Stoffstrom Getränkeherstellung - Bier

Allgemeines

Bier entsteht durch die alkoholische Gärung aus **Malz**, **Hopfen** und **Wasser**. Der Gehalt an Kohlenhydraten, Eiweiß, Mineralstoffen, Kohlensäure und Alkohol beträgt insgesamt etwa 10 Prozent.

Malz ist **gekeimtes** und wieder **getrocknetes Getreide**. Es bildet die **Kohlenhydrat-Basis** des Brauprozesses. Durch das Mälzen entstehen Enzyme, welche die Bestandteile des Getreidekorns für das Brauen aufschließen. Ein Teil der Stärke wird dabei in Disaccharide wie z.B. Maltose zerlegt.

Der wichtigster **Reststoff** beim Brauen ist der sog. **Treber**, ein **spelzen**- und **proteinreiches Futtermittel**.

Bier ist mengenmäßig betrachtet das **beliebteste alkoholische Getränk** in **Deutschland**. Der jährliche **Pro-Kopf-Verbrauch** beträgt ca. **ein Hektoliter (hl)**. Aber nicht nur hierzulande sondern auch im Ausland wird deutsches Bier geschätzt. Gut 15 % der **Produktion** von **92 Mio. hl** gelangten 2019 in den Export. Italien, Frankreich und die Niederlande sind die wichtigsten Abnehmerländer. Etwa halb so groß wie der Bierexport ist der Import. Hier liegt Dänemark an erster Stelle.

Von jeher sichern **strenge Regularien** wie z.B. das Reinheitsgebot von 1516 die **Qualität** der in Deutschland gebrauten Biere. So darf bei **untergärigen Bieren** wie z.B. Pils-Sorten **nur Gerstenmalz** verwendet werden. Für obergärige Sorten hingegen sind auch Roggen-, Weizen- oder Dinkelmalz erlaubt.

Erstaunlich ist die große Zahl **deutscher Braustätten**, die mit **1.550** für das Jahr 2019 angegeben wird. Hierin sind alle Einrichtungen erfasst, von **Mikro-Brauereien** und Start-ups, die versuchen, mit neuen Bierkreationen am Markt Fuß zu fassen, bis hin zu industriellen Großbetrieben, die mehr als 2 Mio. hl pro Jahr erzeugen. Allerdings tragen 70 % der Betriebe mit einer jährlichen Kapazität bis maximal 3.000 hl lediglich mit 0,6 % zum deutschen Bierausstoß bei, während **26 Großbrauereien** mit mehr als 1 Mio. hl Kapazität (1,7 % aller Braubetriebe) einen Anteil von **60 %** an der **Jahresproduktion** haben.

Anzumerken wäre noch, dass die Zahl der **Kleinbetriebe** (Hausbrauereien und Brauereien mit einem Craft Beer Sortiment) in den letzten zehn Jahren **kräftig angestiegen** ist (ca. 200), obwohl der Pro-Kopf-Verbrauch im gleichen Zeitraum kontinuierlich um 1 % p.a. abgenommen hat.

Der Großteil der Braubetriebe befindet sich im Süden und im Westen Deutschlands. **15 %** der **Braustätten** produzieren in den **Neuen Bundesländern**.

Der **Biermarkt** ist hart **umkämpft**. In den vergangenen 20 Jahren haben sich international tätige Braukonzerne wie **Anheuser-Busch InBev (B)** und **Carlsberg (DK)** in **Deutschland eingekauft** und den Druck auf das hiesige Establishment - angeführt durch die Radeberger Brauereigruppe, die zum Oetker-Konzern gehört - stark erhöht. Eigentümerwechsel, Kapazitätsanpassungen und Betriebsschließungen aber auch Maßnahmen zur Minimierung der Betriebskosten und die Errichtung neuer Produktionsanlagen waren die Folge.

Die wichtigsten in Deutschland aktiven Brauereigruppen sind im Anhang wiedergegeben. Hinzuzufügen ist noch, dass **Anheuser-Busch InBev** der **weltgrößte Braukonzern** ist, der ein **Drittel** der **globalen Braukapazität** kontrolliert. **Carlsberg** gehört ebenfalls zu den Schwergewichten am internationalen Biermarkt.

Produktion

- **Welt** (2019): 1,9 Mrd. hl
  - Die 20 wichtigsten Braunationen erzeugten zusammen 1,5 Mrd. hl. China ist der **größte Produzent** mit einen **Weltmarktanteil** von **20 %** gefolgt von USA (11 %), Brasilien (8 %), Mexiko (7 %) und Deutschland (6 %).
- **EU** (2018): 406 Mio. hl
- **D** (2019): 92 Mio. hl

Deutsche Braustätten

2019 gab es in **Deutschland 1.548 Braustätten** (Quelle: Statistisches Bundesamt). **Bayern** führt mit **647 Einrichtungen** die Tabelle an gefolgt von Baden-Württemberg (210) und Nordrhein-Westfalen (162).

Im Vergleich hierzu ist die **Zahl** der **Brauereien** in den **Neuen Bundesländern klein**. In Sachsen und Brandenburg (inkl. Berlin) gibt es 77 bzw. 73 Braustätten. Thüringen folgt mit 43 Einrichtungen und in **Sachsen-Anhalt** und Mecklenburg-Vorpommern werden **24** bzw. 22 Brauereien betrieben.

Bleibt noch anzumerken, dass die Statistik alle Braustätten erfasst, die dem **Biersteuergesetz** unterliegen, welches bereits ab einer Produktionsmenge von **2 hl p.a.** greift. Dementsprechend werden - angefangen von der Mikrobrauerei mit wenigen Hundert Hektolitern Ausstoß bis hin zum großen Industriebrauzentrum mit einer Jahresproduktion von mehreren Millionen Hektolitern - praktisch alle deutschen Brauaktivitäten gezählt.

Vermutlich sind **nur größere Unternehmen** an **Nutzungsalternativen** für **Reststoffe** aus dem Brauprozess **interessiert**. Da es in **Sachsen-Anhalt** nur eine Großbrauerei (**Hasseröder** in Wernigerode) gibt, wurden auch noch **Sachsen** und **Thüringen** mitbetrachtet. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Auswahl d. großen Brauereien wieder.

Bundesland	Brauerei	Brauereigruppe
Sachsen-Anhalt	Hasseröder, Wernigerode	Anheuser-Busch InBev Deutschland
Sachsen	Sternburg, Leipzig	Radeberger (Oetker)
Sachsen	Radeberger Exportbierbrauerei	Radeberger (Oetker)
Sachsen	Krostitzer Brauerei	Radeberger (Oetker)
Sachsen	Freiberger Brauhaus	Radeberger (Oetker)
Sachsen	Feldschlößchen, Dresden	TCB/ Frankfurter Brauhaus
Sachsen	Mauritius, Zwickau	Dinkelacker/Schwaben Bräu
Sachsen	Sternquell-Brauerei, Plauen	Paulaner Brauerei
Sachsen	Wernesgrüner Brauerei	Carlsberg Deutschland
Thüringen	Öttinger, Gotha	Öttinger Brauerei
Thüringen	Köstritzer	Bitburger

Tab.10 Brauereien in Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen (Auswahl)

Reststoffe im Brauprozesses

Verfahrenstechnisch gesehen ist der Brauprozess ein **Satzbetrieb**, bei dem die einzelnen Operationen instationär in einer Reihe von hintereinandergeschalteten Reaktoren ablaufen. Am Ende einzelner Prozessschritte erfolgt eine **sorgfältige Abtrennung** von **Feststoffen** und Ausfällungen, um Beeinträchtigungen in den nachfolgenden Prozessstufen (wie z.B. in der Gärung) zu vermeiden und ein kristallklares Endprodukt zu erhalten. Die Herstellung ist **zeitaufwändig**. Große Tankkapazitäten sind für die **mehrwöchige Reifung** des Bieres erforderlich.

In der nachfolgenden Grafik ist markiert, an welchen Stellen Reststoffe im Brauprozess anfallen.

Abb.22 Brauprozess

Der Prozess startet mit der **Zerkleinerung** des **Braumalzes**, welches in der **Maischepfanne** mit Wasser versetzt und stufenweise erhitzt wird. Dabei verflüssigen sich schwerlösliche Bestandteile des Malzschrots. Es entsteht die sog. **Würze,** welche im Läuterbottich von den **Malztrebern** - einem Gemenge aus **Spelzen** und anderen ungelösten Anteilen des Malzes sowie **koaguliertem Eiweiß** - getrennt wird.

Nach dem Entfernen unlöslicher Bestandteile gelangt die geklärte Würze in die **Würzepfanne**. Hier erfolgt das **Kochen** der mit **Hopfen** versetzten Flüssigkeit zum Zwecke der Sterilisation, Eiweißfällung und Austreibung aromaintensiver Substanzen. Außerdem wird bei diesem Prozessschritt der **Stammwürze-Gehalt** - ein Maß für die aus dem Malz gelösten Inhaltsstoffe - eingestellt.

Im **Whirlpool** findet die Klärung der Würze statt, die tangential in den Behälter einströmt und die darin befindliche Flüssigkeit in Rotation versetzt. Unlösliche

Bestandteile wie Hopfenreste und gefälltes Eiweiß sammeln sich dabei im sog. **Trubkegel** über dem konisch geformten Boden an. Nachdem die Flüssigkeit zur Ruhe gekommen ist, wird diese vorsichtig abgepumpt, gekühlt und in den **Anstelltank** gefördert, wo die **Gärung** durch **Hefezugabe** gestartet wird.

Die Abscheidung im Whirlpool wird auch **Heißtrub** genannt. Der Rückstand, der nach der Abkühlung der Würze anfällt, ist der **Kühltrub**.

Bei der mehrtägigen Gärung werden hauptsächlich das Disaccharid Maltose, daneben aber auch Saccharose, Glucose und Fructose sowie das Trisaccharid Maltotriose in Ethanol und Kohlendioxid umgewandelt. Es bildet sich als **weiterer Reststoff** die sog. **Überschusshefe**, die aus den Gärtanks abgezogen wird. Das sog. **Jungbier** wird anschließend in große Tanks **umgefüllt**, wo die **Nachgärung** abläuft. Dort lagert das Bier bei etwa null Grad für mehrere Wochen bis zur vollendeten Reife. Dabei wird noch **Resthefe** (**Geläger**) gebildet. Vor der Abfüllung wird das Bier noch einmal über **Kieselgur filtriert**, um die letzten Hefereste zu entfernen und ein kristallklares Produkt für die Abfüllung zu erhalten.

Die nachfolgende **Tabelle** gibt Auskunft über die **spezifische Reststoffmenge**, die bei der Herstellung von einem Hektoliter Vollbier entsteht.

Tab. 2.1: Spezifisches Reststoffaufkommen während der Bierherstellung (BEHMEL, 1993; NARZIß, 2004 & HACKENSELLNER, 2001)

Produktionsreststoff	*Produktionsschritt*	Menge in kg/hl VB
Malzstaub	Schroten	0,05 – 0,25
Treber	Maischen	16,0 – 20,0
Heißtrub	Würzekochung	0,8 – 1,6
Kühltrub	Würzekühlung	0,3 – 0,6
Überschußhefe/Geläger	alkoholische Gärung	2,0 – 2,6
Kieselgur	Filtration	0,65
Papier/Etiketten	Flaschenreinigung	0,30
Abwasser	allgemein	250 - 600

Tab.11 spezifische Reststoffmengen - Bierbrauen

Biertreber besteht aus den Malzfraktionen, die beim Maischvorgang nicht in Lösung gegangen sind. Die chemische Zusammensetzung hängt vom Brauprozess, der Biersorte und dem verwendeten Getreide ab.

Tab. 2.2: Durchschnittliche Zusammensetzung der verwendeten Treber in Mass.-% der Trockensubstanz (MÖLLER, 1992; BEHMEL, 1993, SANTOS et al., 2003, NARZIß, 2004 & MUSATTO et al., 2006)

		Gerstentreber	Gersten-/Weizen-Treber
leicht abbaubare Fraktionen	Eiweiß	20 - 28	20 -28
	Fett	8 - 18	8 - 18
	Stärke	0,8 – 1,0	0,6 – 1,0
schwer/ nicht abbaubare Fraktionen	Hemizellulose	25 - 30	35 - 40
	Zellulose	18 - 20	14 - 16
	Lignin	8 - 10	4 - 7
	Asche	3 - 4	3 - 4

Tab.12 Zusammensetzung - Biertreber

Bei der Verarbeitung von **100 kg Gerstenmalz** bilden sich **120 - 130 kg Nasstreber**. Der Gehalt an **Trockenmasse** liegt bei ca. **24 %.** In neueren Brauereien werden Treber auf über 28 % Trockenmasse abgepresst (Presstreber).

Der **Anteil** von **Biertreber** an der **organischen Reststoffmenge** einer Brauerei beläuft sich auf **80 %.** Jährlich fällt in Deutschland Biertreber in einer Menge von 2 Mio. t an.

Biertreber sind ein hochwertiges **Eiweißfuttermittel** für **Rinder**. Da Biertreber sehr wasserreich sind, werden sie normalerweise **frisch verfüttert** oder unmittelbar nach der Anlieferung **siliert**. Die Trocknung ist ebenfalls möglich. **Getrocknete Biertreber** sind Bestandteile von **Kraftfuttermischungen**.

Biertreber geht in Deutschland **überwiegend** in die **Fütterung**. Die Verwertung in einer **Biogasanlage** sowie die direkte **thermische Nutzung** sind ebenfalls möglich. Die Verweilzeiten sind allerdings bei der Fermentation wegen des hohen Gehalts an Hemicellulose, Cellulose und Lignin besonders lang und der hohe Wasser- und Proteingehalt ist für die direkte thermische Nutzung nachteilig.

Tab. 2.3: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Trubstoffe in Mass.-% der Trockensubstanz (BEHMEL, 1993 & NARZIß, 2004)

	Heißtrub	Kühltrub
Protein	40 – 70	50
Bitterstoffe	7 –32	-
Fettsäuren	1 – 2	-
Polyphenole	4 – 8	15 – 25
Kohlenhydrate	4 – 10	20 – 30
Mineralstoffe	≥ 3	-

Tab.13 Zusammensetzung Heiß- und Kühltrub

Heiß- und Kühltrub weisen unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Heißtrub bildet sich durch hitzebedingte Koagulation von Proteinen bei der Würzekochung und wird im Whirlpool abgetrennt. Der Kühltrub enthält alle Abscheidungen, die bei der Würzekühlung entstehen.

Im Anstelltank, wo der Gärprozess nach Zugabe von Hefe zur gekühlten Würze gestartet wird, sedimentiert der Kühltrub infolge seines höheren spezifischen Gewichts ab und wird nach dem Abpumpen der Würze in den Gärkeller bei der Reinigung des Anstelltanks entfernt.

Bitterstoffe und Polyphenole stammen aus dem Hopfen. Der TS-Gehalt der Trubstoffe ist mit 4 Gew. % relativ gering.

In den meisten Brauereien wird **Heiß**- und **Kühltrub** dem **Treber zugesetzt** und alles zusammen abgegeben

Tab. 2.4: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung von Hefe in Mass.-% der Trockensubstanz (ANNEMÜLLER et al., 2005)

	Anteil
Protein	45 – 60
Kohlenhydrate	15 – 39
Fett	2 - 12
Mineralstoffe	6 - 12

Tab.14 Zusammensetzung von Bierhefe

.

Bei der **alkoholischen Gärung vergrößert** sich die **Hefemenge**. Die aus der Gärung stammende Substanz wird als **Überschusshefe** bezeichnet. Bei der Reifung des Bieres entsteht die sog. **Gelägerhefe**. Der Trockensubstanzgehalt wird mit 10 Gew. % angegeben.

Hefe wird nach der Reinigung in Hydrozyklonen erneut zur Gärung eingesetzt.

Überschuss- und Gelägerhefe finden wegen des hohen Proteingehalts Verwendung als **Zusätze** für **Futtermittel**. **Kosmetik**- und **Pharmaindustrie** extrahieren aus den Hefen **Wertstoffe**.

Nutzungsalternativen für Reststoffe aus der Bierherstellung

Wertstoffe aus Biertreber

An der **TU Bergakademie Freiberg** werden im Rahmen eines vom Land Sachsen geförderten Forschungsvorhabens Untersuchungen zur Gewinnung von **Wertstoffen** aus dem **Presswasser** von Biertreber durchgeführt. **Projektpartner** ist dabei die **Freiberger Brauhaus GmbH**, die der Radeberger Gruppe angehört. Die potentiellen **Zielprodukte Proteine**, **Polyphenole** und **Zucker** sollen mittels einfacher oder hybrider Verschaltungen von **Membransystemen** fraktioniert werden. Außerdem kommt die **Extraktion** mit **überkritischem CO_2** zum Einsatz kommen, um **Präbiotika** und **Antioxidantien** aus Treber-Presswasser gewinnen zu können. Eine Veröffentlichung über das Vorhaben ist in der Zeitschrift *Chem. Ing. Tech. 2019, 91, No. 9, 1314-1325* zu finden.

Um neuartige Nutzungskonzepte für Biertreber bemüht man sich auch an der **TU Kaiserslautern**. Im Gegensatz zu bestehenden Bioraffineriekonzepten sollen **wasserlösliche Komponenten** durch **Pressen** abgetrennt und als Grundlage für eine **Milchsäurefermentation** mit *Lactobazillus delbrueckii* verwendet werden. Die verbleibenden strukturellen Kohlenhydrate des Rückstands (Cellulose, Hemicellulose) werden durch hydrothermale und enzymatische Vorbehandlung in **fermentierbare Zucker** überführt. Es entstehen deutlich weniger Nebenprodukte, die das Wachstum von Mikroorganismen inhibieren können, als bei der Nutzung von nicht abgepresstem Treber. *(Chem. Ing. Tech. 2019, 91, No. 11, 1606-1614)*

Zusätzlich zur Nutzung als Tierfutter wird das Potential von Treber als **Nahrungs(ergänzungs)mittel** gesehen. Hier kommen Impulse aus der Craft-Brewing-Bewegung, wo ein ganzheitlicher Ansatz für die Nutzung des Rohstoffs Getreide und eine Zero-Waste-Philosophy verfolgt werden. **Trebermehl** zum **Brotbacken**, **Müsliriegel** und **Chips** auf Treber- und Bierhefebasis werden ebenso angeboten wie **Verpackungsmaterial** und **Männerkosmetik**. Bleibt abzuwarten was sich langfristig beim Verbraucher durchsetzen wird.

Erläuterungen zum Craft Brewing finden sich im Anhang.

Quellen

- Deutscher Brauer-Bund e.V.
- Sächsischer Brauerbund
- Deutsche Brauereien (Quellen im Internet)
- www.wirtshausfreunde.de
- Zeitschrift BRAUWELT
- Dissertation Thomas Herfellner, TUM, 2011 (Reststofftabellen)

Anhang

Mikrobrauereien & „Craft Beer“

„Als Mikrobrauerei wird ein Braubetrieb bezeichnet, der ein geringes Produktionsvolumen aufweist, unabhängig von großen Brauereigruppen agiert und einen alternativen Ansatz zum Bierbrauen bietet. Typischerweise legt ein solches Unternehmen besonderen Wert auf Methoden, Geschmack, Qualität und Kundennähe. Die Mikrobrauerbewegung begann in den 1970er-Jahren im UK und breitete sich in der Folge auch in anderen Biernationen aus. In den USA entwickelte sich hieraus das Craft Brewing. Oft werden Mikrobrauereien als Brauhäuser betrieben. Als Richtwert für die Verzeichnung auf der Karte 7 gilt ein maximales Produktionsvolumen von 15.000 Hektoliter pro Jahr.

Craft Beer ist handwerklich gebrautes, zumeist aus einer Mikrobrauerei stammendes Bier. Charakteristisch für das Craft Brewing sind Neuinterpretationen alter Biersorten und die Erzeugung ungewöhnlicher Aromen durch untypische Zutaten. Mit unkonventionellen Geschmacksrichtungen, traditionellen Herstellungsmethoden und geringen Produktionsvolumen positioniert sich Craft Beer bewusst als Gegensatz zu industriell gefertigter Massenware.“

(https://www.mikrobrauer.com/?map=de#7/51.163/10.448)

Die größten deutschen Brauereigruppen (Bierausstoß)

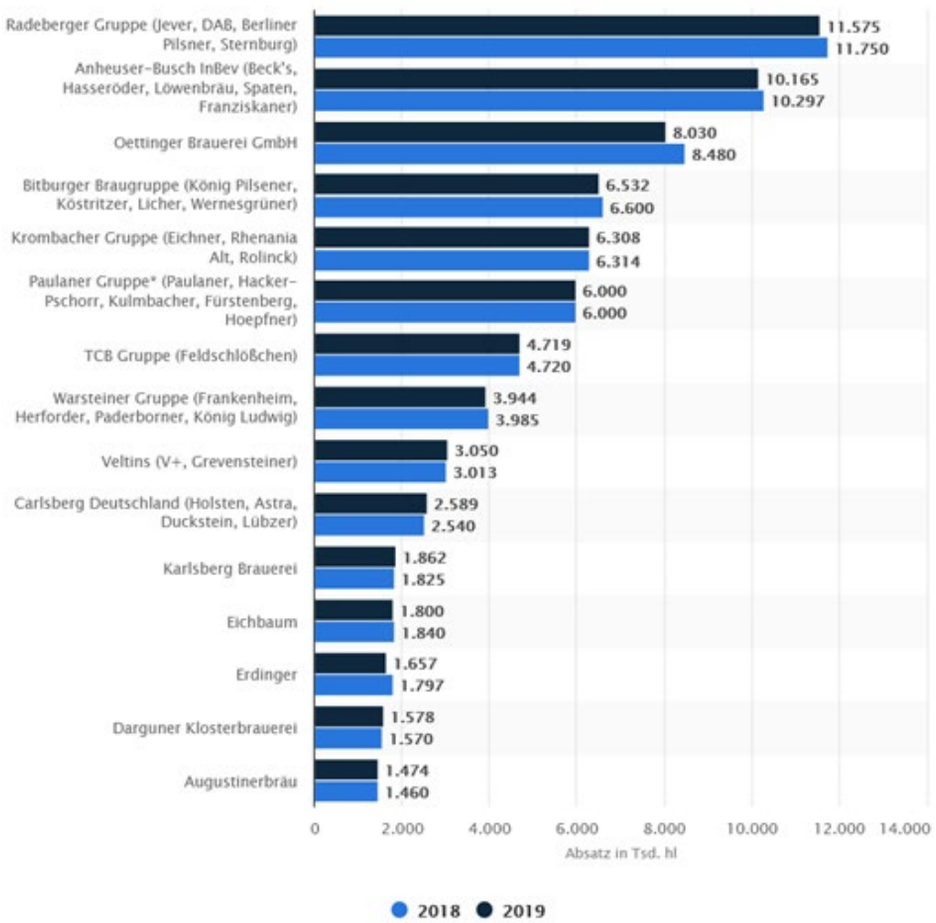

Abb.23 Bierabsatz in Tsd. hl

Quelle: Statista