew. Note	Akzeptanz
PF - V.		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
WP - V.		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
PF - WP		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.
3. Sudreihe		frisch		forciert	
		gew. Note	Akzeptanz	gew. Note	Akzeptanz
PF - V.		nicht sign.	nicht sign.	sign.	sign.
WP - V.		nicht sign.	nicht sign.	sign.	sign.
PF - WP		nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.	nicht sign.

nicht sign. = nicht signifikant PF = Zugabe in Pfanne
 sign. = signifikant WP = Zugabe in Whirlpool
 gew. Note = gewichtete Note V = Vergleich

Zugabe von Restebieren im Sudhausbereich großtechnischen Maßstab

Die Pilotversuche wurden auch in den Praxismaßstab übertragen, um zu überprüfen, in wie weit ein Scale-Up die Ergebnisse beeinflusst. Allerdings wurde die Dosagemenge den Praxisgegebenheiten angepasst um somit auf 5% v/v reduziert. Die Zusammensetzung der Würze aromastoffe war nahezu identisch mit den Ergebnissen der Pilotversuche. Allerdings konnte hier der Effekt der Würzevorkühlung anhand einer geringeren Konzentration der beiden thermischen Indikatoren *2-Furfural* und *2-Acetyl-Furan* sowohl in der Würze als auch im fertigen Bier beobachtet werden. Dies äußert sich in günstigeren Werten bei der Bestimmung der Alterungskomponenten. Kein Unterschied wurde im Bereich der Alkoholgehalte und der Stammwürze in den fertigen Bieren festgestellt. Ähnlich wie auch bei den Pilotversuchen wurden die Gehalte an Gesamtpolyphenolen und Anthocyanogenen durch die Zugabe von Restebier reduziert. Dies äußerte sich in einer verbesserten kolloidalen Stabilität dieser Verschnittbiere. Unauffällig dagegen verhielten sich die Ergebnisse der Schaumhaltbarkeit. Hier konnten im Gegensatz zu den Pilotversuchen keine Unterschiede gemessen werden. Auch sensorisch waren die Verschnittbiere vergleichbar mit den Vergleichsbieren. Sowohl bei der DLG- und der Alterungsverkostung nach Eichhorn als auch beim Dreieckstest wurden keine Unterschiede unter Berücksichtigung der Konfidenzintervalle ($P=0,95$) beobachtet.

Schlussfolgerungen aus den Versuchen der Zugabe von Restebieren im Sudhausbereich

Es zeigte sich, dass die Dosage von Restebieren im Sudhausbereich eine echte Alternative zu der bisherigen Verfahrensweise des Sammelns und Verschneidens im Lagerkellerbereich für mittelständische Brauereien darstellt. Es wird dadurch nicht nur der Prozessaufwand verringert, sondern gleichzeitig können möglicherweise auch technologische Vorteile gewonnen werden (geringere thermische Belastung der Würze, verbesserte kolloidale Stabilität der fertigen Biere). Einschränkend muss erwähnt werden, dass durch die Zugabe von Restebier in die Würzefanne bzw. als Vorlage in den Whirlpool erhebliche Mengen an Ethanol verdampfen bzw. über den Heißtrub aus der Würze entfernt werden und damit die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahrensweise negativ beeinflusst wird. Abhilfe kann hier eine Dosage von Restebieren in die Ausschlagleitung vor dem Würzekühler schaffen (vgl. Abb. 6). Zu berücksichtigen ist, dass durch die Dosage die Temperatur der Heißwürze gesenkt wird.

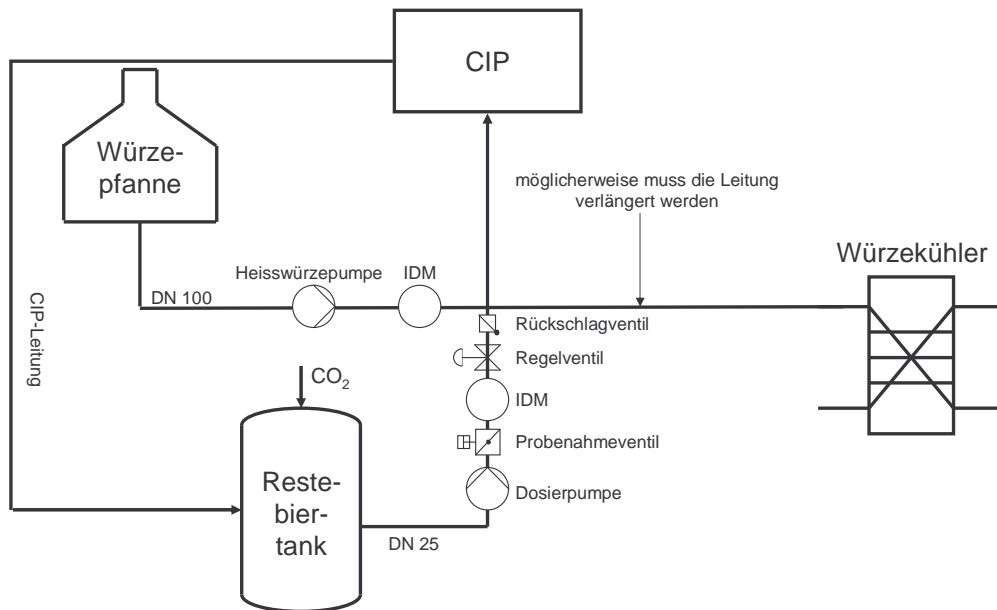


Abb. 6. schematische Ansicht der Restebierdosage in die Heißwürzeleitung

Um dennoch eine ausreichende mikrobiologische Sicherheit zu gewährleisten, ist darauf zu achten, dass die notwendigen Pasteureinheiten entsprechend über eine ausreichende Heißhaltezeit erreicht werden. Diese Verfahrensweise hat den Vorteil, dass durch die druckseitige Dosage der Restebiere keine flüchtigen Verbindungen entweichen können und somit auch keine Verluste diesbezüglich zu verzeichnen sind.

Literatur

- (1) NARZISS, L. (1979): Die Verwertung von Nebenprodukten in der Brauerei, in: Brauwelt, Heft 19: 640.
- (2) NARZISS, L., MIEDANER, H., GRAF, H. (1985): Carbonyle und Alterung des Bieres – Analytik (Teil 1), in: Monatsschrift für Brauwissenschaft, Heft 10: 396-402.
- (3) NARZISS, L., MIEDANER, H., GRAF, H. (1985): Carbonyle und Alterung des Bieres - Einfluss einiger technologischer Parameter (Teil 2), in: Monatsschrift für Brauwissenschaft, Heft 12: 472-477.
- (4) NARZISS, L., MIEDANER, H., EICHHORN, P. (1999): Untersuchungen zur Geschmackstabilität des Bieres, in: Monatsschrift für Brauwissenschaft, Heft 3/4: 49-57 und Heft 5/6: 80-85.
- (5) NARZISS, L., MIEDANER, H., LUSTIG, S. (1999): Das Verhalten flüchtiger Aromastoffe bei der Alterung des Bieres, in: Monatsschrift für Brauwissenschaft, Heft 9/10: 164-175.
- (6) HANSEN, N. L. (2001): From Filter Presses over Centrifuges to Cross Flow and Vibrating Membrane Filtration, in: MBAA Technical Quarterly, 38 (2), 115-121.
- (7) COLESAN, F., PATERSON, S. (1999): Bierrückgewinnung aus Überschusshefe mit dem Flottweg-Sedicanter, in: Brauwelt, 8, 300-302.
- (8) HANSEN, N. L. (1989): Recovery of Beer from Surplus Yeast by Membrane Filtration, in: MBAA Technical Quarterly, 26, 8-13.
- (9) POTGIETER, D., PARSOTAM, R., PERRY, M. (1996): Extract recovery from surplus yeast, in: MBAA Technical Quarterly, 32 (2), 110-114.
- (10) SCHNEIDER, J., WEISSER, H. (2000): New technology for beer recovery from spent yeast, in: MBAA Technical Quarterly, 37 (4), 477-481.
- (11) METHNER, F.-J., PETERS, U., STETTNER, G., LOTZ, M., ZIEHL, J. (2004): Untersuchungen zur Bierrückgewinnung aus Überschusshefe, in: Brauwelt, 17, 470-474.
- (12) SCHIEBERLE, P. (1991): Primary odorants of pale lager beers, in: Z. Lebensm. Unters. Forsch., 193: 558-565.

Liste der Veröffentlichungen

Neben den alljährlichen Vorträgen im Rahmen des Technologischen Seminars, das vom Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I organisiert wird, wurden auf folgenden Veranstaltungen Vorträge gehalten:

54. Arbeitstagung des Bundes Österreichischer Braumeister und Brauereitechniker, Bludenz (A), September 2004.

32nd Brewing and Malting Conference, Pilsen (Cz), Oktober 2004.

In folgenden Beiträgen wurden / werden Teilergebnisse des Forschungsprojektes veröffentlicht:

Schneeberger, M., Krottenthaler, M., Back, W. (2004): Hefesuspensionen. Der Einfluss der Aufbewahrungsbedingungen der Hefesuspension auf die Qualität des darin enthaltenen, wiedergewinnbaren Hefebieres, In: Brauwelt, Heft 38: 1148-1151.

Lange, R., Schneeberger, M., Krottenthaler, M., Back, W. (2004): The effect of storage of surplus yeast on the quality of recoverable yeast beer, Poster Präsentation World Brewing Congress 2004, San Diego (USA).

Schneeberger, M., Krottenthaler, M., Back, W. (2005): The effect of storage of surplus yeast on the quality of recoverable yeast beer, in: MBAA Tech. Quart., in Vorbereitung.