

Einfacher Schnelltest zum Nachweis bierschädigender Organismen

WERTVOLLES WERKZEUG | Zur Routine in der Brauerei zählt die stetige Überwachung der Sauberkeit des Betriebes. Wichtiger Bestandteil des Hygienemonitorings sind mikrobiologische Untersuchungen. Von Brauereianlagen und deren Umgebung werden Tupferproben kultiviert, die je nach Keimdruck unterschiedlich schnell Trübungen oder Farbumschläge in den Kulturmedien zeigen. Weiterführende Analysen dieser Proben erfordern sehr viel Erfahrung und sind häufig ungenau. Hilfreich zur Beurteilung schwieriger Proben könnte ein Schnelltest sein, bei dem PCR-Produkte über einen Teststreifen nachgewiesen werden, der ähnlich einem Schwangerschaftsteststreifen funktioniert.

ZU DEN MIKROBIOLOGISCHEN Standardanalysen einer Brauerei zählt die Überwachung des allgemeinen Hygienezustandes der gesamten Abfüllanlage und deren Umfeld. Dabei werden zu definierten Zeitpunkten an verschiedensten, vor allem

kritischen Stellen Abstriche mit sterilen Tupfern genommen und diese anschließend in einem unselektiven Nachweismedium bei $27 \pm 1^\circ\text{C}$ inkubiert. Bei diesem Nachweismedium handelt es sich in den meisten Fällen um NBB-B-AM (Döhler GmbH, Darmstadt). Aufgrund der relativ niedrigen Selektivität des Mediums können

Spurenkontaminationen verschiedenster Bakterien und Hefen in Kultur nachgewiesen werden. Deshalb findet sich in solchen Anreicherungen ein umfassendes Keimspektrum wieder. Über die Mikroskopie lassen sich nur begrenzt Identifizierungen aus den Anreicherungen vornehmen, da diese Methodik selbst mit großer Erfahrung aufgrund der biologischen Diversität in einer solchen Probe häufig nicht genau ist.

Eine weiterführende, selektive Kultivierung stellt ebenfalls eine Möglichkeit zur Eingrenzung der kontaminierenden Keime dar, kostet aber erneut wertvolle Zeit und ist in der Praxis damit eher unpraktikabel. Das heißt, über diese Art des Hygienemonitorings kann zwar eine Aussage über den Keimdruck an bestimmten Stellen der Anlage getroffen werden, aber eine exakte Aussage zu angereicherten Organismengruppen oder gar zu deren Produktschädlichkeit ist auf herkömmlichem Wege nur mit höherem Aufwand möglich.

Eine Möglichkeit zur weiterführenden Analytik können molekularbiologische Nachweissysteme sein. Besonders die PCR



Autoren: André Breitbach (Foto), Institut für Pflanzenphysiologie, Martin-Luther-Universität (MLU), Halle-Wittenberg; Prof. Dr.-Ing. Fritz Jacob, Dr.-Ing. Mathias Hutzler und Jennifer Koob, Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, TU München, Freising

ÜBERSICHT DER ETABLIERTEN NACHWEISE*

Nachweise	detektiert werden u.a. ...
BS** <i>Lactobacillus</i> sp. - <i>Pediococcus</i> sp.- Screening	<i>L. brevis</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. backi</i> , <i>L. paracollinoides</i> , <i>L. lindneri</i> , <i>P. damnosus</i> , <i>L. rossiae</i>
<i>Megasphaera</i> sp. - <i>Pectinatus</i> sp. - Screening	<i>M. cerevisiae</i> , <i>M. sueciensis</i> , <i>P. cerevisiiphilus</i> , <i>P. frisingensis</i> , <i>P. haikarae</i>
Hopfenresistenz-Screening	vorrangig hopfentolerante <i>Lactobacillus</i> sp. und <i>Pediococcus</i> sp.
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>

* Hellbraun hinterlegt sind die Nachweissysteme, die im Zuge dieser Studie verwendet wurden. Zukünftig stehen weitere Spezies-spezifische Nachweise auf der Agenda (*L. lindneri*, *L. backi*, *L. casei*, *L. rossiae*, *P. damnosus*).

** BS steht für bierschädigend; nicht bierschädigende Sauergutbakterien, wie z.B. *L. delbrueckii* und *L. amylolyticus*, werden nicht erkannt.

Tab. 1

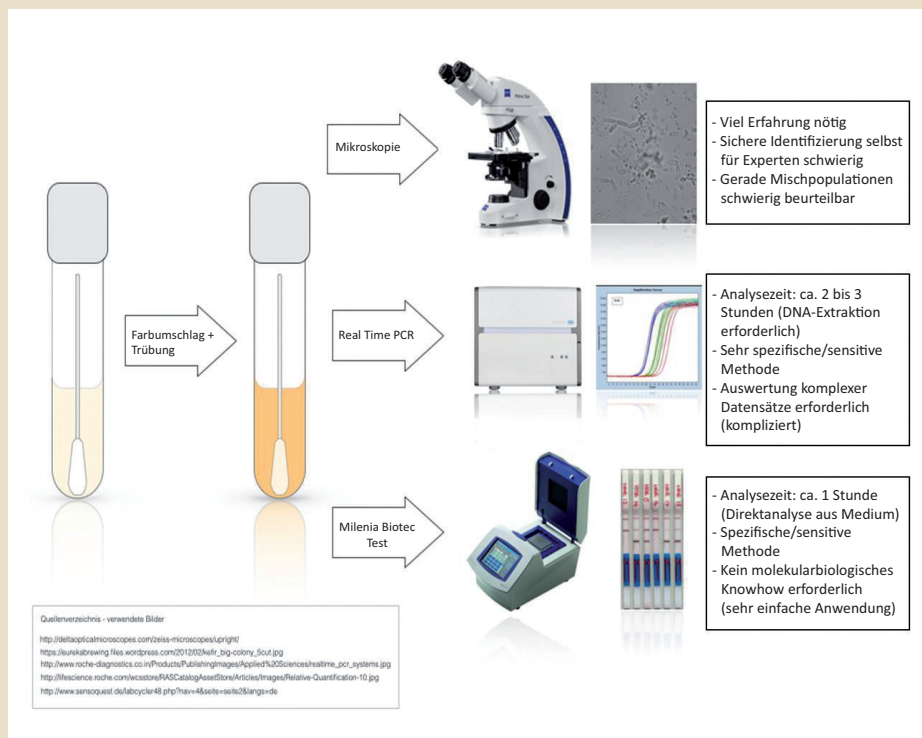


Abb. 1 Darstellung der Arbeitsschritte in der Praxisstudie: Wischproben wurden in einem unselektiven Anreicherungsmedium inkubiert; bei Farbumschlag bzw. Trübung wurden die Proben mikroskopiert, via RT-PCR analysiert und parallel mit dem Milenia Biotec Test untersucht

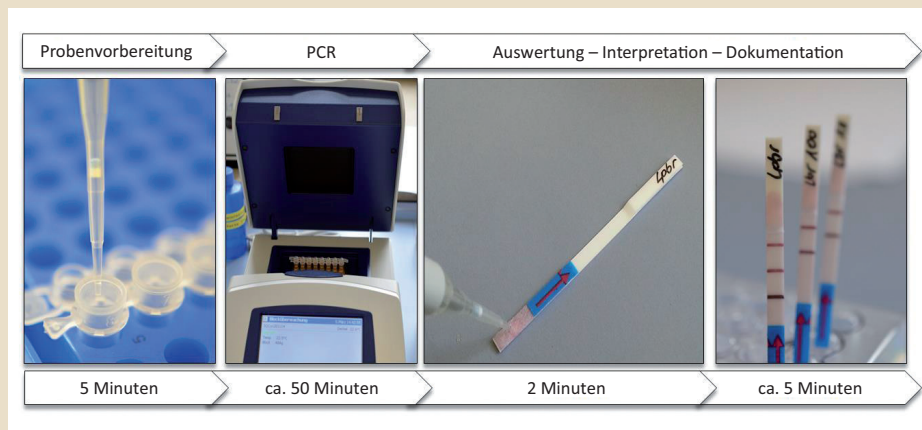


Abb. 2 Die Abarbeitung des alternativen Schnelltests gliedert sich in die Probenvorbereitung, Reaktion im Thermocycler (PCR) und Auswertung über die Teststreifen. In einer Gesamtanalysezeit von etwa einer Stunde können relevante Proben untersucht werden

(polymerase chain reaction) kann hier ein sehr nützliches Werkzeug sein. Diese Reaktion ist eine sehr genaue und sensitive Methode, um bestimmte Organismen/Organismengruppen oder sogar organismenspezifische Eigenschaften nachzuweisen.

Im Falle des hier beschriebenen Hygienemonitoring-Prozesses macht ein PCR-basierter Screening-Test auf bierschädigende *Lactobacillus* sp. und *Pediococcus* sp. Sinn, weil zahlreiche Keime dieser Gattungen tatsächlich produktschädigendes Potenzial haben und sich relativ früh in entsprechenden Biofilmen etablieren können.

Praxisstudie

Im März 2015 wurde in einer Partnerbrauerei, die in den Sommermonaten 2014 erhebliche Probleme mit bierschädigenden Bakterien hatte, durch das Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität der TU München (TUM FZW BLQ) der mikrobiologische Status der gesamten Anlage analysiert. Dabei wurden zu definierten Zeitpunkten an potenziell kritischen Stellen über 100 Wischproben genommen und diese anschließend in zwei Nachweismedien, NBB-B-AM und alkoholfreies Weizenbier + MIB (micro inoculum

broth) + Cystein-Hydrochlorid (Abkürzung: AfWB + MIB), inkubiert. War nach drei Tagen ein Farbumschlag bzw. eine Trübung in den Anreicherungen erkennbar, wurde diese Probe am Forschungszentrum sowohl mikroskopisch als auch molekularbiologisch analysiert. Bei der PCR-basierten Referenzmethode handelte es sich um ein publiziertes Real-Time PCR-System nach Brandl [1], mit welchem auf bierschädigende *Lactobacillus* sp. und *Pediococcus* sp. ein Gruppennachweis (Screening) durchgeführt wird. Die Bezeichnung dieses Real-Time PCR-Referenzsystems nach Brandl lautet sLP600. Am Markt sind auch verschiedene kommerzielle Real-Time Screening-Systeme für bierschädliche Bakterien verfügbar. Einige dieser Systeme lassen die zusätzliche Identifizierung von Einzelpezies zu. Hierbei erfolgt in der Regel eine Schmelzkurvenanalyse und/oder eine Multiplex-Auswertung in verschiedenen Fluoreszenzkanälen. In der vorliegenden Studie wurde als Referenz der publizierte Screening-Nachweis nach Brandl ohne komplexe Schmelzkurvenanalyse verwendet.

Parallel zum Referenzsystem wurden potenziell kritische Proben in verblindeter Form mit dem Milenia Biotec PCR-Schnelltestsystem auf die Anwesenheit bierschädigender *Lactobacillus* sp. und *Pediococcus* sp. getestet. Hinter diesem Testsystem verbirgt sich ebenfalls eine PCR, die anschließend über einen Antikörper-basierten Teststreifen einfach und schnell ausgewertet wird.

Im Zuge dieser Praxisstudie kam neben dem Screening-Test auf bierschädigende *Lactobacillus* sp. und *Pediococcus* sp. ein zweiter Screening-Test zum Einsatz. Bei diesem Test wird die Eigenschaft der Mikroorganismen, Hopfenbitterstoffe zu tolerieren, nachgewiesen. Verfügen die getesteten Mikroorganismen über das entsprechende Genset, um Hopfenbitterstoffe effektiv aus der Zelle auszuschleusen, so ist dies ein aussagekräftiger Indikator für die Fähigkeit der Keime, tatsächlich im Bier wachsen zu können. Dieser Test gibt somit Aufschluss über das produktschädigende Potenzial des detektierten Keims. Abbildung 1 zeigt die in der Studie verwendeten Nachweissysteme im Überblick.

Kombination aus PCR und „Schwangerschaftstest“

Die meisten kommerziell verfügbaren PCR-basierten Nachweissysteme für bierschädigende

ÜBERSICHT DER ANALYSIERTEN PROBEN MIT DEM *LACTOBACILLUS-PEDIOCOCCUS*-SCREENING*

Analysenergebnisse TUM FZW BLQ

Nr.	Mikroskopie	Real Time PCR (sLP 600, Brandl 2006)	Milenia Test
54	Milchsäurebakterien, Kurzstäbchen, Hefe	–	–
55	Milchsäurebakterien, Hefe, Schimmel	+	+
57	Kurz-/Langstäbchen, Hefe	+	+
58	Hefe	–	–
59	Hefe	–	–
60	Kurzstäbchen, Hefe	–	+
79	Kurz-/Langstäbchen, Hefe	–	–
80	Kurz-/Langstäbchen	–	–
82	Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich	+	+
91	Milchsäurebakterien Kurz-/Langstäbchen, Schimmel	+	+
92	Kurzstäbchen z.T. beweglich, Schimmel	–	–
93	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich, Hefe	+	+
95	Kurz-/Langstäbchen	–	–
96	Kurz-/Langstäbchen, wenig Hefe	–	–
97	Kurz-/Langstäbchen, Hefe, Schimmel	–	–
103	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
104	Kurz-/Langstäbchen, Hefe	–	–
105	Kurz-/Langstäbchen, Hefe	+	+
6	wenig Hefe	–	–
30	Hefe	–	–
32	Hefe	–	–
33	Hefe	–	–
34	Hefe	–	–
35	Kurzstäbchen	–	–
38	Hefe	–	–
40	Hefe	–	–
49	Hefe	–	–
51	Hefe	–	+
53	Hefe	–	–
64	Hefe	–	–
74	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich	+	+
75	Kurz-/Langstäbchen	–	–
76	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich	–	–
78	Kurz-/Langstäbchen	–	–
81	Kurz-/Langstäbchen, Hefe	–	–
83	Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich	+	+
84	Kurz-/Langstäbchen	–	+
85	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, Hefe	+	+
86	Kurz-/Langstäbchen	–	–
87	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich, Hefe	+	+
88	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich, Hefe	–	–
89	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
90	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe, Schimmel	+	+
98	Kurzstäbchen, Schimmel	–	–
100	Kurzstäbchen	–	–
101	Kurz-/Langstäbchen	+	+
102	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
106	Kurzstäbchen, z.T. beweglich	–	–
107	Kurzstäbchen, Hefe	–	–
108	Kurzstäbchen, Hefe	+	+

* Probenbezeichnung mit Nr.-Code anonymisiert; hellbraun hinterlegt sind die Ergebnisse des Milenia Biotec PCR-Schnelltests. Dunkelbraun hinterlegt sind diskrepante Ergebnisse zur Real Time PCR (sLP 600, Brandl 2006). Ct-Wert steht für Threshold-Cycle und definiert innerhalb der RT-PCR genau den Zeitpunkt (Zyklus), in dem die Amplifikation der Zielsequenz in die exponentielle Phase übergeht

Tab. 2

ÜBERSICHT DER ANALYSIERTEN PROBEN MIT DEM HOPFENRESISTENZ-SCREENING*

Analysenergebnisse TUM FZW BLQ (Anwesenheit von Hor A oder Hor C Gen)

Nr.	Mikroskopie	Real Time PCR	Milenia Test
55	Milchsäurebakterien, Hefe, Schimmel	-	-
57	Kurz-/Langstäbchen, Hefe	+	+
82	Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich	-	-
91	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, Schimmel	+	+
93	Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
103	Milchsäurebakterien Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
105	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, Hefe	+	+
51	Hefe	-	-
74	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich	-	-
83	Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich	-	-
85	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, Hefe	+	+
87	Kurz-/Langstäbchen z.T. beweglich, Hefe	+	+
89	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
90	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe, Schimmel	+	+
101	Kurz-/Langstäbchen	-	-
102	Milchsäurebakterien, Kurz-/Langstäbchen, z.T. beweglich, Hefe	+	+
108	Kurzstäbchen, Hefe	-	-

*Probenbezeichnung mit Nr.-Code anonymisiert; hellbraun hinterlegt sind die Ergebnisse des Milenia Biotec PCR-Schnelltests

Tab. 3

gende Organismen erfordern nicht nur molekularbiologisches Knowhow, sondern in der Regel auch PCR-Erfahrung. Bei diesen zumeist Real-Time-basierten Systemen ist eine zum Teil komplexe Interpretation von Schmelzkurven erforderlich, um bestimmte Mikroorganismen sicher identifizieren zu können. Nicht nur der finanzielle Aspekt, sondern auch die Komplexität, die mit einer solchen Methode einhergeht, stellt für viele Brauereien eine erhebliche Barriere in der Anschaffung dar.

Mit diesem Thema haben sich im Rahmen eines AiF-geförderten Projektes die Firma Milenia Biotec GmbH, Gießen, in Kooperation mit dem Forschungszentrum

Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität der TU München intensiv befasst. Hierbei wurde versucht, ein Werkzeug zu konzipieren, mit dem die Möglichkeiten der Molekularbiologie kleineren bis mittleren Brauereien auf einfache Art und Weise zugänglich gemacht werden. Dafür wurde das Primärziel einer möglichst einfachen Handhabung, die im entferntesten Sinne an die einfache Anwendung eines Schwangerschaftstests erinnert, verfolgt.

Wie funktioniert der Test?

Ziel war es, dass während der gesamten Abarbeitung des Tests die einfache Handhabung erhalten bleibt. Auch ohne mo-

lekularbiologisches Knowhow und ohne Hintergrundwissen zur Methodik „PCR“ sollte jeder Anwender in der Lage sein, diesen Test durchzuführen und auszuwerten. Die Abarbeitung des Nachweises ist deshalb denkbar einfach (Abb. 2).

In einem ersten Schritt wird der Reaktionsmix vorbereitet. Dafür werden zwei Lösungen in einem bestimmten Verhältnis vermischt und anschließend auf entsprechende Reaktionsgefäße verteilt. Anschließend erfolgt die Zugabe der zu analysierenden Probe.

Die eigentliche PCR erfolgt dann in einem sehr einfach zu bedienenden Thermocycler. Im Gegensatz zu der etablierten RT-PCR müssen mit diesem Gerät keinerlei Fluoreszenzen ausgelesen werden, was sich im Gerätepreis widerspiegelt. Nach etwa 60 Minuten kann die Auswertung beginnen. Hierbei wird ein Teil der Probe auf den Teststreifen gegeben und dieser anschließend senkrecht in einen Laufpuffer gestellt. Nach fünf bis zehn Minuten können die Ergebnisse abgelesen werden. Hierbei entscheidet schlicht das Vorhandensein von Testlinien, ob in der zu analy-

ERGEBNISSE DER DREI DISKREPANTEN PROBEN AUS DEM LACTOBACILLUS-PEDIOCOCCUS-SCREENING

Nr.	Mikroskopie	Sequenzierung
60	Kurzstäbchen, Hefe	<i>L. harbinensis</i>
51	Hefe	<i>L. rossiae</i>
84	Kurz- und Langstäbchen	<i>L. rossiae</i>

Tab. 4

sierenden Probe Bierschädlinge gefunden wurden oder nicht.

Für alle Nachweise ist die Abarbeitung identisch. Es ändert sich lediglich eine der Ausgangslösungen, die zu Beginn der Abarbeitung verwendet wird. Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über bereits etablierte Nachweise.

Die Nachweisführung selbst kann in den meisten Fällen direkt aus verschiedenen Medien heraus erfolgen. Eine DNA-Extraktion ist nicht erforderlich, im Gegensatz zu den etablierten Real-Time PCR-Systemen. Selbst hefehaltige Proben können bei Bedarf direkt analysiert werden. Im Falle der vorliegenden Studie erfolgte die Direktanalyse aus NBB-B-AM und AfWB + MIB, einem Spezialnährmedium des Forschungszentrums BLQ.

Ergebnisse

Insgesamt war in etwa 50 der über 100 Tupferproben eine Trübung bzw. ein Farbumschlag im Nachweismedium erkennbar. Genau diese 50 Proben wurden anschließend weiter analysiert. Es wurden sowohl mikroskopische als auch die beschriebenen molekularbiologischen Untersuchungen durchgeführt.

Über die Mikroskopie erfolgte eine Untergliederung der Zellen in Hefen, Schimmel, Kurz- und Langstäbchen, bewegliche Zellen und Milchsäurebakterien, wobei als Milchsäurebakterien typische Zellmorphologien von *Lactobacillus* sp., *Pediococcus* sp., *Lactococcus* sp. und *Leuconostoc* sp. gewertet wurden. In insgesamt 37 der 50 Proben wurden Kurz- bzw. Langstäbchen erkannt. Genaue Aussagen zur Spezies oder gar zur Gattung sind nur schwer möglich.

Die Real-Time PCR detektierte in 16 Proben eindeutig bierschädigende *Lactobacillus* sp. bzw. *Pediococcus* sp. Der Milenia Biotec PCR-Schnelltest hingegen wies in 19 Proben eindeutig bierschädigende *Lactobacillus* sp. und/oder *Pediococcus* sp. nach. Vergleicht man beide PCR-Methoden miteinander, so wird deutlich, dass der „Schwangerschaftsteststreifen“ alle 16 deutlich positiven Befunde der RT-PCR ebenfalls als positiv detektierte. Der Tabelle 2 lassen sich die Informationen bezüglich des *Lactobacillus-Pediococcus*-Nachweises entnehmen.

Die Information, ob sich in einer unselektiven Anreicherung potenziell bierschädigende *Lactobacillus*- bzw. *Pediococcus*-Spezies befinden, ist für eine Brauerei sehr

wertvoll. Jedoch ist die Information der Zugehörigkeit eines Keims zu einer phylogenetischen Gruppe (Gattung) in den meisten Fällen nicht sehr aussagekräftig in Bezug auf dessen Produktschädlichkeit.

Ein deutlich besserer Indikator für bierschädigendes Potenzial ist die Fähigkeit eines Keims, Hopfenbitterstoffe in seinem Medium zu tolerieren. Dafür sind entsprechende Bakterien auf spezielle Gene angewiesen, die sie befähigen, Xenobiotika (Fremdstoffe) effektiv über spezielle Transportsysteme aus den Zellen auszuschleusen. Durch diese Fähigkeit (u. a.) können sich diese Mikroorganismen an das Medium Bier adaptieren und sogar darin wachsen. Über einen weiteren Screening-Test wurden übereinstimmend positive Befunde aus dem *Lactobacillus-Pediococcus*-Screening zusätzlich auf das Vorhandensein von Hopfenresistenzgenen untersucht (HOR-Screening). Auch hier stand ein am Forschungszentrum BLQ entwickeltes in-house RT-PCR-System als Referenz zur Verfügung. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse dieser Analysen zusammengefasst. Aus dieser Untersuchung ging hervor, dass es keine Abweichungen zwischen den beiden Testsystemen gab. Zehn der 17 analysierten Proben beinhalteten Bakterien, die über entsprechende Hopfenresistenzgene verfügen. Das heißt, an zehn Stellen der Anlage wurden Organismen gefunden, die das Endprodukt potenziell schädigen können.

Diskrepanzanalyse

Im Gegensatz zum Hopfenresistenz-Screening gab es im *Lactobacillus-Pediococcus*-Screening insgesamt drei abweichende Resultate. Hierbei wurden die Proben 60, 51 und 84 durch den Milenia Biotec PCR-Schnelltest als positiv identifiziert, wobei diese durch den Referenz-Assay sLP600 nach Brandl nicht als positiv eingestuft wurden.

Aufgrund der Diskrepanz wurden diese Proben einer weiterführenden Analyse, der Sequenzierung des PCR-Produktes aus dem Milenia Biotec PCR-Schnelltest, zugeführt (Ergebnisse s. Tab. 4).

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass der Milenia Biotec PCR-Schnelltest kein falsch positives Ergebnis generiert hat. In den Proben 51 und 84 wurde die Spezies *Lactobacillus rossiae* (klassischer Weißbierkeim) erkannt. Und in Probe 60 wurde *Lactobacillus harbinensis*, ebenfalls ein potenziell bierschädigendes Milchsäurebakterium, detektiert. Diese beiden Keime zählen nicht zum Zielspektrum des Screenings sLP600, da zu dem entsprechenden Entwicklungszeitpunkt weder *L. rossiae* noch *L. harbinensis* als potenziell bierschädliche Bakterien bekannt waren.

Zusammenfassung

Der Milenia Biotec PCR-Schnelltest erbrachte weitestgehend identische Ergeb-

VIERFELDERTAFEL – VERGLEICHENDER ÜBERBLICK ZU DEN RESULTATEN DES *LACTOBACILLUS-PEDIOCOCCUS*-SCREENINGS UND DES HOR-SCREENINGS*

		Milenia (LB-PC-Screen)		Summe	
		+	-		
RT-PCR (sLP 600, Brandl 2006)	+	16	0	16	Konkordanzindex 0,91
	-	3	31	34	
Summe		19	31	50	
		Milenia (HOR)		Summe	
		+	-		
RT-PCR (TUM FZW BLQ Hor A oder) Hor C Gen)	+	10	0	10	Konkordanzindex 1
	-	0	7	7	
Summe		10	7	17	

* Zusätzlich angegeben ist der errechnete Konkordanzindex (0,81-1 entspricht einer „fast vollständigen Übereinstimmung“ der zu etablierenden Methode gegenüber der Referenzmethode)

Tab. 5

nisse wie die Referenz-Testsysteme. Das *Lactobacillus-Pediococcus*-Screening von Milenia Biotec konnte drei Proben mehr als kontaminiert identifizieren als das entsprechende Referenzsystem. Das entwickelte Nachweisverfahren zur Einstufung der Produktschädlichkeit über die Detektion von Hopfenresistenzgenen erzielte identische Ergebnisse wie der Referenztest. Hier gab es in 17 analysierten Proben keine Abweichungen (s. Tab. 5).

Anhand der generierten Daten wird deutlich, dass sich sowohl das *Lactobacillus-Pediococcus*-Screening als auch das Hopfenresistenz-Screening als alternative Werkzeuge für die Detektion bierschädigender Mikroorganismen in Hygieneproben eignen. Durch die einfache Handhabung und simple Auswertung

kann diese Methode auch kleineren und mittelgroßen Brauereien die Möglichkeit eröffnen, Hygieneproben hinsichtlich ihres Schadpotenzials genauer einzustufen. Zusammenfassend wurde anhand dieser Studie gezeigt, dass die PCR-Analytik eine wichtige Rolle im Hygienemanagement einnehmen kann. Das hier vorgestellte Nachweissystem kann an vielen Punkten der mikrobiologischen Stufenkontrolle greifen und bietet auch kleineren Brauereien die Chance, die Molekularbiologie als wertvolles Werkzeug in der Routine nutzen zu können.

■ Danksagung

Das Vorhaben KF2271416MD3 wurde über die AiF im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Weiterhin gilt den Personen ein Dank, die durch dieses Vorhaben gefördert wurden und wichtige Beiträge zur Projektentwicklung leisteten: Dr. Gertrud Eberle-Adamkiewicz, Susanne Mauracher, Lena Bender, Dr. Ralf Dostatni (alle Milenia Biotec, Gießen), Siglinde Huber (TUMFZW BLQ). ■

■ Quelle

1. Brandl, A.: „Entwicklung und Optimierung von PCR-Methoden zur Detektion und Identifizierung von brauereirelevanten Mikroorganismen zur Routine-Anwendung in Brauereien“, Dissertation TU München, Freising-Weihenstephan, 2006.