

Ein Pilz, der Großes zu leisten imstande ist

Die Gärung ist ein Paradebeispiel für Multitasking, bei dem die Hefe wachsen, Ethanol produzieren und verschiedene Aromen kreieren muss. Aber wie schafft sie es, alle diese Anforderungen hinsichtlich Geschmack und Ertrag zu erfüllen? Einen Einblick in die mikroskopische Welt dieses bemerkenswerten Pilzes gewährt Dr. Heinz Weinberger.

Whisky beginnt mit Getreide. Neben dem Getreide gibt es jedoch einen stillen Partner, der eher selten erwähnt wird, aber ebenso einflussreich ist: die Hefe. Beim Maischen wird die Stärke im Getreide in Zucker umgewandelt und erscheint so auf dem Speiseplan der Hefe. Die Gärung ist der entscheidende Schritt in einer Brennerei – hier entsteht der Alkohol. Denn die Hefe ist ein zuckerfressendes, dabei Kohlendioxid- und Ethanol-ausscheidendes Lebewesen. Hefen gehören zur Klasse der Schlauchpilze (Ascomyceten), welche die größte Gruppe der Pilze darstellen. Zu den einfachsten Formen der Ascomyceten zählt die Bier- oder Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae*. Sie ist nicht nur die Hauptfigur im Bierbrauprozess, sondern spielt auch eine zentrale Rolle in anderen biotechnologischen Industrien, wie Brot backen, Herstellung von alkoholischen Getränken, Feinchemikalien, Enzymen und Bioethanol.

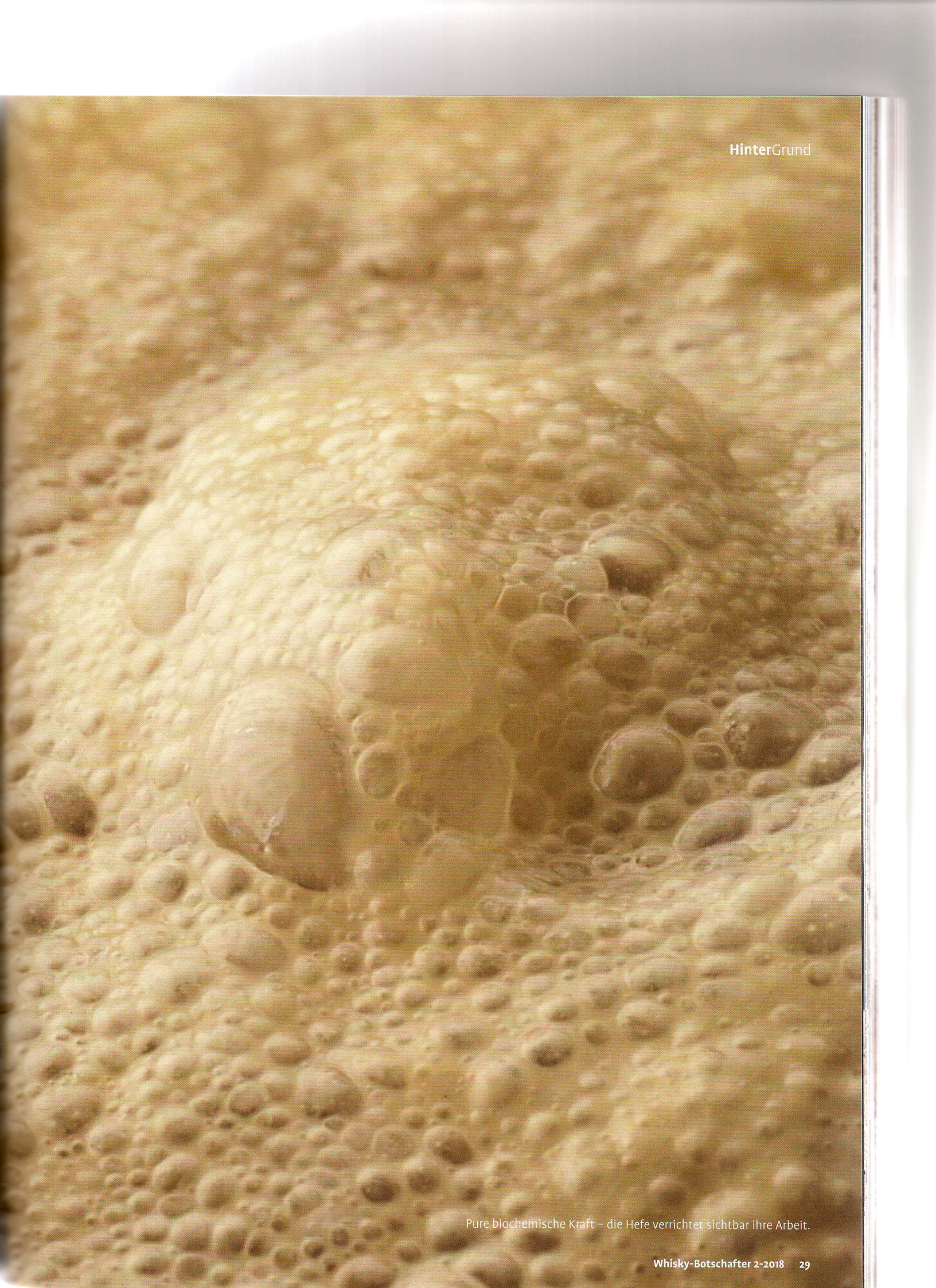
Atmung und Gärung

Die biologische Bestimmung der Hefe ist es, sich zu teilen. Als einzig lebender Mikroorganismus kann Hefe die dafür benötigte Energie sowohl durch Atmung als auch durch Gärung gewinnen. Sie ist in der Lage, Zucker in Gegenwart von Sauerstoff (aerobe Bedingungen), aber auch unter dessen Ausschluss (anaerobe Bedingungen) zu verwerten. Bei der Anwesenheit von Sauerstoff „veratmet“ Hefe Zucker zu Kohlendioxid (CO₂) sowie Wasser und gewinnt dabei diejenige Energie, die sie für den Aufbau neuer Zellen und somit zum Wachstum benötigt. Stoppt man jedoch die Luftzufuhr, so schaltet die Hefe ihren Stoffwechsel auf das Notprogramm Gärung um.

Die Gärung hilft der Hefe, lebensfeindliche Zeiten zu überbrücken. Unter Sauerstoffmangel wird letztlich Glucose unvollständig zu Alkohol – genauer gesagt: zu Ethanol – und CO₂ umgesetzt.

Verschiedene Phasen der Gärung

Während der Gärung gibt es drei kritische Hauptphasen: die Lag-Phase, die Log-Phase und die stationäre Phase. Gibt man Hefe in die abgekühlte Würze, so gewöhnt sie sich in der sog. Verzögerungsphase (engl.: lag-phase) zunächst an ihre neue Umgebung. Hier besitzt die Hefe bereits eine intensive biochemische Aktivität, indem sie mit der Bildung von notwendigen Enzymen beginnt. Nach der ersten Zellteilung nimmt die Teilungsrate kontinuierlich zu. Die Hefe beginnt, die geringe Menge an gelöstem Sauerstoff in der Würze zu verbrauchen. Im Wesentlichen aber gewinnt sie die für die Zellteilung notwendige Energie durch die Verstoffwechselung von Zucker. Der erste Zucker auf der Speisekarte der Hefe ist Glucose. Sie beginnt, begrenzte Mengen an Alkohol (hauptsächlich Ethanol) und verschiedenen Aromastoffen zu bilden, deren Produktion in der anschließenden Log-Phase (größtes Hefewachstum) exponentiell zunimmt. Hierbei verstoffwechselt sie zunehmend größere Zucker: zunächst Maltose (bestehend aus zwei miteinander verbundenen Glucose-Einheiten), dann Maltotriose (drei Glucose-Einheiten). Neben Ethanol werden auch komplexere Alkohole (sog. Fuselöle) gebildet, die darüber hinaus von der Hefe in den letzten Phasen der Gärung mit Säuren weiter zu Ester – Verbindungen mit oft ausgeprägtem fruchtigem Charakter – umgesetzt werden können. Mit fortschreitender Gärung sieht sich die Hefe jedoch mit



HinterGrund

Pure biochemische Kraft – die Hefe verrichtet sichtbar ihre Arbeit.

einer steigenden Alkoholkonzentration, einem Mangel an Nährstoffen und einem immer höheren Anteil an Säure in der Würze konfrontiert. In der stationären Phase bleibt die Anzahl der Hefezellen zunächst konstant, bevor deren Sterblichkeitsrate die Geburtenrate übersteigt und dann exponentiell verläuft. Stirbt die Hefezelle ab, sinkt sie zu Boden und lysiert. Dabei lösen sich ihre Zellwände auf und ihr aromareicher Zellinhalt (Enzyme, Amino- und Fettsäuren) wird an die Würze abgegeben.

Bedingungen

Die Hefe ist ein erstaunlich widerstandsfähiger Organismus. Jedoch können Stressfaktoren wie Alkohol, Temperatur und Säuren die Vitalität und Lebensfähigkeit der Hefe erheblich beeinflussen. Eine sorgfältige Auswahl der jeweiligen Hefesorte und die genaue Beachtung der Wachstumsbedingungen sind daher der Schlüssel zu einer erfolgreichen Gärung. So ist der richtige Säuregehalt der Würze von Bedeutung. Die Hefe bevorzugt ein leicht saures Milieu, wobei ihr optimaler pH-Wert zwischen 5,0 und 5,2 liegt. Das Hefewachstum ist stärker und die Alkoholproduktion verläuft schneller und effizienter, wenn die Würze eine gute Versorgung mit Stickstoff aufweist. Die Hefe verwendet den Stickstoff, der aus dem Abbau von Gerstenproteinen gewonnen wird, um ihrerseits Eiweiße und Enzyme herzustellen. Ebenso spielen Mineralien aus dem Maischwasser und der Gerste eine wichtige Rolle. Co-Faktoren wie Calcium, Magnesium, Kalium, Eisen, Kupfer und Zink sind unentbehrlich für die Funktion dieser Enzyme und somit für die Aktivität und ein optimales Wachstum der Hefe. Während des Gärungsprozesses steigt die Temperatur in der Würze an. In Schottland erfolgt die Kontrolle der Gärung lediglich durch die Anpassung der Würze an eine geeignete Ausgangstemperatur (Pitching-Temperatur) – typischerweise von 16°C bis 19°C. Dies ist ausreichend, um eine maximale Temperatur von 32°C bis 35°C zu erreichen, die für eine effiziente Gärung notwendig ist. Die optimale Temperatur für das Hefewachstum ist in der Regel niedriger und liegt bei ca. 28°C.

Produkte der Gärung

Die aus der Hefe gewonnenen, aromatischen und geschmacksaktiven Verbindungen lassen sich grob als Ethanol, Kohlendioxid, Carbonylverbindungen (wie Aldehyde und Ketone), mittlere und höhere Alkohole (Fuselöle), Ester, Diketone, Glycerol, schwefelhaltige Verbindungen sowie Fettsäuren und organische Säuren auflisten. Ethanol und CO₂ bilden dabei die Hauptprodukte, die bei der Fermentation entstehen. Neben den Fuselölen Isoamylalkohol und Phenethylalkohol werden über 40 weitere Alkohole gebildet.

Diketone – wie Diacetyl und Pentan-2,3-dion – verleihen beide einen charakteristischen Geschmack, der als butterartig, toffeeartig bzw. als Butterscotch bezeichnet wird. Schwefelverbindungen entstehen u. a. durch die Verwertung schwefelhaltiger Aminosäuren und durch die Reduktion von Sulfatsalzen in der Würze/Maische. Die Bildung von Aromastoffen wird durch die Gärungstemperatur stark beeinflusst: Bei höheren Temperaturen entstehen weniger Ester und mehr höhere Alkohole.

Bakterienkonkurrenz

Die Hefe ist bei weitem nicht das einzige mikroskopisch kleine Wesen, welches bei der Gärung eine Rolle spielt. Über ihre Haftung auf der Oberfläche von gemälzter Gerste gelangen z. B. hitzebeständige Milchsäurebakterien (Laktobazillen) und auch Wildhefen in den Gärungsprozess. Auch das Reinigungsregime der Washbacks ist ein weiterer wichtiger Faktor für die Bakterienpopulation. Im Gegensatz zu Edelstahl sind Washbacks aus Holz schwerer zu reinigen; ihre Spalten stellen wahre Nistplätze für Bakterienkulturen dar. Fügt man nun die Hefe hinzu, um die Gärung zu beginnen, entsteht sogleich ein Konkurrenzkampf zwischen den Bakterien und der Hefe um die Zucker sowie Nährstoffe in der Würze. Infolge ihrer zahlenmäßigen Überlegenheit gewinnt die Hefe zunächst diese erste Runde. Nach ihrem Absterben – nach etwa 40 bis 48 Stunden – lysieren die Hefezellen und setzen verschiedene Nährstoffe in die Würze frei. Jetzt schlägt die Stunde der Bakterien, denen sich mit diesen Inhaltsstoffen eine perfekte Nahrungsquelle bietet. Lactobazillus ist ein Ethanol-verträglicher Bakterienstamm, der gut unter diesen Bedingungen wächst und gleichzeitig Milchsäure und Essigsäure produziert. Man bezeichnet die folgende Phase der Fermentation als *malolaktische Gärung*. Diese beiden Säuren gehen mit den von der Hefe gebildeten Alkoholen Reaktionen ein, bei denen aromatische Ester entstehen. Mit dem Hauptalkohol Ethanol bildet sich einerseits Milchsäureethylester, dessen Geruch angenehm mild ist und als fruchtig, cremig, an Kokosnuss erinnernd beschrieben wird, sowie andererseits Essigsäureethylester, der einen charakteristisch süßlich-fruchtigen, an Klebstoff erinnernden Duft besitzt, in größeren Konzentrationen jedoch als stechend empfunden wird. Milchsäurebakterien können die Komplexität erhöhen, hohe Konzentrationen von Schadorganismen jedoch zu verminderten Alkoholausbeuten und zur Bildung unerwünschter, atypischer Aromen führen.

Destillierhefen – Formen und Arten

Die vorherrschende Hefesorte, die weltweit bei der Herstellung von Spirituosen eingesetzt wird, basiert



auf einer kleinen Anzahl kommerzieller *S. cerevisiae*-Stämme, die in erster Linie aus einem Back-/Braueri-
 hefe-Erbe stammen. Für Scotch Whisky sind relativ
 wenige Stämme von *S. cerevisiae* tatsächlich im Han-
 del verfügbar, wie Distiller's M und MX Hefe (von
 Kerry Bio-Science), Pinnacle Hefe (von AB Mauri)
 und DistillMax Hefe (von Lallemant). Diese Destil-
 lierhefen sind in verschiedenen Formaten erhältlich,
 nämlich als Trocken-, Press- oder Rahmhefe. Aktive
 Trockenhefe (94-96% Trockengewicht) ist bereits bei
 Raumtemperatur sehr stabil und kann, bei zusätz-
 licher Kühlung (4-8°C), sogar bis zu 2 Jahre gelagert
 werden. Presshefe besitzt einen deutlich niedrigeren
 Trockensubstanzanteil von ca. 25-40%. Sie kommt
 meist als 20 kg Säcke in den Handel und ist bei etwa
 4°C 4 bis 6 Wochen haltbar. Flüssige Rahmhefe (15-
 20% Trockengewicht) wurde in den 1980er Jahren ein-
 geführt und weist bei ebenfalls erforderlicher Kühl-
 lagerung lediglich eine Stabilität von 14 Tagen auf.
 Im Gegensatz zu den beiden anderen Formen kann
 sie bereits ohne weitere Aufbereitung zur Gärung
 eingesetzt werden. Diese verschiedenen Formen der
 Hefen können einen subtilen Einfluss auf den Ver-
 lauf der Gärung und damit des Geschmacks haben.
 Hefen sollten zudem nur wenig verklumpen (flo-
 cken), da dies für eine bessere Zuckerverwertung und
 damit höhere Alkoholausbeute sorgt. Auch müssen
 sie eine gewisse Temperaturtoleranz aufweisen, ei-
 nen hohen Zuckergehalt in der Würze vertragen und
 in einer relativ alkoholreichen Umgebung weiter-
 arbeiten können.

Ausblick

Während die schottischen Brennereien derzeit wenige
 und sehr ähnliche Hefen verwenden und der Fokus
 auf der Alkoholausbeute liegt, herrscht in Amerika
 und Japan eine andere Philosophie vor. Hier ist man
 der Überzeugung, dass die Hefe einen wesentlichen
 Beitrag zur Bildung spezifischer Aromen leisten
 kann und man die Möglichkeiten einer jeden einzel-
 nen Zutat – Wasser, Getreide und Hefe – maximal
 ausschöpfen sollte. Mittlerweile gibt es in der schot-
 tischen Whiskyindustrie Bestrebungen, Hefestämme
 zu entwickeln, die sich für Würzen mit höherem Zu-
 ckergehalt, kürzere Gärzeiten und eine bessere Ver-
 wertung von höheren Zuckern besonders gut eignen.
 Bleibt zu hoffen, dass dabei auch die Aromaprofile
 der Hefen berücksichtigt und verschiedene Stämme
 untersucht werden, um auch die Geschmacksprofile
 zu verbessern.

FOTOS: DR. HEINZ WEINBERGER, AUFMACHER: HJSCHNEIDER/FOTOLIA

HELLYERS ROAD Distillery TASMANIA SINGLE MALT WHISKY



FERRAND DEUTSCHLAND GMBH

www.ferrand-spirits.de

Facebook/Instagram: FerrandDeutschland