

Jan Brücklmeier



BIER VERSTEHEN

Five white line-art icons of different beer glasses are arranged horizontally in the center of the cover. From left to right, they are: a tall, narrow pilsener glass; a tulip-shaped snifter glass; a standard beer mug; a shorter, wider snifter glass; and a large, traditional beer mug with a handle.

Sorten
.....
Verkostung
.....
Rezepte

Jan Brücklmeier

BIER VERSTEHEN

Sorten – Verkostung – Rezepte





Jan Brücklmeier

BIER VERSTEHEN

SORTEN

.....

VERKOSTUNG

.....

REZEPTE

WILLKOMMEN 9

Was dich erwartet 10

Die Brauerei

PROBIEREN KAM VOR DEM STUDIEREN 14**DIE GRUNDZUTATEN 15**

Wasser 15

Malz und andere Extraktlieferanten 17

Hopfen 22

Hefe 32

Andere Zutaten 42

DER BRAUPROZESS 45

Vom trockenen Korn zur flüssigen Würze 46

Von der Würze zum Bier 50

Bierkultur – Bier ist Kult(ur)

DER MENSCH UND DER SUFF 58

Genetische Anpassung an den Alkoholgenuss 58

DIE „BIER-WERDUNG“ 59

Das früheste Brauwesen 60

Vom Euphrat zur Isar 61

Bier in der deutschen Geschichte 62

TECHNIK, DIE BEGEISTERT – BIER UND FORTSCHRITT 70

Messen statt schätzen 70

Als das Malz sich das Rauchen abgewöhnte 71

Die Hefe verstehen lernen 72

ÜBER DEN TELLERRAND – ANDERE BIERKULTUREN 80

- Übersicht über die Bier- und Braukulturen 80
- Es braut sich was zusammen – Die Craftbier-Revolution 94
- Von Craftbier und Fernsehbir 96

BIERWIRTSCHAFT 99

- Reich gebraut 99
- Die Mär von der Brauidylle 99

GESCHMACKSSACHE 100

- Vom Trinken und Verkosten 100
- Mit der Nase schmecken? 100
- Aromawelten 104

ANNÄHERUNGSVERSUCHE 109

- Frische 109
- Lagerung 110
- Genusstemperatur 113
- Einschenken 114

Die Bierverkostung

**BIER VERKOSTEN – MANCHMAL ARBEIT,
IMMER VERGNÜGEN 118**

- Die sensorische Verkostung 118
- Die Bierprobe 123
- Hilfen zur Verkostung 129
- Bierfehler 137
- Bierqualität 153

Bierstile

BIER IST NICHT GLEICH BIER 170

- Ordnung muss (soll) sein! 172

UNTERGÄRIGE BIERE – LAGERBIERE 184

Was ist denn das? Bier fürs Ferienlager? 184

DUNKLE LAGERBIERE 187

Braunbier und Rotbier 189
Münchner Dunkel / Bayerisches Dunkel 193
Schwarzbier 199
Baltic Porter / Imperial Porter 201
Doppelbock 205

HELLE LAGERBIERE 210

Böhmisches Pils 212
Dortmunder Export 214
Deutsches Pils 217
Münchner Hell / Bayerisch Hell / Helles 220
Märzen 224
Bock 227

OBERGÄRIGE BIERE 231

Darwins Evolution und das Bier 231
Alt und doch so aktuell 231

OBERGÄRIGE GERSTENBIERE 232

Altbier oder Alt 232
Kölsch 235
Porter 239
British Pale Ale 243
Cream Ale 245
British India Pale Ale (IPA) 248
American India Pale Ale (AIPA) 252

OBERGÄRIGE BIERE MIT WEIZEN UND ANDEREN GETREIDE-ARTEN 258

Bayerisches Weißbier / Weizenbier 258
Wit / Bière blanche 263
Sahti 266
Piwo z Grodziska / Grätzer 269
Roggenbier 274

ALTERNATIV FERMENTIERTE BIERE 277

Lambic / Lambiek 277
Berliner Weisse / Berliner Weißbier 281

Gose	286
Rood Bruin / Vlaams Rood / Bière rouge	289
Kwas / Kwass / Quas / Kvass / KBac	292

Bierspaß 297

DIE BIERKÜCHE 298

Welches Bier für welches Rezept?	299
Braten mit Bier	299
Dünsten mit Bier	300
Backen mit Bier	301
Biermarinaden und Bierbeizen	302
Bierglasuren	302
Soßen mit Bier	302
Dips	303
Bierdressings	304
Biergelees und Biermarmeladen	305

FOODPAIRING 306

Zusammenbringen, was zusammengehört	306
Eheanbahnung – Wie plant man ein Pairing?	311
Hochzeitsplanung – ein Essen mit Bier planen	322

BIERCOCKTAILS 329

Größere Vielfalt, als man denkt	329
Mit Kreativität und Geschmack	331

SPASS AM BIER –

SPASS AM JOB 334

BJCP Beer Judge	334
Cicerone® Certification Program	335
Diplom Biersommelier®	335
Zu guter Letzt	337

Anhang

BRAUREZEPTTE 340

Kleine Anleitung zu den Rezepten 340

GLOSSAR 356

HILFREICHE TABELLEN 376

Platotafel nach Balling 376

Spundungstabelle 380

Zuckermenge für die Gärung 381

Alkoholtabelle in Bezug auf Stammwürze und Restextrakt 382

Vergärungsgrad 384

Bier und Kalorien 386

Umrechnung der Wasserwerte 387

Verkostungsbogen 388

Aromarad 390

GOOD TO KNOW 391

Einige hilfreiche Adressen im Internet 391

... und auch noch ein paar nützliche Bücher 392

DANKE! 393

VERWENDETE LITERATUR 394

Im Buch zitierte Gesetze 396

REGISTER 398

Willkommen

**„GIVE A MAN A BEER, WASTE AN HOUR.
TEACH A MAN TO BREW, AND WASTE A LIFETIME!“**

BILL OWEN (1914–1999), ENGLISCHER SCHAUSPIELER

Für Tina

Was haben die Berufe des Brauers, des Arzts und des Rechtsanwalts gemeinsam? Alle drei sind tolle Berufe, alle drei verlangen eine gehörige Portion Fachwissen, Sachverstand und Erfahrung. Was ich aber meine, bei allen drei Fachgebieten hat jeder Laie ein gewisses Basiswissen und fühlt sich berufen, mitreden zu können. Nicht falsch verstehen: Mir macht das Spaß, ich rede und diskutiere gerne mit meinen Mitmenschen. Allerdings muss ich auch sagen, dass das, was ich oft zu hören bekomme, leider häufig eher ins Reich der Fabeln und Märchen gehört und nicht unbedingt zum Brauwesen. Wobei die Craftbier-Bewegung durchaus dazu beigetragen hat, dass meine Mitmenschen, die nicht zufällig selber aus der Brauereibranche kommen, besser und besser informiert sind. Und genau da will ich ansetzen. Ich wollte ein Buch schreiben, in dem der begeisterte Biertrinker alles Wissenswerte in einem einzigen Buch zusammengefasst findet. Nun bin ich aber neben Biertrinker und Bier-Preisrichter vor allem Brauer und sehe natürlich Bier oft aus einer anderen Perspektive. Die soll hier im Buch auch nicht zu kurz kommen. Ich denke, der Brauer freut sich, wenn er im Buch Anmerkungen zu brautechnischen Grundlagen und Rezepte zu den Bierstilen findet, während es dem Nichtbrauer sicherlich eine weitere Dimension eröffnet, Bier zu verstehen. Das ist nämlich einer der großen Unterschiede zum Wein: Bei Wein hat vor allem die Traube und deren Herkunft einen sehr großen Einfluss auf das Produkt, während bei Bier der Brauprozess einen ähnlich starken Einfluss wie die eingesetzten Rohstoffe hat. Bier losgelöst vom Brauen zu verstehen ist also schwierig. Das Buch soll aber auch Spaß machen beim Lesen. Am besten zusammen mit einem passenden Bier.

Jon Brückner Gg6

WAS DICH ERWARTET

Ich habe lange über das Buch, den Titel und den Inhalt nachgedacht. Mein Wunsch war es, ein Buch zu schreiben, das die Faszination an Bier vermittelt, aber auch die Leidenschaft, die dahintersteckt. Dabei bin ich immer wieder darüber gestolpert, wie vielschichtig Bier doch ist. So vielschichtig, dass es manchmal schwer erscheint, eine allgemeingültige Definition zu finden, was Bier überhaupt ist.

Dieses Buch soll beides sein, ein Nachschlagewerk für all diejenigen, die sich schon lange für Bier interessieren, und eine Einführung in die wunderbare Welt des Bieres für all diejenigen, die dieses Lebensmittel neu (oder erneut) für sich entdeckt haben. Dabei soll es den Leser nicht mit Fachwissen erschlagen, aber demjenigen, der mehr wissen will, die Hintergründe liefern – wobei es jedoch absichtlich nicht allzu tief in die Chemie und Physik des Bierbrauens einsteigt. Dafür gibt es Bücher, die sich nur auf das Brauen fokussieren.

Wie schon bei der Begrüßung gesagt, wird Bier neben den Rohstoffen auch sehr stark von seinem Herstellungsprozess beeinflusst. Aus diesem Grund werde ich nicht nur die wichtigsten Rohstoffe, sondern auch die Vorgänge bei der Bierherstellung in ihren Grundzügen erklären. Wer allerdings eine detaillierte Anleitung zum Heimbrauen erwartet, wird enttäuscht werden. Der sollte sich mein erstes Buch „Bier brauen“, erschienen im Ulmer Verlag, zulegen. Wer jedoch bereits brauen kann, der wird auch mit dem vorliegenden Buch auf seine Kosten kommen. Und wer weiß, vielleicht wird ja auch der ein oder andere (Noch-)Nichtbrauer durch dieses Buch angesteckt und entdeckt dieses wunderbare Hobby für sich.

Haben wir sozusagen über das Handwerkszeug, die Rohstoffe und den Prozess gesprochen, ist es an der Zeit, auf die Bierstile einzugehen, die sich ja oft aufgrund von lokalen Gegebenheiten, aber auch durch

andere Einflüsse wie zum Beispiel Brauordnungen entwickelt haben. Ich will aber keine der typischen Stilesammlungen schreiben, denn davon gibt es bereits einige vorzügliche. Vielmehr habe ich mich auf diejenigen Stile beschränkt, die ich als wichtig in der Entwicklung des Brauwesens erachte. Ich habe aber auch Wert darauf gelegt, möglichst unterschiedliche Stile zu besprechen, um die Vielfalt dieses tollen Lebensmittels aufzuzeigen.

Was mir aber wichtig ist zu betonen: Viele Stile sind sich ähnlich oder gehen nahtlos ineinander über. Auch sind ihre Grenzen „nicht in Stein gemeißelt“. Bierstile sind vielmehr dafür da, dass wir uns als Konsumenten in etwa vorstellen können, auf was wir uns einlassen, wenn wir ein bestimmtes Bier vor uns haben. Also hier nicht alles auf die Goldwaage legen! Bier soll Spaß machen – und das Buch auch.

Des Pudels Kern, um den sich alles dreht, ist aber die Aromenvielfalt des Bieres. Wir werden uns dieser annähern, indem wir uns erst ansehen, was denn Aroma, Geschmack und Geruch eines Bieres ausmacht und wie diese Sinneseindrücke vom Bier in unser Gehirn gelangen. Überdies werden wir uns damit befassen, aus welchen Stoffen sich das komplexe Aroma zusammensetzt und woher diese stammen. Zum einen solche Aromen, die wir im Bier haben wollen, aber auch die, die wir nicht haben wollen. In diesem Abschnitt kommen auch die Brauer nicht zu kurz, denn ich erkläre unter anderem, welchen Einfluss sie auf diese Aromen nehmen können.

Bier hat zwar im Prinzip alle Inhaltsstoffe, um ausschließlich davon leben zu können, aber andere Faktoren, wie zum Beispiel der Alkoholgehalt, sprechen doch gegen eine alleinige Ernährung durch Bier. Also schauen wir uns zu guter Letzt an, welches Bier am besten zu welchem Essen passt.

So, nun aber viel Spaß beim Lesen – und natürlich viel Spaß beim Biergenießen.





DIE BRAUEREI

Probieren kam vor dem Studieren

**„HEUTE BACK ICH, MORGEN BRAU ICH,
ÜBERMORGEN HOL ICH DER KÖNIGIN IHR KIND;
ACH, WIE GUT, DASS NIEMAND WEISS,
DASS ICH RUMPELSTILZCHEN HEISS!“**

AUS: KINDER- UND HAUSMÄRCHEN DER GEBRÜDER GRIMM, HERAUSGEGEBEN 1812–1858

Während im Buchteil über Bier und Kultur ausführlich darauf eingegangen wird, warum und wie lange wir Menschen schon Bier brauen, wird es im folgenden Kapitel zunächst vor allem darum gehen, *womit* und *wie* wir brauen. Ausgesprochen spannend finde ich, dass Brauen naturwissenschaftlich gesehen ein hoch-

komplexer Vorgang ist, den wir in seiner Gesamtheit erst in den letzten 200 Jahren zu verstehen beginnen. Trotzdem haben schon unsere Vorfahren Bier gebraut, allein auf Erfahrung und Beobachtungen basierend. Und viele der Beobachtungen, die sie einst gemacht haben, gelten heute noch unverändert.

Altes Sudhaus der Karlsberg Brauerei in Homburg.





Die Grundzutaten

„ICH HABE DEN ERSTEN BIERBRAUER OFT VERWÜNSCHT. ES WIRD MIT DEM BRAUEN SO VIEL GERSTE VERDERBET, DASS MAN DAVON GANZ DEUTSCHLAND MÖCHTE ERHALTEN.“

MARTIN LUTHER (1483–1546), DEUTSCHER THEOLOGE UND REFORMATOR

Im klassischen Sinn sprechen wir bei Bier von vier Grundzutaten, nämlich Wasser, Getreide, Hopfen und Hefe. Obwohl Bier in den verschiedenen Gegenden der Erde ganz unterschiedlich aussehen und auch aus unterschiedlichen Zutaten gebraut werden kann, gibt es eine Art Definition, auf die man sich weltweit geeinigt hat. Laut *Codex Alimentarius* der World Health

Die vier Grundzutaten im Bier.

Organization (WHO) ist Bier ein alkoholisches Getränk, das, zumindest teilweise, aus gekeimtem Getreide, außerdem aus Hefe, Wasser und Hopfen hergestellt wird, wobei der Hopfen bei einigen wenigen Ausnahmen ersetzt werden kann. Eine noch allgemeinere Definition besagt, dass beim Bier der Extrakt, der durch Hefen in Alkohol umgewandelt wird, aus Zerealien gewonnen wird – im Gegensatz zu Wein, wo er aus Früchten stammt.

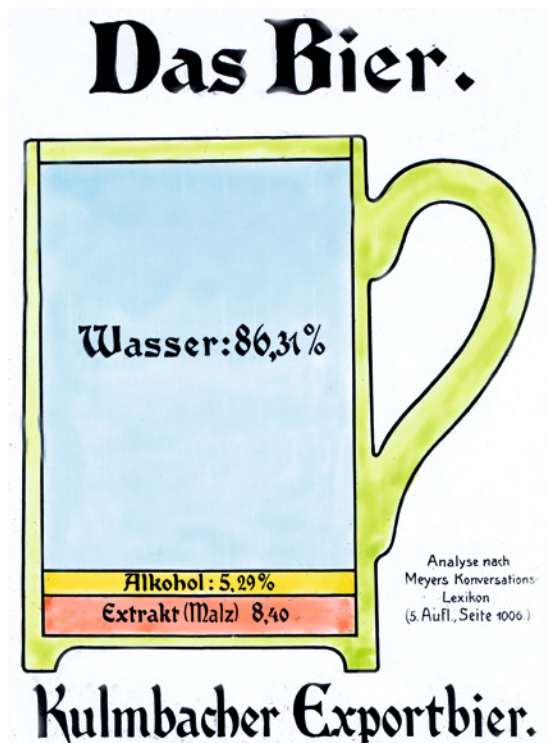
Daneben können auch noch andere Zutaten im Bier vorkommen, aber ohne die vier Grundzutaten geht es nicht. Wobei die einzelnen Zutaten nicht unbedingt vorsätzlich zugegeben werden. Denken wir nur zum Beispiel an die spontane Gärung.

WASSER

Je nach Biersorte bestehen etwa 85–95 % des Bieres aus Wasser. Die wenigsten denken aber bei Wasser an dessen Einfluss auf den Geschmack. Dabei hat das Brauwasser sogar einen gewaltigen Einfluss auf das fertige Bier. Bevor Wasser aufbereitet werden konnte, war vor allem das Wasser der Grund dafür, dass sich lokale Bierstile entwickelt haben. Zum Beispiel erlaubte es das extrem weiche Wasser in Pilsen, ein sehr hopfenbetontes Bier zu brauen, ohne dass die Bittere harsch oder kratzig wurde. Weil inzwischen aber das Wasser überall auf der Welt technisch aufbereitet und damit an den gewünschten Bierstil angepasst werden kann, spielt der Faktor Wasser heute keine so große Rolle mehr.



Kulmbacher Brauerei: Schaubild der Bierzusammensetzung von 1910.

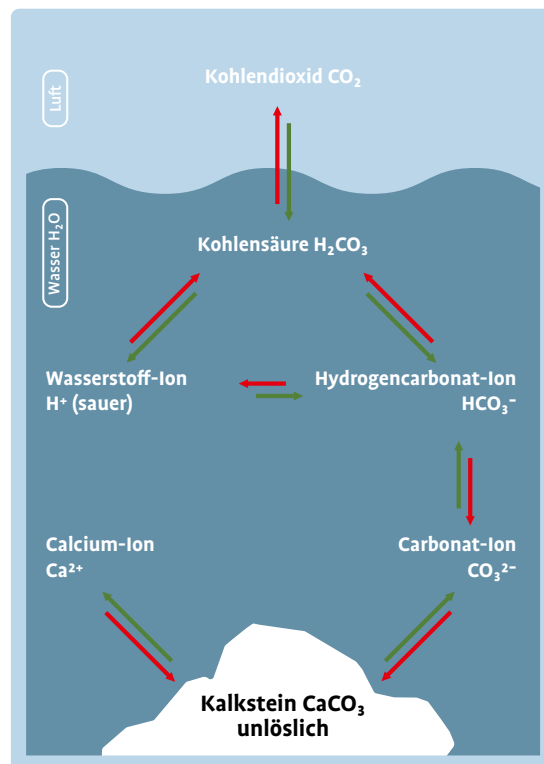


Die Zusammensetzung des Bieres wird in diesem Schaubild der Kulmbacher Brauerei von 1910 sehr schön gezeigt. Es ist zwar schon über 100 Jahre alt, gilt aber immer noch.

WASSER IST NICHT GLEICH WASSER

Reines Wasser, sauberes Regenwasser etwa, ist frei von gelösten Stoffen. Versickert das Regenwasser, löst es Mineralien aus dem Boden. Diese verändern das Wasser, was wir von unterschiedlichen Mineralwässern kennen: Manche schmecken salzig, andere säuerlich und manche Heilwässer sogar nach Schwefel. Diese Mineralien kennen wir aus dem Wasserkocher als weiße Ablagerungen. Je mehr Mineralien im Wasser gelöst sind, desto „härter“ ist das Wasser. Den größten Einfluss auf versickerndes Regenwasser hat Kalkstein, der zum Großteil aus Calciumcarbonat, also Kalk, und aus Dolomit, das ist Calcium-Magnesium-Carbonat,

Schematische Darstellung des sogenannten Kohlensäure-Gleichgewichts.



besteht. Beide Carbonatmineralien sind sehr gut in Wasser löslich. Sie bilden die sogenannte **Carbonathärte** des Wassers.

Je saurer Wasser ist, desto mehr gelöste Mineralien nimmt es auf. Eine Ursache, warum Wasser sauer reagiert, ist gelöstes Kohlendioxid aus der Luft. Dabei entsteht das, was wir umgangssprachlich als Kohlensäure bezeichnen.

Die Carbonathärte sorgt für eine Verschiebung der sogenannten Restalkalität. Malze reagieren beim Maischen im Wasser sauer. Die **Restalkalität** ist eine Kennzahl, wie stark das Wasser diesen Effekt verstärkt beziehungsweise vermindert. Für den Brauer ist dies wichtig zu wissen, da der pH-Wert in der Maische maßgeblich die Enzymaktivität bestimmt. Überdies ist vom pH-Wert auch abhängig, welche Stoffe aus den Malzspelpen oder den Blättern der Hopfendolden herausgelöst werden.



Das heißt, die Mineralzusammensetzung des Wassers beeinflusst, wie gut die Enzyme das Malz umsetzen können und welche Stoffe in Lösung gehen und damit indirekt auch den Geschmack des Bieres beeinflussen. Dunkle Malze reagieren dabei stärker sauer als helle Malze. Mit anderen Worten: Dunkle Schüttungen sind in der Lage, dem Effekt von hartem Wasser besser entgegenzuwirken. Ein Grund, warum Münchner Malz dunkel ist. München hat sehr hartes Wasser. Der **pH-Wert** ist übrigens eine Maßzahl, mit der die Stärke der sauren oder basischen Reaktion einer wässrigen Lösung angegeben wird.

MALZ UND ANDERE EXTRAKTLIEFERANTEN

Malz mag zwar aussehen wie Getreide, es gibt aber einen entscheidenden Unterschied: Malz wurde angekeimt. Der Grund dafür liegt in der Unfähigkeit der Hefe, Stärke zu verarbeiten. Heutzutage würde die Hefe wahrscheinlich sagen, sie leide an Stärke-unverträglichkeit. Das mag trendy klingen, stellt den Brauer aber vor ein Problem: Hat die Hefe nichts zu fressen, produziert sie keinen Alkohol. Da auch ein Getreidekeimling nichts mit Stärke anfangen kann, müssen ihm während der Keimung die Inhaltsstoffe des Korns erst zugänglich gemacht werden, indem Gerüstsubstanzen abgebaut und dann Speicherstoffe so umgebaut werden, dass sie für den Keimling – oder eben die Hefe – verwertbar werden. Dabei hat es der

Brauer – und mit ihm die Hefe – vor allem auf verschiedene Zucker abgesehen.

Verantwortlich für die Umwandlung sind unterschiedliche Enzyme, die entweder bereits im Korn vorhanden sind oder bei der Keimung entstehen.

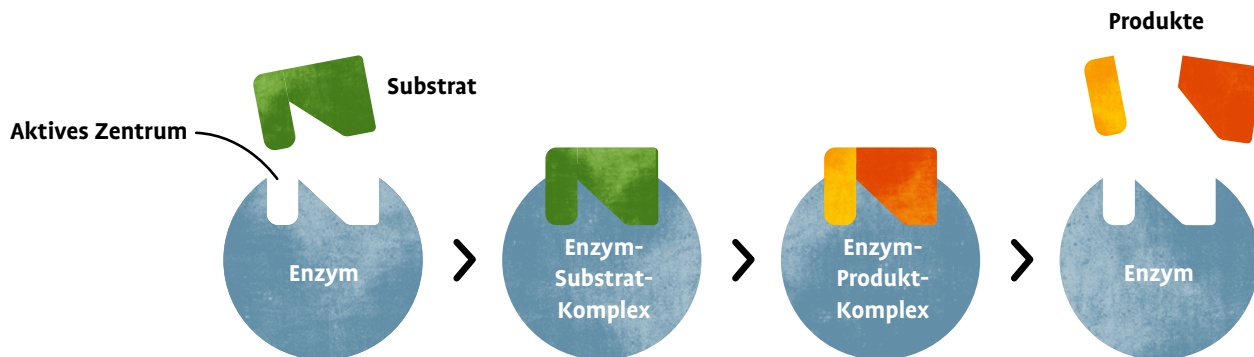
Enzyme sind komplexe Proteine, die als Biokatalysatoren bestimmte chemische Reaktionen erst möglich machen oder sie beschleunigen, ohne dabei selber verändert zu werden. Ihre Funktion lässt sich mit dem Bild eines Schlosses und des dazu passenden Schlüssels erklären: Der Ausgangsstoff verfügt über eine Art „Schloss“, in das das Enzym genau hineinpasst und damit eine chemische Umsetzung ermöglicht.

Abhängig von der Ausgangssubstanz der Stoffwechselreaktion spricht man auch von Glycolyse, also dem Abbau von Zucker, von Lipolyse, also dem Abbau von Fettsäuren, und von Proteolyse, also dem Abbau von Eiweiß oder Protein. Vor allem der Abbau von Proteinen über Aminosäuren zu Alkoholen, Aldehyden, Estern und Schwefelverbindungen trägt maßgeblich zur Aromabildung im Bier bei.

DER VORGANG DES MÄLZENS

Die Bierherstellung beginnt eigentlich schon in der Mälzerei. Heute befindet sich die Mälzerei oft räumlich von der Brauerei getrennt, aber das ist noch nicht lange so. Früher haben die Brauereien ihr Malz selbst erzeugt. Als Hinweis darauf findet sich im Brauerwappen die hölzerne Malzschaukel, die zum Wenden des Malzes auf der Tenne benutzt wurde. Auch die offizielle Berufsbezeichnung „Brauer und Mälzer“ macht klar, dass beides untrennbar zusammengehört.

Das Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Enzymen.





Zunftzeichen der Brauer.

Die chemischen Vorgänge im Getreidekorn werden vom Mälzer gestartet, indem er das Getreide keimen lässt. Dazu braucht der Keimling Wasser und Sauerstoff, und zwar im richtigen Verhältnis, weshalb der Mälzer Einweichphasen, sogenannte Nassweichen, und trockene Phasen, sogenannte Luft- oder Trockenweichen, abwechselt. Damit die dabei entstehende Wärme abgeführt wird und der Keimling genug Luft bekommt, wird das Malz immer wieder gewendet. Abhängig davon, wie hoch er die Malzkörner anhäuft und wie stark er belüftet, kann der Mälzer die Temperatur im sogenannten Haufen und damit auch das Wachstum des Getreidekeimlings kontrollieren. Heute arbeiten Wendeanlagen automatisch, lange Zeit jedoch war das harte Handarbeit, für die der Mälzer viel Erfahrung brauchte. Das Malz lag dabei auf Steinplatten, auf der sogenannten Tenne, weshalb manuell bereitete Malze auch heute noch *Tennenmalze* heißen.

Da es der Keimling auf dieselben Nährstoffe wie die Hefe abgesehen hat, stoppt der Mälzer nach einer bestimmten Zeit den Vorgang, indem er das Malz, das jetzt *Grünmalz* genannt wird, trocknet. Um die wärmeempfindlichen Enzyme zu schonen, die später in der

Brauerei für die vollständige Umwandlung der Stärke sorgen sollen, geschieht dies langsam und mit schrittweise ansteigenden Temperaturen. Je länger und intensiver die Trocknung vor sich geht, desto dunkler wird das Malz. Das dunkelste Malz, das noch genug Enzyme besitzt, um die Stärke in Zucker umzuwandeln, ist das sogenannte Münchner Malz.

Die diastatische Kraft

Eine Kenngröße für die Aktivität der Enzyme im Malz ist die diastatische Kraft. Diese wird, nach den Brauwissenschaftlern Wilhelm Windisch und Paul Kolbach, in Grad Windisch-Kolbach (°WK) gemessen. Als Faustformel gilt, dass jede Schüttung über 90 °WK genug Enzyme enthält, um mit normalen Maischprogrammen in annehmbarer Zeit vollständig umgewandelt zu werden.

VERSCHIEDENE MALZARTEN

Neben den Basismalzen oder Brühmalzen, wie sie auch genannt werden, die genug Enzymaktivität besitzen, um sich selbst zu verzuckern, gibt es auch Spezialmalze, die entweder dazu dienen, bestimmte Aromen ins Bier zu bringen oder die Farbe des Bieres zu verändern, oder die bestimmte für den Brauprozess wichtige Aufgaben erfüllen.

Ein Mälzer wendet das Malz auf der Tenne von Hand. Hier bei Laphroaig auf der Isle of Islay, Schottland.



Automatische Wendeanlage einer modernen Turm-mälzerei.





Schnitt durch ein Gerstenkorn.

■ Eine große Gruppe machen die *Karamellmalze* aus. Sie dienen dazu, den Geschmack, den Körper oder auch die Farbe des Bieres zu verändern. Die Herstellung erfolgt parallel zu den Basismalzen, wobei der Mälzer den Prozess so steuert, dass bereits der Großteil der Stärke in Zucker umgewandelt wird. Danach wird das Malz geröstet, wobei die Zucker karamellisieren und mit Proteinen Maillard-Produkte bilden.

■ Eine andere Gruppe sind die *Röstmalze* oder *Farbmalze*, die vor allem Röstaromen, wie zum Beispiel Kaffeearoma, und dunkle Farbe ins Bier bringen. Hergestellt werden sie aus Basismalzen, die am besten in einem Trommelröster geröstet werden.

■ Die letzte Gruppe sind die Funktionsmalze, die dazu dienen, bestimmte technologische Aufgaben zu erfüllen. Das wohl bekannteste ist das



Verschiedene Malzarten, von links nach rechts: Pilsner Malz, helles Weizenmalz, Karamellmalz und Röstmalz.



Tennenmälzerei der Bowmore Destille auf der Isle of Islay in Schottland.

Sauermalz, mit dem der pH-Wert der Maische angepasst wird. Bei dessen Herstellung kommt Milchsäure zum Einsatz, ein Stoffwechselprodukt von Milchsäurebakterien, die auf der Malzoberfläche leben.

Ein anderes wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist das Getreide, aus dem das Malz gemacht wurde. Spricht der Brauer schlicht von Malz, meint er damit fast immer Gerstenmalz. Ist jedoch ein anderes Malz als Gerstenmalz gemeint, wird das Ursprungsgetreide explizit genannt, also zum Beispiel Weizenmalz oder Roggenmalz.

BRAUZUCKER UND ROHFRUCHT

Außerhalb Deutschlands werden neben Malz nicht selten auch Brauzucker und unvermälztes Getreide, sogenannte Rohfrucht, zum Brauen verwendet.

Zucker ist aus Sicht der Hefe geradezu ideal. Er liegt genau so vor, wie ihn die Hefe braucht. Deshalb wird er auch zu 100 % vergoren. Er kommt daher immer dann ins Bier, wenn zwar alkoholreiches Bier gewünscht wird, dieses aber nicht mastig, sondern eher schlank wirken soll. Ein gutes Beispiel dafür sind belgische Biere. Manche Zucker, etwa Melasse, bringen durch Karamellisierungsprodukte oder „Verunreinigungen“ auch Geschmack mit ins Bier.

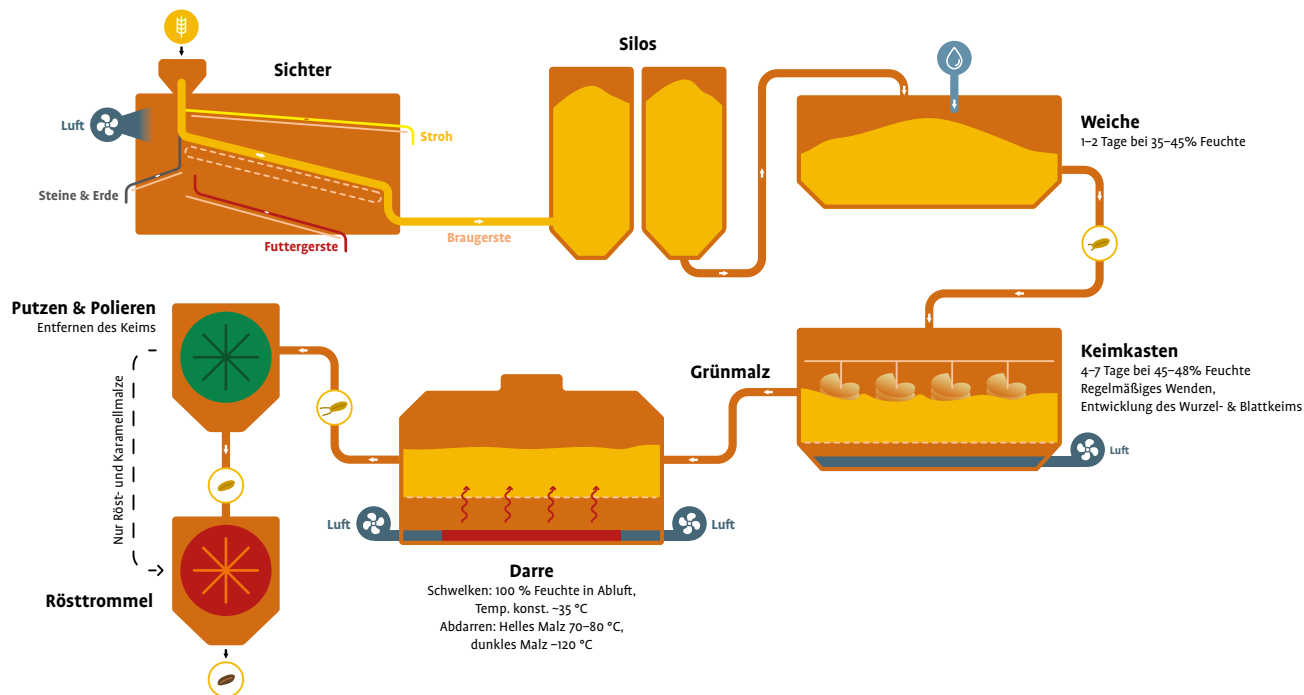
Rohfrucht ist da schon etwas anderes. Dieses unvermälzte Getreide besitzt nicht genug Enzyme, um in der Brauerei die Stärke in Zucker umzuwandeln. Hier hilft sich der Brauer mit einem Trick: Wie bereits erwähnt, bringt das dunkle Münchner Malz gerade noch genug Enzyme mit, um sich selbst zu verzuckern. Weniger stark gedarrte, helle Malze enthalten so viele Enzyme, dass sie außer sich selbst auch noch enzymlose Rohfrucht verzuckern können. Folglich kann der Brauer Rohfrucht mit einem solchen enzymreichen Malz kombinieren. Daneben ist aber auch der Einsatz künstlicher Enzyme möglich, zumindest in Ländern, in denen dies erlaubt ist. „Künstlich“ ist hier allerdings ein irreführender Begriff, da die zugesetzten Enzyme in den meisten Fällen durch Biosynthese von Mikroorganismen gewonnen werden.

Verschiedene Zuckerarten zum Brauen. Obere Reihe, von links nach rechts: belgischer Brausirup, Agavensirup, Honig und Ahornsirup. Untere Reihe, von links nach rechts: Saccharose, heller Rohrzucker, Demerarazucker und Kokoszucker.





Schematischer Ablauf der Malzproduktion.



MALZSCHÜTTUNG BEI VERSCHIEDENEN BIERSTILEN

Bei Bieren gibt es, wie auch beim Kochen, eine Art Grundrezept. Das heißt aber nicht, dass jedes Bier dieses Stils exakt so gebraut werden muss. Der Brauer kann natürlich seiner eigenen Kreativität freien Lauf lassen, aber ein Grundrezept hilft erst einmal, einen Startpunkt für die eigene Kreation zu haben. Im Folgenden einige Beispiele:

Pils

Pils ist das Bier mit einer sehr einfachen Malzschüttung, nämlich 100 % Pilsner Malz.

Bayerisches Helles

Traditionell wird das bayerische Helle ebenfalls aus 100 % Pilsner Malz, aber mit Dekoktion gebraut. Um sich die Dekoktion zu sparen, finden sich heute oft nur 90-95 % Pilsner Malz darin und der Rest ist helles Karamellmalz, was die Kocharomen der fehlenden Dekoktion ausgleicht.

Wiener Lager, Märzen, Dortmunder Export

Diese Biere sind zwar gleichfalls hell, aber in Farbe und Malzprofil kräftiger als eigentliche Helle oder Pils. Deshalb werden diese Biere meistens mit Schüttungen aus fast ausschließlich Wiener Malz gebraut.

American IPA

Das amerikanische Pendant zum Pilsner Malz ist das sogenannte 2-Row Malt, beides Malze aus zweizeiliger Gerste. Das 2-Row ist mit rund 80 % auch Hauptanteil der Schüttung beim American IPA. Oft kommt dann noch ein Anteil von 10-20 % Wiener Malz dazu, um die Farbe etwas zu intensivieren. Je nach Geschmack bilden 5-15 % helle Karamellmalze das Rückgrat und den Gegenpol zur Hopfenbittere. Da 2-Row Malt in Europa nicht immer erhältlich ist, kann statt 2-Row und Wiener Malz auch Pale Ale Malz verwendet werden.

Weizenbier oder Weißbier

In Deutschland muss ein Weißbier oder Weizenbier mindestens 50 % Weizenmalz enthalten. Mein Stan-

darbrezept besteht genau daraus: aus 50 % Weizenmalz. Braue ich ein helles Weißbier, macht Pilsner Malz den Rest der Schüttung aus. Für ein bernsteinfarbenes Weizen nehme ich 50 % Wiener Malz zum Weizenmalz dazu und für die dunkle Variante Münchner Malz und eventuell 2–3 % Farbmalz.

Dry Stout

Typische Dry Stouts, wie etwa Guinness, folgen einem recht einfachen Konzept: 60 % Pilsner Malz, 2-Row oder Stout Malz, 30 % Gerste als Rohfrucht, am einfachsten als Flocken, und 10 % Farbmalz.

HOPFEN

Die historisch jüngste Zutat zum Bier ist Hopfen. Während Wasser, ein Extraktlieferant sowie Hefe essenziell zum Brauen von Bier sind, gibt es für Hopfen Alternativen. Der Hopfen übernimmt – neben dem Geschmack – im Bier eine Reihe unterschiedlicher Aufgaben. Seine Gerbstoffe tragen dazu bei, dass beim Würzekochen Eiweißstoffe ausfallen, was das Bier klarer und haltbarer macht. Zum andern sorgt er dafür, dass das Wachstum vieler Mikroorganismen im Bier unterdrückt wird.

Humulus lupulus, wie der Hopfen wissenschaftlich heißt, ist eine zweihäusige, mehrjährige Pflanze aus der Familie der Hanfpflanzen. Zweihäusig heißt, es

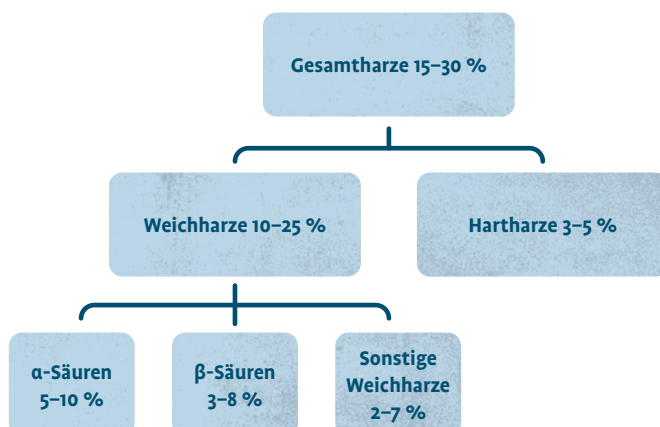


Reife Hopfendolde.

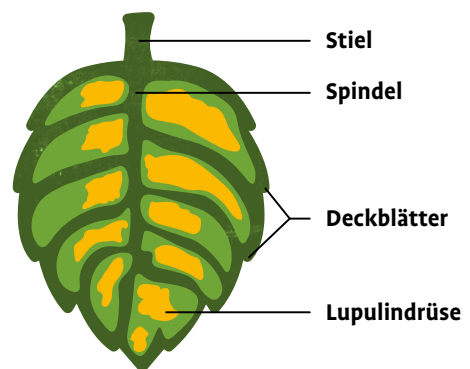
gibt weibliche und männliche Hopfenpflanzen, mehrjährig heißt, die überirdischen Pflanzenteile sterben jedes Jahr ab, während der Wurzelstock (botanisch: das Rhizom) im Boden überlebt. Zum Brauen werden nur weibliche Blütenstände, die Dolden, verwendet.

Für die Bierbittere ist vor allem der Pflanzeninhaltsstoff **Lupulin** verantwortlich, die gelbliche, harzige Ausscheidung der Lupulindrüsen. Im Lupulin selbst sind die sogenannten **Hopfenharze** enthalten, die sich in Weich- und Hartharze unterteilen. Für die Bittere sind insbesondere die **α -Säuren** und die **β -Säuren**

Zusammensetzung der Hopfenharze.



Schnitt durch eine Hopfendolde.





verantwortlich, die Bestandteile der Weichharze sind. Neben diesen Bitterharzen enthält Hopfen aber noch etwa 400–500 Stoffe, die vor allem aromaaktiv sind und für das Bieraroma verantwortlich zeichnen.

Hopfen wird weltweit zwischen dem 35. und dem 70. Breitengrad angebaut. In diesem globalen „Hopfengürtel“ stimmen sowohl die Niederschlagsmengen wie auch die Sonneneinstrahlung und im Sommer sind die Tage lang genug für die Ausbildung der Dolden. Hopfen



Hopfengarten mit Kletterhilfen.



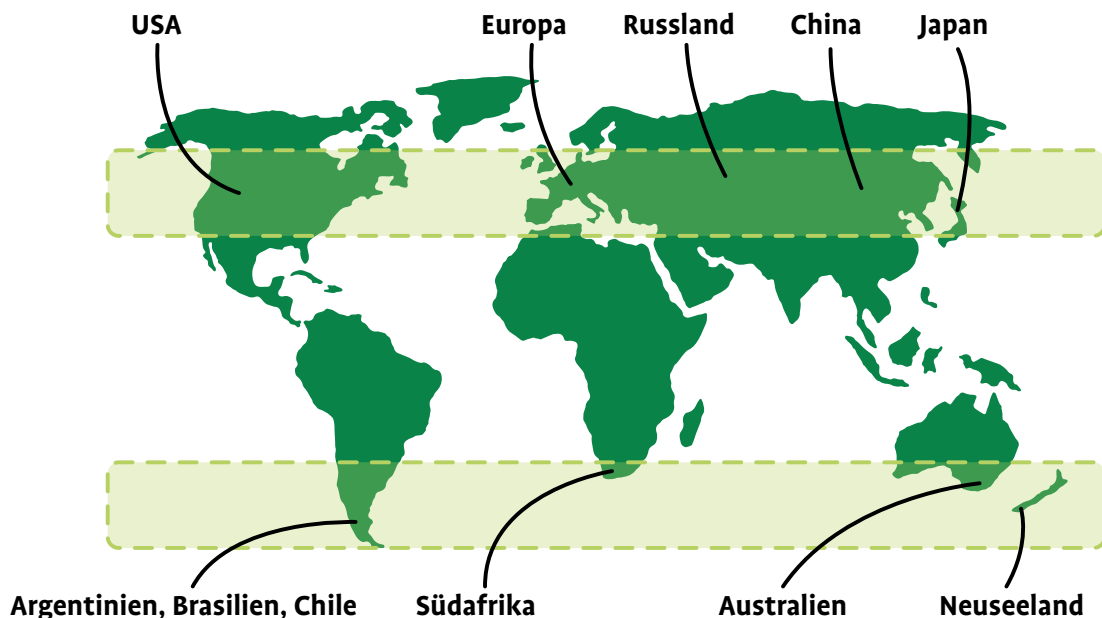
Hopfendarre.

Im Hopfen enthaltene Aromastoffe

Aroma	Aromaverbindung im Hopfen
Blumig	Linalool Tridecanon Geraniol Farnesol Nerol 2-Decanon 2-Undecanon Geranylacetat Pentadecanon
Zitrusartig	Zitronellal Zitronellol Limonen
Fruchtig	2-Methylbutyl-2-methylbutyrat Methyl-6-Methylheptanoat 2-Methylbutyl-isobutyrat Heptansäuremethylester 4,8-Decadiensäuremethylester Octansäuremethylester 4-Decensäuremethylester Isobutylisobutyrat 2-Nonanon
Grasig-heuartig	Hexanal
Kräuterig-würzig	α -Pinen β -Pinen α -Selinen β -Selinen Selinadien Cadinen β -Farnesen β -Phellandren
Schwefelig	Dimethylsulfid 4-Mercapto-4-methylpentan-2-on

als Kletterpflanze braucht Kletterhilfen zum Wachsen. Diese bestehen aus Masten mit gespannten Drähten, an denen die Pflanzen emporwachsen. Während der Ernte werden dann die senkrechten Drähte mitsamt den Hopfenrankten heruntergerissen und danach die Dolden von den Pflanzen gezupft.

Hop Belt – der Hopfengürtel.



Hopfen gedeiht nur zwischen dem 35. und 55. Breitengrad, weil hier die langen Tage im Sommer die Voraussetzungen für die Entwicklung von Blüten schaffen.

Die Ernte beschränkt sich auf 4–6 Wochen im Spätsommer. Der frische Hopfen, *Grünhopfen* genannt, verdirbt jedoch schon nach wenigen Tagen. Deshalb ist es nötig, den Hopfen haltbar zu machen. Zuerst wird der Hopfen, meist noch auf dem Hof des Hopfenbauern, auf etwa 9–10 % Feuchte getrocknet. Allerdings sind die Hopfeninhaltsstoffe temperaturempfindlich, weshalb die Trocknung der Dolden bei nicht mehr als 62–65 °C geschehen sollte.

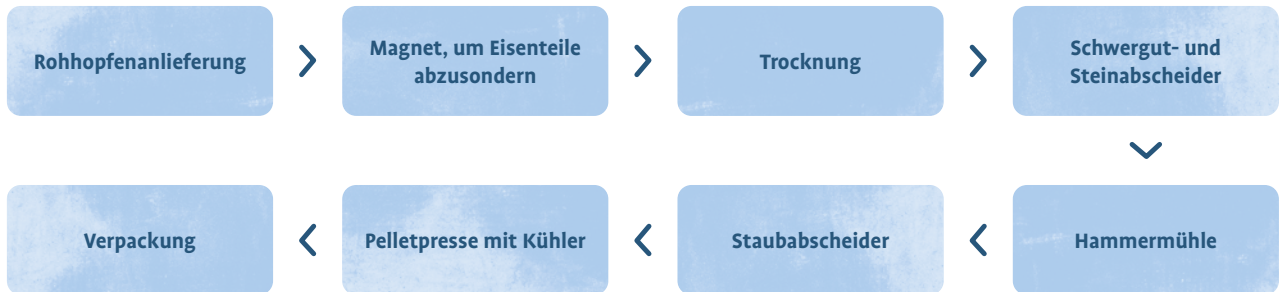
Ist der Hopfen getrocknet, spricht der Brauer von *Roh- oder Doldenhopfen*. Der ist zwar schon um einiges länger haltbar als der frische Grünhopfen, aber auch er verliert innerhalb eines Jahres bis zu 50 % seiner wertvollen Inhaltsstoffe, weshalb er unbedingt gekühlt gelagert werden sollte.

HOPFENPELLETS

Um das Volumen zu verringern, wird der Hopfen oft noch weiter verarbeitet, wobei ein erster Schritt das *Pelletieren* darstellt. Hierzu werden einige Doldenteile, wie Spindeln und Deckblätter, entfernt, der Hopfen in Hammermühlen zerkleinert und anschließend in Pelletpressen pelletiert. Wichtig ist dabei die Kühlung, um einen Abbau der Inhaltsstoffe zu verhindern. Hat 1 kg Rohhopfen noch ein Volumen von 6–7 l, so hat 1 kg Pellets nur noch ein Volumen von etwa 2 l. Die Pellets werden dann mit Inertgas in Folie eingeschweißt und halten so gekühlt mehrere Jahre ohne merklichen Qualitätsverlust. Hopfenpellets gibt es in zwei verschiedenen Ausführungen, zum einen *Pellets Typ 90*, die fast der Zusammensetzung des Rohhopfens entsprechen, und zum andern *Pellets Typ 45*, bei denen die tief-



Prozessablauf der Pelletherstellung.



gefrorenen Lupulindrüsen bei etwa -35 °C ausgesiebt und damit angereichert werden. Dabei nimmt der α -Säuregehalt weiter zu.

HOPFENEXTRAKTE

Bei der Herstellung von Hopfenkonzentraten oder -extrakten wird das Volumen des Hopfens noch weiter verringert beziehungsweise werden dessen Inhaltsstoffe weiter aufkonzentriert. Je nach Art des Lösungsmittels unterscheidet man heute CO_2 -Extrakte, die mit überkritischem Kohlendioxid extrahiert werden, und Ethanolextrakte, bei denen eben Ethanol die Hopfeninhaltsstoffe löst. Während bei einem CO_2 -Extrakt vor allem die unpolaren Inhaltsstoffe der Lupulindrüsen aus dem Hopfen gelöst werden, extrahiert Ethanol sämtliche Stoffgruppen des Hopfens.

Hopfenextrakt wird von Craftbrauern leider oft pauschal „verteufelt“. Das wird allerdings der großen Bandbreite an Extrakten, die es heute gibt, nicht gerecht. Genau genommen handelt es sich auch bei Lupulinpulver und Aromaölen um Extrakte. Beim **Lupulinpulver** werden die Lupulindrüsen mit Stickstoff gefroren und danach ausgesiebt, das Lupulin wird also aufkonzentriert. Ein klassisches Konzentrat also, nur eben pulverförmig.

Beim **Hopfenöl** wird frischer Hopfen, also noch vor dem Trocknen, durch Wasserdampf extrahiert. Nach dem Kondensieren des Wasser-Öl-Gemisches setzen sich die ätherischen Öle an der Oberfläche ab und können so in Reinform gewonnen werden.

Das Argument, Extrakt sei nur eine billige Alternative und werde lediglich zur Kostenoptimierung eingesetzt, hält einer genaueren Betrachtung auch nicht stand. Viele Extrakte sind nämlich durchaus teurer. Ihr

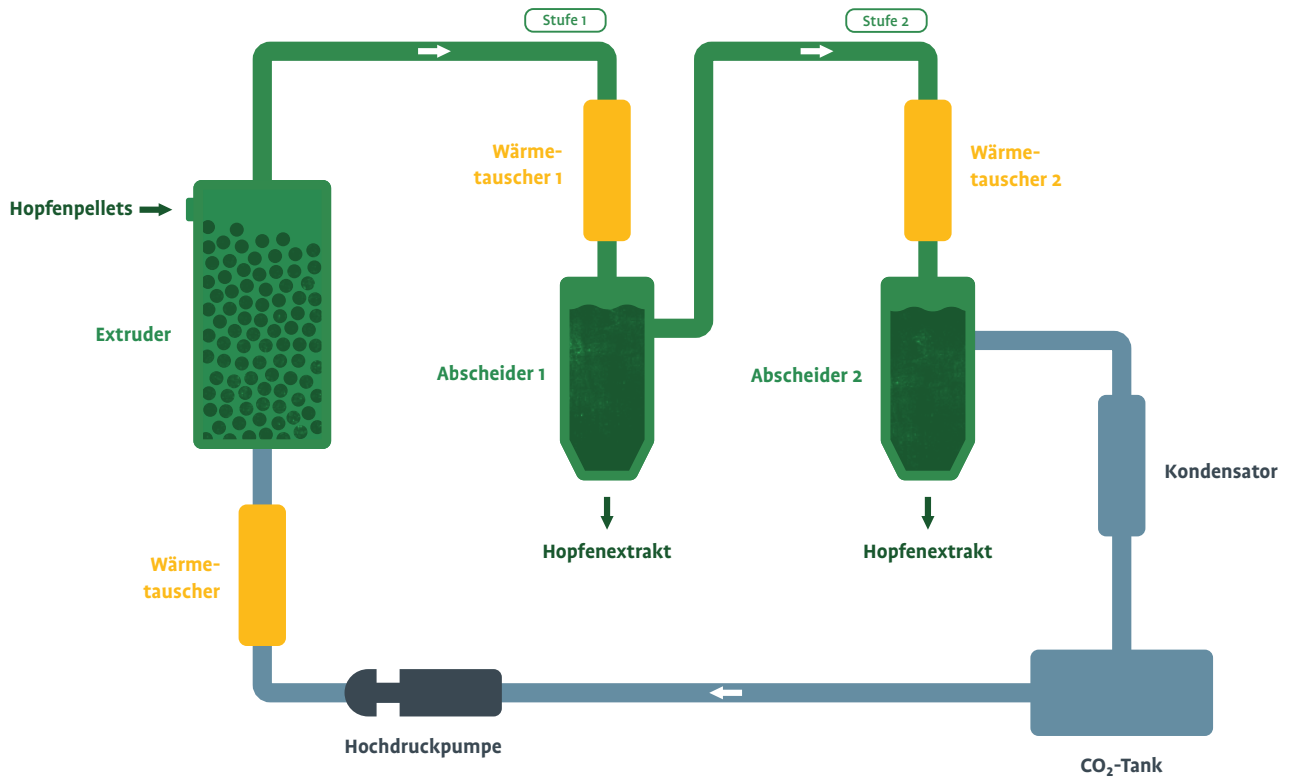
Vorteil liegt eher in einer möglichen Standardisierung des Braurezepts, im geringeren Lagervolumen und in geringeren Verlusten im Brauprozess, weil keine Hopfentreiber anfallen.

Angereicherte Hopfenprodukte können auch beim Brauvorgang von Vorteil sein. Bei sehr hopfenbetonten Bieren muss viel Hopfen eingesetzt werden. Dadurch wird auch viel „Pflanzenmaterial“ ins Bier eingebracht, aus dem unerwünschte Aromen ausgelaugt werden können. Ein weiterer Pluspunkt von Extrakten ist der geringere Eintrag von Nitraten ins Bier. Hopfenkulturen werden sehr intensiv bewirtschaftet und auch gedüngt. Beim Einsatz großer Hopfenmengen kann dadurch auch ein hoher Nitratgehalt ins Bier gelangen, der neben technologischen Problemen, etwa schleppender Gärung, auch gesundheitliche Risiken mit sich bringen kann.

Doldenhopfen, Hopfenpellets und Hopfenextrakt.



Ablauf der Kohlendioxidextrakt-Herstellung.



VERSCHIEDENE HOPFENTYPEN

Früher war es üblich, die Hopfen in sogenannte Aroma- und in Bitterhopfen einzuteilen, wobei diese Unterscheidung durch die Zulassungsbehörde erfolgt ist und es keine wirklichen Richtlinien dafür gibt, welche Eigenschaften die beiden Gruppen haben sollten. Tendenziell sind *Aromahopfen* geringer im α -Säuregehalt, während *Bitterhopfen* auf hohen α -Säuregehalt gezüchtet wurden. Allerdings sind auch Bitterhopfen aromatisch. Moderne Züchtungen aus den USA, die sowohl extrem aromatisch als auch hoch in ihrem α -Säuregehalt sind, bringen diese recht willkürliche Einteilung weiter durcheinander und werden als *Dual-Purpose-Hopfen* bezeichnet. Deutsche Züchter

reagierten auf diesen Trend und nannten ihre neuen Züchtungen *Flavorhopfen* – was die Verwirrung perfekt machte, denn *flavor* kann auf Englisch auch „Aroma“ heißen.

Eine weitere Gruppe sind die sogenannten *Nobel Hops*, eine Bezeichnung, die vor allem in den USA üblich ist. In Deutschland werden sie üblicherweise *alte Landsorten* genannt. Diese klassischen Hopfen, die lange Zeit stellvertretend für ganze Anbauggebiete standen, haben ein bodenständiges Aroma und gelten daher gewissermaßen als Prototypen des klassischen Hopfenaromas. Die Gruppe umfasst die Sorten ‚Tettnanger‘, ‚Spalter‘, ‚Hallertauer‘ und ‚Saazer‘.



Junge Hopfendolde.



Hopfenpellets.

Alte Landsorten

Allgemein: Die alten Landsorten haben alle ein mildes Aroma, das sich am besten als „hopfig“ umschreiben lässt. Mit anderen Worten: Diese Hopfen riechen und schmecken fast archetypisch nach dem, was sich die meisten Menschen unter Hopfen vorstellen.

Hopfensorte	Typischer α -Säuregehalt	Leitaromen	Typische Verwendung
Hallertauer (Mittelfrüher)	3,5–5,5 %	Angenehm mild, leicht floral und kräuterartig	Bayerisches Helles, deutsches Pils
Saazer	3,0–3,5 %	Angenehm mild, erdig und kräuterartig	Der Hopfen für böhmisches Pils
Spalter	3,5–5,5 %	Angenehm mild, kräuterartig	Bayerisches Helles, deutsches Pils, Alt und Kölsch
Tettnanger	2,5–5,0 %	Floral, kräuterartig, leicht zitronig	Weißbier, deutsches Pils, Saison
Alternativen:	East Kent Golding Hersbrucker Fuggle Styrian Golding		

Klassische englische Hopfen

Allgemein: Diese klassischen englischen Hopfensorten werden im englischsprachigen Raum auch manchmal als „nearly noble hops“ bezeichnet, weil sie viele Aromaeigenschaften der alten Landsorten teilen.

Hopfensorte	Typischer α -Säuregehalt	Leitaromen	Typische Verwendung
Cobb (auch als Cobb's Golding bekannt, eine Unterart des Golding)	4,5–6,5 %	Kräuterartig, floral, herbes, erdiges Aroma mit sanfter Bittere	Englische Ales, englische IPAs, Hopfenstopfen
East Kent Golding (auch als EKG bekannt)	4–6 %	Floral, nach Kräutern, herbes Honigaroma, erdig	Alle englischen Ales, Hopfenstopfen, oft in Kombination mit 'Fuggle' verwendet
Fuggle	3,5–6,5 %	Minze, frisches Heu, leicht floral, erdig, grüner Tee	Alle englischen Ales, Hopfenstopfen, oft in Kombination mit EKG verwendet
Mathon (auch als Mathon-White bekannt, eine Unterart des Golding)	4,5–6,5 %	Kräuterartig, floral, herbes, erdiges Aroma mit sanfter Bittere	Englisches Bitter, Extra Special Bitter (ESB)
Alternativen:	Alte Landsorten Hersbrucker Styrian Golding		



„Amerikanische“ Hopfen

Allgemein: Als „amerikanische“ Hopfen werden häufig moderne Züchtungen bezeichnet, die sehr intensive Aromen aufweisen und trotzdem oft einen hohen Gehalt an α -Säuren haben. Dabei müssen sie gar nicht mal unbedingt aus Amerika kommen und umgekehrt haben nicht alle Hopfen aus Amerika die „typischen amerikanischen Hopfenaromen“.

Hopfensorte	Typischer α -Säuregehalt	Leitaromen	Typische Verwendung
Amarillo® (auch: VGXP01-geschützter Hopfen der Virgil Gamache Farms Inc.)	8–11 %	Orange und andere Zitrusaromen, floral, reife Tropenfrucht, Aprikose	Amerikanische Pale Ales und IPAs
Cascade	4,5–7 %	Grapefruit und andere Zitrusaromen, manchmal etwas floral	Amerikanische Pale Ales und IPAs
Centennial	9,5–11,5 %	Reife Mango, Zitrusnoten, floral	Amerikanische Pale Ales und IPAs
Chinook	11–14 %	Harzig, herbe Kräuter, Waldboden	Amerikanische Pale Ales und IPAs, englische Ales
Citra® (geschützter Hopfen der The Hop Breeding Company)	11,0–13,0 %	Intensive Zitrusaromen	Amerikanische Pale Ales und IPAs
Galaxy™, ein „amerikanischer Hopfen“ aus Australien	10,5–16,0 %	Passionsfrucht, Litschi, Orange	Amerikanische Pale Ales und IPAs, Saison, American Wheat
Mandarina Bavaria, ein „amerikanischer Hopfen“ aus dem Hopfenforschungszentrum Hüll in Deutschland	8,5–11 %	Mandarine und andere Zitrusaromen	Amerikanische Pale Ales und IPAs, Weißbier
Mosaic®	11,0–13,5 %	Tropenfrucht, intensive Fruchtaromen	Amerikanische Pale Ales und IPAs
Willamette, fruchtig, aber nicht so „laut“ wie viele andere amerikanische Hopfen	4,0–6,0 %	Holunderbeere, florale und Kräuteraromen	Pale Ales, Porter, Stout
Alternativen:	Lässt sich nicht allgemein sagen, da diese Gruppe Hopfensorten mit sehr unterschiedlichen Aromen vereint.		

Periodensystem der gängigen Hopfensorten.

Tropenfrüchte	gelbe Früchte/ Honigmelone	Zitrusfrüchte	Steinobst Pflirsich/Pflaume	rote Beeren	Cassis	grüne Beeren	fruchtig-herb	Kräuter
α 7,0 – 12,0 Öl 1,0 – 2,5 Amarillo Dual Purpose USA								
α 7,0 – 12,0 Öl 1,0 – 3,0 Centennial Dual Purpose USA	α 6,5 – 7,0 Öl 0,8 – 2,1 Hüller Melon Aroma Deutschland	α 5,5 – 9,0 Öl 0,8 – 2,5 Cascade Dual Purpose USA						
α 7,0 – 9,0 Öl 0,6 – 1,2 Jester Dual Purpose United Kingdom	α 7,7 – 9,1 Öl 1,2 – 1,4 Cashmere Dual Purpose USA	α 11,0 – 15,0 Öl 1,5 – 3,0 Citra Dual Purpose USA	α 5,5 – 9,0 Öl 0,8 – 2,5 Galaxy Dual Purpose Australien	α 9,0 – 13,0 Öl 1,6 – 2,4 Ariana Dual Purpose Deutschland	α 5,0 – 9,0 Öl 1,8 – 2,2 Brewers Gold Dual Purpose Deutschland	α 10,0 – 14,0 Öl 0,9 – 1,3 Galena Dual Purpose USA	α 13,0 – 16,0 Öl 1,0 – 1,7 Admiral Dual Purpose United Kingdom	α 6,0 – 9,0 Öl 1,2 – 1,6 Aramis Aroma Frankreich
α 6,5 – 7,5 Öl 0,7 – 1,0 Motueka Aroma Neuseeland	α 5,5 – 7,0 Öl 0,5 – 1,1 Delta Aroma USA	α 8,5 – 11,0 Öl 1,5 – 2,2 Mandarina Bavaria Aroma Deutschland	α 5,0 – 6,0 Öl 0,7 – 1,6 Glacier Aroma USA	α 2,0 – 5,0 Öl 1,4 – 2,1 Callista Aroma Deutschland	α 5,0 – 7,0 Öl 0,7 – 1,0 Bramling X Aroma United Kingdom	α 9,0 – 13,0 Öl 1,2 – 1,5 Hallertauer Blanc Aroma Deutschland	α 15,0 – 18,0 Öl 2,3 – 3,5 Bravo Dual Purpose USA	α 4,0 – 7,0 Öl 0,5 – 1,0 Hallertauer Tradition Aroma Deutschland
α 4,5 – 6,5 Öl 1,4 – 1,6 Riwaka Aroma Neuseeland	α 5,0 – 8,0 Öl 0,8 – 1,3 Opal Dual Purpose Deutschland	α 5,0 – 7,0 Öl 1,5 – 2,0 Lemondrop Aroma USA	α 10,0 – 11,0 Öl 2,0 – 2,5 Rakau Dual Purpose Neuseeland	α 8,0 – 10,5 Öl 1,1 – 1,7 Endeavour Dual Purpose United Kingdom	α 17,0 – 19,0 Öl 2,5 – 4,5 Eureka Dual Purpose USA	α 11,5 – 13,0 Öl 1,0 – 1,5 Mosaic Dual Purpose USA	α 6,5 – 8,5 Öl 0,7 – 1,5 First Gold Dual Purpose United Kingdom	α 14,5 – 16,5 Öl 1,8 – 2,2 Millennium Bitter USA
α 11,5 – 15,0 Öl 0,8 – 3,2 Simcoe Dual Purpose USA	α 6,5 – 10,0 Öl 0,8 – 2,0 Palisade Aroma USA	α 9,0 – 13,0 Öl 1,2 – 2,4 Pilgrim Dual Purpose United Kingdom	α 2,5 – 3,5 Öl 1,5 – 2,5 Wai-iti™ Dual Purpose Neuseeland	α 13,5 – 16,5 Öl 2,4 – 3,0 Enigma Dual Purpose Australien	α 4,0 – 6,0 Öl 1,0 – 2,0 Styrian Kolibri Aroma Slowenien	α 12,0 – 13,0 Öl 1,0 – 1,2 Nelson Sauvín Dual Purpose Neuseeland	α 12,0 – 17,0 Öl 1,6 – 2,4 Herkules Bitter Deutschland	α 5,5 – 9,5 Öl 1,4 – 1,6 Palisade® Aroma USA
α 14,0 – 17,0 Öl 2,0 – 3,0 Vic Secret Dual Purpose Australien	α 5,5 – 6,5 Öl 1,4 – 2,0 Summer Aroma Australien	α 9,0 – 13,0 Öl 1,2 – 2,4 Strisselspalter Dual Purpose United Kingdom	α 10,0 – 12,5 Öl 0,7 – 1,2 Zythos® Dual Purpose USA	α 5,0 – 7,0 Öl 0,6 – 1,0 Ministrel Aroma United Kingdom	α 4,0 – 7,0 Öl 1,0 – 1,5 Willamette Aroma USA	α 13,0 – 14,0 Öl 1,4 – 1,8 Southern Cross Bitter Südafrika	α 7,0 – 8,0 Öl 0,5 – 1,5 Yakima Gold Dual Purpose USA	α 12,0 – 16,0 Öl 1,0 – 2,5 Sun Dual Purpose USA



Harz	erdig	Nobel	Heu	Tabak/Tee	Pfeffer	Holz	Blumen	bitter
								α 15,0 – 20,0 Öl 1,5 – 2,5 Apollo Bitter USA
						α 6,5 – 9,0 Öl 1,0 – 1,7 Challenger Dual Purpose United Kingdom	α 5,4 – 7,3 Öl 0,6 – 1,1 Helga Aroma Australien	α 15,4 – 18,8 Öl 0,8 – 4,0 Bitter Gold Bitter USA
α 12,0 – 14,0 Öl 1,5 – 2,7 Chinook Dual Purpose USA	α 2,0 – 6,0 Öl 0,4 – 1,0 Amethyst Aroma Tschechische Republ.	α 3,5 – 4,5 Öl 0,6 – 1,2 Hallertauer Mittelfrüh Aroma Deutschland	α 7,0 – 10,0 Öl 1,4 – 2,0 Boadicea Aroma United Kingdom	α 10,0 – 12,5 Öl 1,5 – 2,0 Akoya Aroma Deutschland	α 4,0 – 6,3 Öl 0,8 – 1,2 Ahtanum™ Aroma USA	α 2,4 – 6,1 Öl 0,4 – 0,9 Fuggle Aroma United Kingdom	α 7,8 – 8,4 Öl 1,0 – 1,5 Legacy Dual Purpose USA	α 12,0 – 15,5 Öl 1,5 – 1,9 Chelan Bitter USA
α 14,0 – 18,0 Öl 1,5 – 4,5 Columbus Tomahawk® Dual Purpose USA	α 5,8 – 7,9 Öl 0,4 – 1,5 Calicross Aroma Neuseeland	α 2,5 – 4,5 Öl 0,4 – 0,8 Saazer Aroma Tschechische Republ.	α 2,0 – 5,0 Öl 0,5 – 1,5 Hersbrucker Aroma Deutschland	α 13,0 – 15,0 Öl 1,0 – 1,6 Idaho 7 Dual Purpose USA	α 3,0 – 4,0 Öl 0,5 – 1,0 Argentina Cascade Aroma Argentinien	α 4,0 – 8,0 Öl 1,0 – 1,7 Mount Hood Aroma USA	α 3,5 – 5,5 Öl 0,5 – 1,5 Multihead Aroma USA	α 11,0 – 14,0 Öl 1,2 – 1,8 Eastern Gold Bitter Japan
α 10,0 – 12,0 Öl 1,3 – 1,6 Dr Rubi Dual Purpose Neuseeland	α 9,0 – 12,0 Öl 1,8 – 2,2 Marynka Dual Purpose Polen	α 1,8 – 5,7 Öl 0,6 – 0,9 Strisselspalter Aroma Frankreich	α 9,0 – 10,0 Öl 1,5 – 2,5 Hort 9909 Dual Purpose Neuseeland	α 3,5 – 4,5 Öl 1,0 – 1,5 Petit Blanc Aroma Deutschland	α 2,8 – 4,4 Öl 0,8 – 1,2 Crystal Aroma USA	α 3,5 – 4,0 Öl 0,6 – 0,9 Rottenburger Spät Aroma Deutschland	α 5,0 – 6,0 Öl 0,5 – 1,5 Pacifica Aroma Neuseeland	α 12,0 – 14,0 Öl 1,9 – 2,3 Magnum Bitter Deutschland
α 6,5 – 7,5 Öl 0,8 – 1,2 Kohatu Aroma Neuseeland	α 9,0 – 12,0 Öl 1,8 – 2,2 Southern Promise Dual Purpose Slowenien	α 2,5 – 5,7 Öl 0,5 – 0,9 Spalter Aroma Frankreich	α 3,0 – 5,0 Öl 0,5 – 1,2 Lubelska Aroma Tschechische Republ.	α 3,0 – 4,0 Öl 0,4 – 1,0 Serebrianka Aroma Russland	α 14,5 – 15,5 Öl 2,5 – 4,5 Equinox Dual Purpose USA	α 5,6 – 7,3 Öl 1,0 – 1,4 Sylva Aroma Australien	α 4,0 – 6,0 Öl 0,7 – 1,7 Smaragd Dual Purpose Deutschland	α 8,0 – 11,5 Öl 0,8 – 1,4 Pilot Bitter United Kingdom
α 13,0 – 15,5 Öl 1,3 – 1,7 Warrior® Dual Purpose USA	α 9,5 – 11,5 Öl 0,7 – 2,0 Styrian Golding Dual Purpose Österreich	α 3,0 – 5,8 Öl 0,3 – 1,1 Tettmanger Aroma Frankreich	α 0,3 – 1,0 Öl 1,0 – 1,5 Relax Aroma Deutschland	α 4,5 – 6,5 Öl 0,6 – 1,0 Sovereign Bitter United Kingdom	α 12,3 – 17,9 Öl 0,9 – 1,5 Hallertauer Taurus Dual Purpose Deutschland	α 7,2 – 8,2 Öl 1,0 – 2,0 Tahoma Aroma USA	α 2,6 – 6,0 Öl 0,5 – 1,0 Sonnet Aroma USA	α 13,5 – 15,0 Öl 2,0 – 2,6 Super Pride Bitter Australien

HEFE

Die Hefe ist eine ganz spezielle Zutat. Sie ist eine lebende Zutat, die aus der Würze erst Bier macht. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, die Zucker der Würze zu Alkohol und Kohlendioxid umzuwandeln. Darüber hinaus gibt es aber noch eine Vielzahl anderer Produkte, die beim Hefestoffwechsel entstehen und die einen maßgeblichen Einfluss darauf haben, wie das Bier schmeckt.

Biologisch gesehen handelt es sich bei der Hefe um *Saccharomyces*, eine Zuckerhefe aus der Familie der Saccharomycetaceae in der Ordnung der Saccharomycetales, also der echten Hefen, die zur Klasse der Saccharomycetes in der Unterabteilung der Saccharomycotina in der Abteilung der Ascomycota, der Schlauchpilze, zählt. Das macht sie zu einem Fungus (Pilz) in der Domäne der Eukaryoten, also der Lebewesen mit Zellkernen. Und damit sitzen die Hefen im Stammbaum der Lebewesen letztlich auf demselben Ast wie wir Menschen.

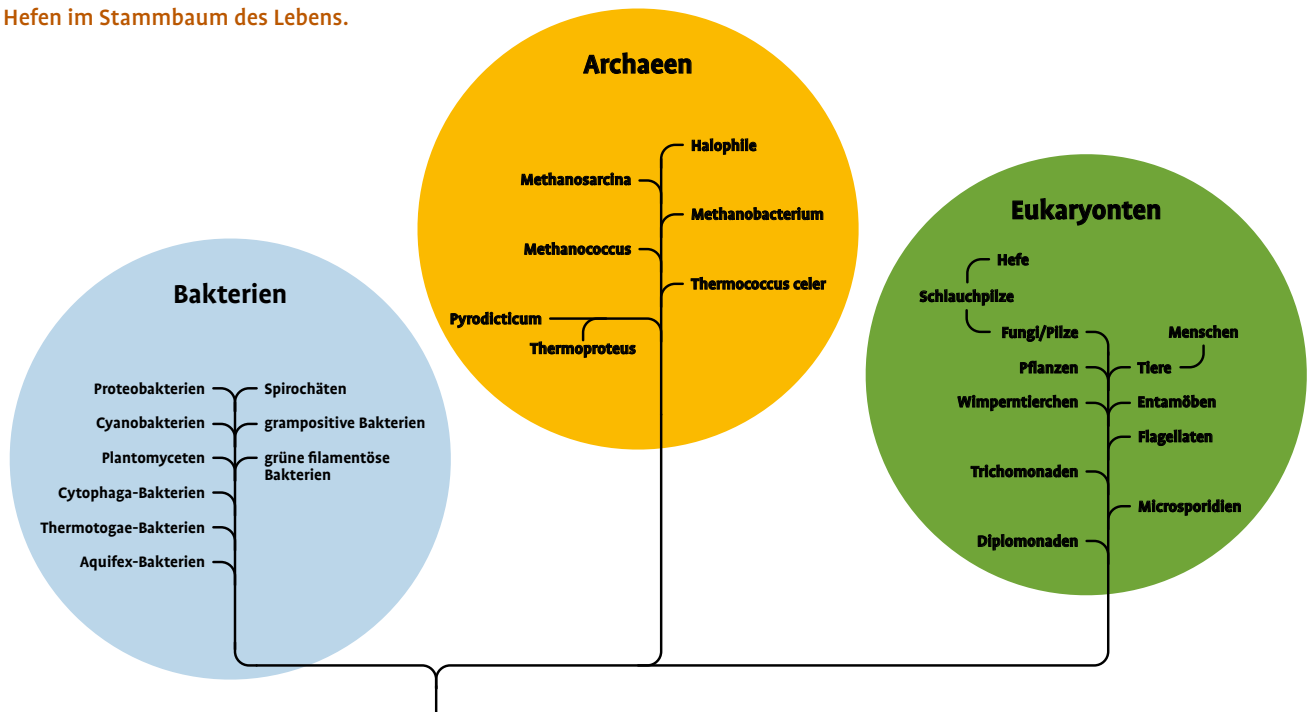
Die Zahl der Hefen in der Natur ist schier unerschöpflich. Die American Type Culture Collection, eine

der weltweit größten Sammlungen von Mikroorganismen, hat allein etwa 25 000 *Saccharomyces*-Stämme eingelagert, von denen vielleicht 200 tatsächlich in der Brauerei verwendet werden. Durch unterschiedliche Enzymausstattungen unterscheiden sich all die Hefen in ihrer technologischen Anwendung und im Aromaprofil.

Technologisch werden zwei Gruppen unterschieden: die *Saccharomyces*-Hefen und die Nicht-*Saccharomyces*-Arten. Letztere stellen vor allem Bierschädlinge dar, nur wenige aus dieser Gruppe werden gezielt zum Brauen eingesetzt, unter anderen *Brettanomyces*-Arten.

Wer sich mit der Vielfalt der Hefen und deren Verwandtschaft auseinandersetzen will, dem ist das „Yeast-Tree-Project“ des Hobbybrauers und Doktors der Biotechnologie Kristoffer Krogerus aus Finnland wärmstens zu empfehlen. Er hat knapp 1200 Hefen nach deren genetischen Eigenschaften und ihren Verwandtschaftsverhältnissen sortiert. Spannend ist dabei auch die Zuordnung zu ihrer Verwendung und ihrer geografischen Herkunft. Das Projekt und viele Informationen von Kristoffer finden sich auf seiner Internetseite www.beer.suregork.com.

Hefen im Stammbaum des Lebens.

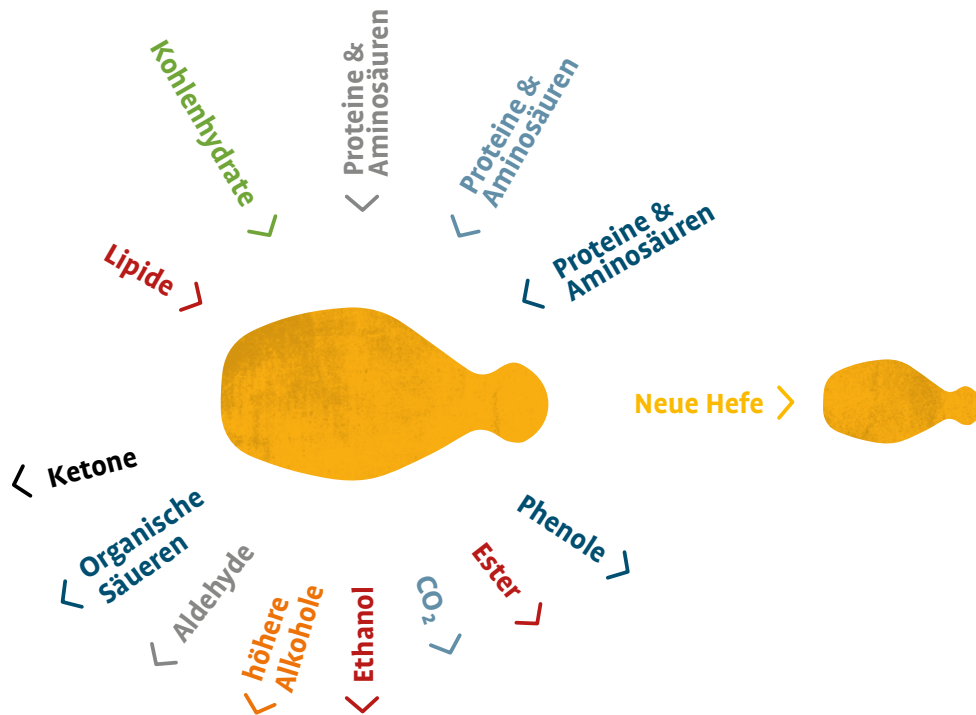




Die wichtigsten von der Hefe gebildeten Aromastoffe

Stoffklasse	Verbindung	Aroma	Geschmacksschwellenwert (mg/l)
Aldehyde	Acetaldehyd	Grüner Apfel	5,00–15,00
	Propanal	Apfel, Birne	0,025–0,40
	2-Methyl-Propanal	Banane	0,04–0,05
Ester	Isoamylacetat	Banane	1,0
	Ethylacetat	Süß, lösungsmittelartig	30
	Ethyl octanoat/Ethyl caprylat	Tropische Frucht, Apfel	0,50
	Phenylethylacetat	Rose, Honig	3,00
Höhere Alkohole	n-Propanol	Alkoholisch	600
	Isobutanol	Alkoholisch	100
	2-Methylbutanol	Alkoholisch	50
	2-Phenylethanol	Rosenartig, scharf	40
Ketone	Diacetyl	Butter	0,05–0,10
	2,3-Pentandion	Butter, fruchtig	0,50–1,50
Organische Säuren	Äpfelsäure	Sauer	Nicht bekannt
	Bernsteinsäure	Sauer	47
	Essigsäure	Sauer	54
	Milchsäure	Sauer	133
Phenole	4-Vinylguajacol	Nelke	0,38
	Eugenol	Nelke, würzig	0,10
	4-Vinylphenol	Nelke	0,77
	4-Ethylphenol	Pferdeschweiß	0,44
	4-Ethylguajacol	Pferdeschweiß, rauchig	0,60
Schwefelverbindungen	Schwefeldioxid	Stechend, Zündholz	0,005
	Schwefelwasserstoff	Faule Eier	0,10
	3-Mercapto-3-Methylbutylformiat	Stechend, Katzenurin	0,000005

Produkte des Hefestoffwechsels.

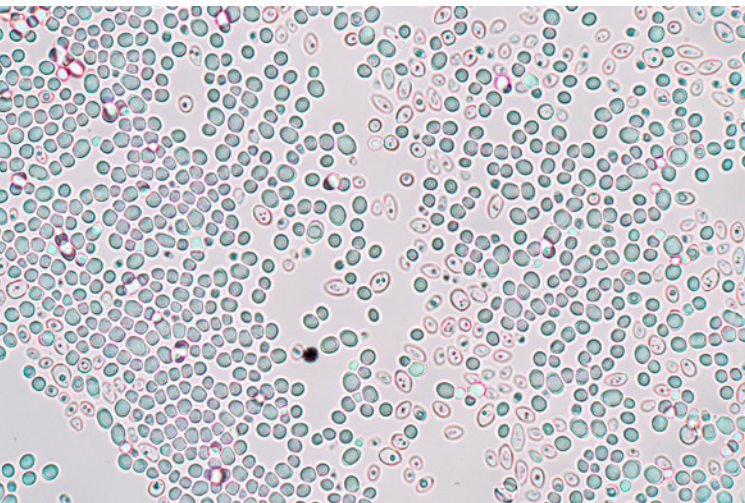


OBERGÄRIGE UND UNTERGÄRIGE HEFEN

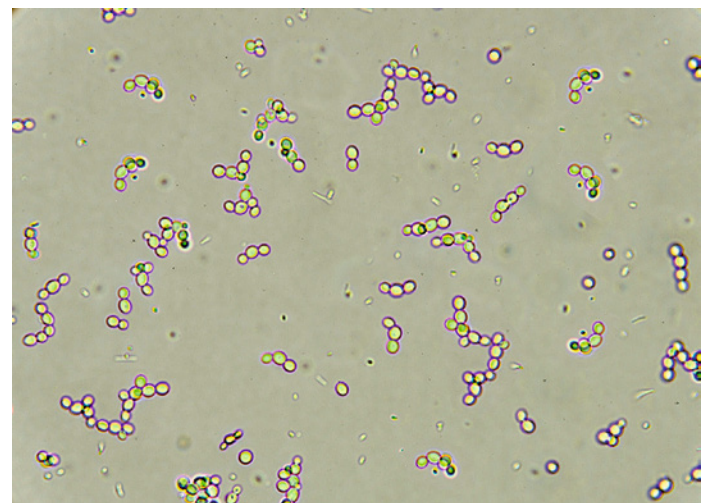
Bei den *Saccharomyces*-Hefen spielen zwei große Gruppen eine wichtige Rolle, zum einen *Saccharomyces cerevisiae*, die sogenannte obergärige Hefe, und zum anderen *Saccharomyces pastorianus*, auch als *Saccharomyces carlsbergensis* bekannt, die die Gruppe der sogenannten untergärigen Hefen bildet.

Ihre Bezeichnung haben die beiden Gruppen aufgrund des unterschiedlichen Verhaltens der Hefepilze während der Gärung erhalten. Die obergärigen Hefen bilden nämlich Sprossverbände und werden durch anhaftendes Kohlendioxid an die Oberfläche gebracht, während untergärige Hefen in Form von Einzelzellen auftreten, kein Kohlendioxid anlagern und entsprechend absinken.

Untergärige Hefe unter dem Mikroskop.



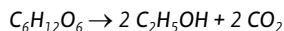
Obergärige Hefe unter dem Mikroskop.





Technologisch ist der große Unterschied vor allem der Temperaturbereich, in dem die Hefen aktiv sind. Untergärige Hefen können den Zucker bei wesentlich niedrigeren Temperaturen vergären und erzeugen dabei weniger Nebenprodukte. Obergärige Hefen brauchen höhere Temperaturen und erzeugen tendenziell auch mehr Gärungsnebenprodukte, was zu aromareicheren Bieren führt. Ein gutes Beispiel für ein untergärig vergorenes Bier ist ein Pils, das relativ wenig „Hefearomen“ aufweist, während ein bayerisches Weißbier ein typisches obergäriges Bier ist, das größtenteils von seinen Hefearomen lebt.

Die Hauptreaktion, die während der Gärung im Inneren der Hefezelle abläuft, wurde vom böhmischen Chemiker Karl Josef Napoleon Balling in der nach ihm benannten Formel beschrieben (siehe Seite 157). Demnach entstehen aus 2,0665 g vergärbarem Extrakt 1,0 g Alkohol, 0,9565 g Kohlendioxid und 0,11 g neue Hefe. Chemisch lässt sich diese Reaktion mit der folgenden Gleichung ausdrücken:



In Alltagssprache übersetzt heißt dies: Aus einem Molekül Glucose, also Zucker, werden zwei Moleküle Ethanol und zwei Moleküle Kohlendioxid.

REINZUCHTHEFE – ODER DOCH NICHT?

Um das Hefemanagement, das heute in modernen Brauereien üblich ist, verständlich zu machen, muss ich etwas ausholen. Lange Zeit war es üblich, „das Zeug“ einfach von Sud zu Sud wiederzuverwenden. „Das Zeug“ war eine bunte Mischung verschiedener Hefen und nicht selten auch anderer Mikroorganismen. Das war einer der Gründe, warum Bier früher schneller verdarb.

Dieser Zustand war jahrhundertlang „Stand der Technik“, bis zum 12. November 1883, als es Emil Christian Hansen, Labordirektor bei Carlsberg in Kopenhagen, erstmalig gelang, eine einzelne Hefezelle zu isolieren und zu vermehren. Die moderne Hefereinzucht war geboren, mit deren Hilfe man einen ganz bestimmten Stamm vermehren konnte.

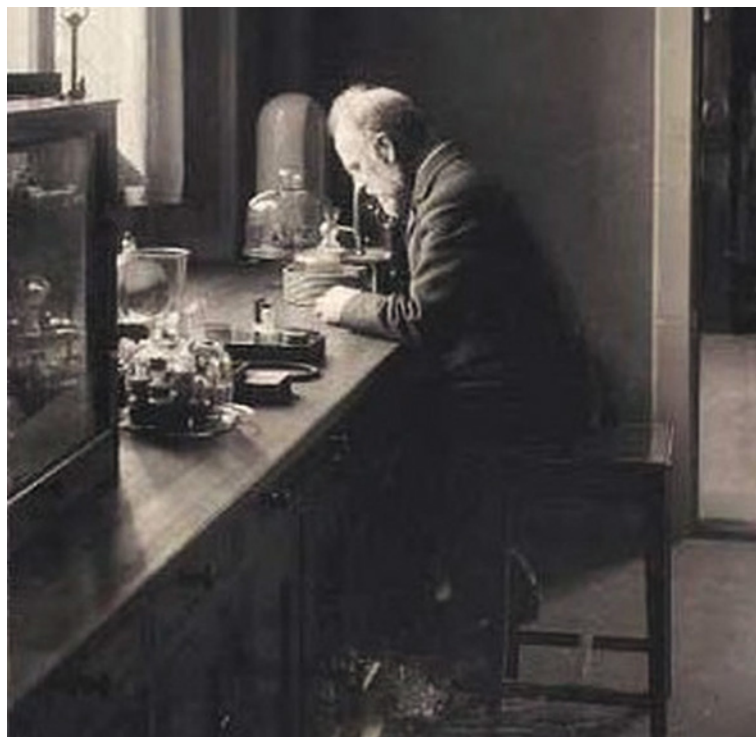
Zusammen mit dem Geschäftsführer der Brauerei, Søren Anton van der Aa Kühle, konstruierte Hansen die erste Hefereinzuchtanlage.

Das neue Verfahren konnte die Bierqualität so grundlegend verbessern, dass Hansen bereits 11 Jahre später in seinem Buch *Practical Studies in Fermentation* 173 Brauereien in 23 Ländern auflistete, die sein Verfahren und seinen Apparat nutzten. Mit den Hefebanken, die Hansens Verfahren nutzten und Brauereien mit Hefen versorgten, waren es in den wenigen Jahren insgesamt um die 400 Brauereien, die Reinzuchthefer nutzten, und dabei sind noch nicht mal diejenigen berücksichtigt, die eigene Anlagen bauten.

Die „andere“ Hefe

Natürlich probierten auch englische Brauer Hansens Verfahren aus, doch die neuen Biere unterschieden sich grundlegend von den bisher produzierten. Zunächst standen die Biere mit der Reinzuchthefer denen mit der herkömmlichen Betriebshefe zwar in nichts nach – bis sie abgefüllt wurden. Diejenigen mit Reinzuchthefer blieben danach schal, während die mit der Betriebshefe im Fass weitergärten und Kohlendioxid aufbauten. Zudem waren die Betriebshefe-Biere wesentlich komplexer im Aroma und hatten einen höheren Vergärungsgrad. Ausgerechnet Niels Hjelte Clausen, ein Nachfolger Hansens, fand die Erklärung: Ihm gelang es nämlich, einen weiteren Mikroorganismus aus dem Bier zu isolieren, und zwar einen, der in der Lage war, im bereits mit Reinzuchthefer vollständig vergorenen Bier eine zweite Gärung hervorzurufen. Clausen taufte

Emil Christian Hansen in seinem Labor.



diese Hefe, da er sie aus britischen Stock Ales isoliert hatte, *Brettanomyces* – der „britische Pilz“.

Eine Hefe – oder doch lieber zwei?

Weil die englischen Brauer, wie gesagt, Probleme damit hatten, ihre Biere bei Verwendung von Reinzuchthefen wie gewohnt im Fass reifen zu lassen, konnte Hansens Verfahren in England nicht Fuß fassen. Und so mussten die englischen Brauer weiterhin ihre „Betriebshefe“ nutzen – mit all deren Nachteilen in Bezug auf Infektionen durch bierverderbende Fremdorganismen. Henri van Laer von der Brauerschule in Gent, Belgien, fand schließlich einen Ausweg: Er isolierte die unterschiedlichen Hefen und bot Reinzuchthefen für die Haupt- und solche für die Nachgärung im Fass getrennt an. Damit war er dermaßen erfolgreich, dass er nach England zog, um dort „The British Pure Yeast Company“ mitzugründen.

Dieses Verfahren, das 1894 zum ersten Mal beschrieben wurde, wurde mehr als 100 Jahre später unter der Bezeichnung „Hefestopfen“ von einigen Craftbrauern wiederentdeckt.

Gleich und doch unterschiedlich

Gelegentlich stolpert man im Zusammenhang mit *Brettanomyces* auch über einen weiteren Namen, nämlich *Dekkera*. Beides sind im Grunde die gleichen Mikroorganismen, allerdings in unterschiedlichen Phasen ihres Lebenszyklus. Dabei beschreibt *Dekkera* die Phase der sexuellen Fortpflanzung, bei der das genetische Material der Vater- und der Mutterzelle gemischt wird, und *Brettanomyces* die Phase der asexuellen Fortpflanzung, bei der die Mutterzelle ihr eigenes Erbgut kopiert und sich durch Sprossung fortpflanzt, sich also quasi klonet.

ANDERE „FERMENTATIONSMIKROORGANISMEN“

Bei uns in Deutschland zwar selten, aber weltweit gesehen sehr geläufig: Nicht nur Hefen der Gattung *Saccharomyces* spielen bei der Fermentation von Bier eine Rolle. In manchen Bieren werden auch noch andere Mikroorganismen eingesetzt, entweder zusammen mit Brauerhefe oder auch alleine. Sei es, dass sie vom Brauer absichtlich als Kultur zugesetzt werden, sei es, dass sie auf natürlichem Wege ins Bier gelangen.

In letzterem Fall wird auch von Spontanvergärung gesprochen – wobei der Mensch oft nachhilft bei der „Spontanität“.

Die wichtigsten dieser Nicht-*Saccharomyces*-Fermentationsmikroorganismen sind folgende:

■ *Brettanomyces*

■ *Lactobacillus*

■ *Pediococcus*

Lactobacillus-Bakterien

„Lactos“, wie sie von Brauern oft genannt werden, sind stäbchenförmige, grampositive Bakterien aus der Familie der Lactobacillaceae, der sogenannten Milchsäurebakterien oder LAB (lactic acid bacteria). Neben Sauerbier sind sie zum Beispiel auch für Sauerkraut und Joghurt verantwortlich.

Lactos zählen zu den anaeroben Bakterien, das heißt, sie brauchen keinen Sauerstoff. Und sie erzeugen als Stoffwechselprodukt Milchsäure. Dabei erweitern sie sich aber als aerotolerant, das bedeutet, sie können durchaus auch bei Anwesenheit von Sauerstoff wachsen, benötigen ihn aber nicht zwingend für ihren Stoffwechsel, wie das beispielsweise bei atmenden Lebewesen der Fall ist.

Die meisten *Lactobacillus*-Arten brauchen zum Gedeihen Temperaturen zwischen 25–40 °C. Bei kalten Kellertemperaturen wachsen Lactos also nicht, was erklärt, warum die Biere mit Einführung der kalten Untergärung haltbarer wurden. Ebenso wie die Hefen benötigen Lactos Zucker, um daraus Energie zu gewinnen. Die meisten Arten tun dies über einen homofermentativen Stoffwechselweg, der nach seinen Entdeckern „Emden-Meyerhof-Parnas-Weg“ genannt wird. Andere Arten gewinnen ihre Energie jedoch – ausschließlich oder wahlweise – über den sogenannten heterofermentativen Weg, bei dem zwar ebenfalls Zucker der Energieträger ist, aber neben Milchsäure auch eine Vielzahl anderer Stoffwechselprodukte entstehen, wie zum Beispiel Ethanol und Kohlendioxid.

Lactos, die den heterofermentativen Stoffwechselweg beschreiten, können neben Hexosen auch Pentosen, also Zucker mit fünf Kohlenstoffatomen, nutzen. Solange Hexosen vorhanden sind, gewinnen sie auf homofermentativer Art Energie. Sie können aber auf den heterofermentativen Weg umschwenken, wenn die Hexosen zur Neige gehen. Dabei besitzen Lactos



Hintergrundwissen: Ein Koch auf die Lambic-Brauer!

Wie schon erwähnt kommt der Name *Brettanomyces* daher, dass die Hefe erstmals aus britischem Stock Ale isoliert wurde, für dessen Herstellung sie essenziell ist. Aber genau das wurde der „Brett“ fast zum Verhängnis, denn wie auf dem Kontinent wurden auch in England die schweren Stock Ales und Porters von leichteren sogenannten Running Ales und vor allem von Lagerbieren verdrängt. Diese lassen sich aber am besten mit Reinzuchtheffen brauen, *Brettanomyces* gilt in diesen Bieren als unerwünschter Geschmacksfehler. Das veranlasste John Lester Shimwell, einen Mikrobiologen und Brauer, der unter dem Pseudonym *Brettanomyces* im englischen *Brewer's Journal* schrieb, zu folgender Aussage:

„Einst ein für britische Brauereien unverzichtbarer Organismus in der Stock-Ale-Produktion, hat sie nun die Rolle eines Bierverderbers übernommen und verursacht bei Running Ales Sorgen und Ärger und übt ihre Rache an der Gemeinschaft der Brauer, die sie einst verstoßen hat. Die Probleme gehen vorbei und nach ein paar Wochen bleibt dieser aromatische und weinige Geschmack, der aber so gar nicht zum modernen Geschmack passen will.“

Wahrscheinlich wäre damit die Geschichte von „Brett“ im Bier zu Ende gewesen – wären da nicht die belgischen Lambic-Brauer. Diese vergären ihre Biere zwar spontan, aber um 1920 konnte *Brettanomyces* eindeutig aus Lambic isoliert werden. Ab den 1970er-Jahren wurde an der Universität von Leuven unter der Leitung von Professor Verachtert damit begonnen, den elementar wichtigen Einfluss dieser Hefe bei der Lambic-Herstellung zu erforschen.

Dabei wurden auch die Vorgänge während der langsamen Nachgärung aufgeklärt und es wurde entdeckt, warum *Brettanomyces* ebenso gut Bier verstoffwechseln kann, das vorher bereits von *Saccharomyces* endvergoren wurde. Diese Fähigkeit beruht auf dem Enzym α -Glucosidase, das von der Hefe abgesondert wird und das von unvergärbaren Dextrinen vergärbare Glucose abspaltet. Damit schafft es *Brettanomyces*, ungefähr weitere 1–2 GG% Extrakt abzubauen. Und genau das war es, was



Allsopp's Brewery, Burton upon Trent, UK: Holzfasslager um 1853.

bei den englischen Stock Ales gefehlt hat, als versucht wurde, sie mit Reinzuchthefer zu vergären. Außerdem konnte Verachtet die Produktion von Essig- und Milchsäure beobachten sowie einen massiven Anstieg von Ethylacetat. Im Laufe der Jahre wurden immer neue *Brettanomyces*-Stämme entdeckt, die teilweise sehr spezifische Aromaprofile aufweisen.

Anders als die meisten *Saccharomyces*-Arten ist *Brettanomyces*-Hefe relativ hart im Nehmen. Sie verträgt beispielsweise einen pH-Wert von 2, also ein sehr saures Milieu, und einen Alkoholgehalt bis zu 15 Vol.%. Dabei ist sie äußerst genügsam. Ihr reicht bereits eine Konzentration an vergärbaren Zuckern von weniger als 300 mg/l, wobei sie, wie gesagt, andere Zucker vergären kann als *Saccharomyces*. Haben Brauereihefen oft ein Problem mit der ausreichenden Stickstoffversorgung und brauchen idealerweise über 200 mg/l freien Aminostickstoff, genügt der „Brett“ weniger als 6 mg/l davon zum Überleben und sie ist sogar in der Lage, Nitrat als Stickstoffquelle zu nutzen. Diese Genügsamkeit und die Fähigkeit, Biofilme zu bilden, hilft den *Brettanomyces*-Hefen auch, lange „Durstphasen“ zu überstehen. So sind in vielen Lambic-Brauereien die Holzteile in den Gebäuden, aber auch die Holzbottiche von ganz bestimmten *Brettanomyces*-Arten besiedelt, die die Brauer natürlich kennen und entsprechend nutzen.

Das ist auch der Punkt, den man beachten muss, wenn man von spontaner Vergärung spricht. Es macht einen Unterschied, ob ein Bier umkippt oder ob es tatsächlich spontan vergoren wird. Die



Kühlschiff der Brasserie Cantillon in Anderlecht, Belgien.

Lambic-Brauer in Belgien pumpen nämlich mitnichten ihre Würze auf das Kühlschiff und überlassen sie hier sich selbst. Sie treffen einige Vorsichtsmaßnahmen und Vorbereitungen. Zum einen werden diese Gebäude seit Jahrzehnten, teilweise seit Jahrhunderten so gepflegt, dass das ursprüngliche Holz und der Wandverputz und damit auch die Mikroflora erhalten bleiben. Ist wirklich einmal eine Erneuerung nötig, wird dem Putz altes Bier beige-mischt. Außerdem wird nur in der kalten Jahreszeit gebraut,

da sich dann weniger Mikroorganismen in der Luft befinden, als wenn zum Beispiel gerade das Obst reif ist. Auch kommt die Würze am Abend auf das Kühlschiff und frühmorgens wird sie abgepumpt, da nachts weniger Insekten und Staub und damit auch Mikroorganismen unterwegs sind.

auch die nötigen Enzyme, um Zweifachzucker nutzen zu können, also Kohlenhydrate, die aus zwei Molekülen eines Einfachzuckers aufgebaut sind, wie etwa die Maltose oder die Saccharose, unser Haushaltszucker. Die Lactos bauen maximal rund 1 % des Extrakts ab,

bevor der pH-Wert soweit sinkt, dass sie ihr Wachstum und ihren Stoffwechsel einstellen.

Die Tabelle auf der rechten Seite oben gibt einen Überblick über einige *Lactobacillus*-Arten, die beim Bierbrauen eingesetzt werden, und welche Art von Stoffwechsel sie betreiben.