



Bier-Analytik: Experimentelle Bestimmungsverfahren wichtiger Prozess- und Bierkennwerte

Temperatur, pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit, Wasseranalytik (Restalkalität, Karbonathärte, Gesamthärte u.a.), Extraktwerte (Plato °P, SG/OG/FG), Stärkenachweis, DO ($O_{2\text{gel}}$), CO_2 -Druck, Vol.-%/ABV, IBU, SRM/EBC

Handlingtipp Nr. 14

BrauLabor

Bieranalytik:
Bestimmungsverfahren

Handlingtipp

Tipps für das Braulabor

Der gesamte Brauprozess und die Charakterisierung von Bier ist eine spannende messtechnische Herausforderung für den Brauer. Da ist zunächst das Brauwasser, das gewisse chemische Erfordernisse erfüllen muss, je nach Bierstil und Brauphasen. Dazu gehören insbesondere auch die Maische und später die Bierwürzen, insbesondere die Anstellwürze. Der Verlauf der Gärung während der Hauptgärung (Primärgärung), der richtige Moment zur Flaschenabfüllung für die darin verlaufende Nachgärung (Sekundärgärung) muss zwingend messtechnisch erfasst werden. Auch das finale Endprodukt kann mit wenigen Kennwerten charakterisiert werden.

Im Folgenden werden die analytisch fassbaren Kenndaten kurz **charakterisiert**, **priorisiert** (!!!! sehr wichtig bis ! weniger wichtig) und **Messverfahren** zugeordnet, die dem Heimbrauer technisch und finanziell zugänglich sind.

Messwert	Priorität	Charakterisierung/Bedeutung	Messtechnik Bestimmung
Temperatur	!!!!	zentraler Faktor bei Bierherstellung, z.B. in verschiedenen Maischestufen (→ Enzymaktivierung, Enzym-Denaturierung), Sud, optimale Gärtemperatur, Lagertemperatur	klassische Thermometer, elektronische Thermometer → hier > 2 Temperaturmessungen Anleitung Exp > S. 3-4
pH-Wert	!!!!	beeinflusst alle Enzymaktivitäten, z.B. Amylasen des Stärkeabbaus → Maltosebildung	pH-Papier/pH-Teststäbchen, Flüssigindikatoren, pH-Meter → hier > 3 pH-Messungen
H ₂ O: elektr. Leitfähigkeit	!!!	Zentraler Summenparameter für die Ionenkonzentration (Elektrolytgehalt). Hauptelektrolyte sind Calcium Ca^{2+} , Magnesium Mg^{2+} , Hydrogencarbonat HCO_3^- , Natrium Na^+ und Chlorid Cl^- . Er ist ein Hinweis für den Mineralisationsgrad, aber auch evtl. Verschmutzung oder Veränderung der Wasserzusammensetzung	Leitfähigkeits- $[\mu S/cm]$ /TDS[ppm] Messgeräte (hier > 5 Leitfähigkeitsmessung). Mikrosiemens ist die Masseinheit des elektrischen Leitwerts und daraus errechnet sich auch der ppm-Wert, also die Masseinheit für die gelösten Feststoffe im Wasser. Mit beiden Werten lässt sich die Konstanz der Wasserqualität abschätzen → hier > 2.10 Kenngröße 9 elektr. Leitfähigkeit, Messanleitung hier

Messwert	Priorität	Charakterisierung/Bedeutung	Messtechnik Bestimmung
H ₂ O: Restalkalität	!!!	Dieser Parameter ist die wichtigste Kennzahl für das Brauwasser: Für die Maische ist ein niedriger pH-Wert (5.2-5.8) entscheidend, damit die stärkeabbauenden Enzyme optimal wirksam sind. Dies wird durch Brauwasser mit niedriger Restalkalität erreicht (eine hohe Restalkalität erhöht den WürzepH, behindert Enzymreaktionen, verringert Sudhausausbeute)	Die Restalkalität ein mehrstufiges indirektes rechnerisches Verfahren, nachdem zunächst experimentell die entscheidenden chemischen Parameter der 1. Karbonathärte 2. Calciumhärte 3. Magnesiumhärte - und diese wiederum rechnerisch über die 4. Gesamthärte und die Calciumhärte erfasst wurden. Siehe hier > 2.8. Restalkalität, Messanleitung hier
H ₂ O: Karbonathärte	!!(!)	syn. temporäre Härte, vorübergehende Härte, Säurebindungsvermögen: HCO ₃ ⁻ -Ionen verursachen einen pH-Anstieg durch H ⁺ ("Säureteilchen")-Entzug -> negativer Einfluss z.B. auf Maischeenzymaktivitäten. (!) Der Karbonathärtewert wird zur Bestimmung der Restalkalität benötigt!	Titrimetrisches Verfahren mit Salzsäure und Säure-/Basen-Indikatoren wie Phenolphthalein oder Mischindikatoren. Siehe hier > 2.5. Karbonathärte Anleitung hier
H ₂ O: Gesamthärte	!!(!)	Die Gesamthärte (im Gegensatz zur Karbonathärte) kann sich positiv auf den Brauvorgang auswirken, da sie Säure freisetzen und damit teilweise die unerwünschte Karbonathärte neutralisieren können. (!) Der Bestimmung der Gesamthärte wird primär zur Berechnung der Restalkalität benötigt!	Titrimetrische oder kolorimetrische Verfahren (Titration mit EDTA/Titriplex-III, Teststäbchen), iDio Fotometer). Siehe hier > 2.4 Gesamthärte Anleitung hier
H ₂ O: Nicht-Karbonathärte	!	syn. permanente Härte, Mineralsäurehärte: umfasst primär die Sulfate von Mg ²⁺ und Ca ²⁺ (CaSO ₄ Gips!), welche den Brauprozess kaum beeinflussen (Ausnahme: sehr weiches Wasser benötigende Bierstile)	Rechnerische Erfassung der NKH-Härte aus Gesamthärte und Karbonathärte). Siehe hier > 2.7 Nichtkarbonathärte Anleitung hier
H ₂ O: Ca ²⁺ /Mg ²⁺ - Ionen	!!(!)	Ca ²⁺ und Mg ²⁺ -Ionen sorgen im Maischeprozess für zusätzliche Säurefreisetzung -> Erniedrigung Maische-pH, Erniedrigung Restalkalität. (!) Die Ca ²⁺ - und Mg ²⁺ -Werte werden zur Bestimmung der Restalkalität benötigt!	Fotometrisches Verfahren und komplexometrische Titration. Siehe hier > 2.6. Calcium und Magnesium Anleitung hier
H ₂ O: weitere Ionen (Na ⁺ , K ⁺ , Chlor/ Chlorid Cl ⁻ , Sulfat SO ₄ ²⁻ , Nitrationen NO ₃ ⁻ , Eisenionen)	!	Weitere teilweise relevante Ionen sind Natrium, Chlorid, Kalium, Sulfat, Nitrat, Eisen, Kupfer und Zink. Deren Funktionen im Brauprozess sind hier > 2.9. Wasserinhaltsstoffe kurz dargestellt. Beachtenswert sind die Richtwerte bzw. evtl. Abweichungen davon.	Siehe hier > 2.9. weitere Wasserinhaltsstoffe Anleitungen hier > 3.8.
DO: gelöster O ₂	!	Während im Brauprozess die Sauerstoffaufnahme während der Lagerung und Abfüllung minimiert werden muss (z.B. mit CO ₂ -Begasung), spielt ein genügend hoher O ₂ -Gehalt nach der Anstellung der gekochten Bierwürze für die erste Phase der aeroben Hefevermehrung eine wichtige Rolle (optimal ca. 8-12 ppm O ₂ , je nach Hefestamm).	Siehe hier > 2.11. Gelöster Sauerstoffgehalt Anleitung demnächst hier

Messwert	Priorität	Charakterisierung/Bedeutung	Messtechnik Bestimmung
Stärke-nachweis	!!!	Damit der Maischeprozess nicht vor der vollständigen Ver-zuckerung abgebrochen wird, sollte man immer mittels der Iod-probe auf evtl. Reststärke untersuchen.	Chemischer Iodnachweis (Iod lagert sich in Stärkekettchen ein → Blau-färbung (Amylose) und violette Verfärbung (Amylopektin), daraus Mischfarbe violettbraun bis blau-schwarz. Siehe hier > 2.13.1 Iodprobe Anleitung hier
Extrakt-dichte °P, SG/OG/FG	!!!	Der Stammwürzegehalt ist der Haupteinflussfaktor für den spä-teren Alkoholgehalt und den Nährwert des fertigen Bieres. Der Ablauf der Gärung und der Zeitpunkt zur Flaschenabfüllung kann durch Bestimmung des Extraktgehaltes (Specific Gravity SG) optimal verfolgt bzw. bestimmt werden.	Der Extraktgehalt kann aus Dichte-messungen (Bierwürzespindeln), Lichtbrechung (Brechungsindex) durch Zuckerlösungen (Refrakto-meter), Neigewinkel (TILT-Hydro-meter) und Biegeschwingerprinzip (EasyDens) bestimmt werden. Siehe hier > Braulabor 29 Anleitung hier
Bitterkeit IBU	!!	Der Grad der Bitterkeit ist charakteristisch für jeden Bierstil und sollte bei der Bierrezeptur (und damit auch Wahl des Hopfens) beachtet werden. Sowohl die Wahl des Hopfens (Bitterhopfen) wie auch die Kochzeit bestimmen den Grad der Bitterkeit.	Die (objektive) Bitterkeit basiert primär auf dem Iso-Alpha-Säure-Gehalt der Hopfen bzw. der davon im Bier gelösten Anteile und kann mess-technisch vom Heimbrauer nicht er-fasst werden. Dafür gibt es aber Berechnungsverfahren. Siehe hier > 2.13.2. IBU Anleitung hier
Farbstärke EBC/SRM	!	Die Bierfarbe wird zunächst mit dem menschlichen Auge auf-genommen und im Hirn zum Gesamteindruck "spezifische Bier-farbe" verarbeitet. Die Bierfarbe ist Teil des Gesamtgenusses beim Kosten von Bier. Die Bierfarbe hängt von der Färbungsintensität und der Menge des Malzes ab.	Die spektralfotometrische Messung der Bierfarbe ist dem Heimbrauer nicht möglich, wohl aber eine aus-reichende Abschätzung der Farbe mit dem Auge und Vergleichstafeln. Siehe hier > 2.13.3. EBC/SRM Anleitung hier
CO ₂ -Druck	!!	Gemäss der Gärgleichung $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$ entsteht das Gas Kohlenstoffdioxid, das normalerweise in die Umgebung entweicht. In der geschlossenen Flasche kann es in der Nachgärung entstehen und erzeugt einen Flaschendruck. Alternativ kann es auch aus einer CO ₂ -Druckflasche in den Keg hinein gepresst werden.	Die Druckkontrolle bei der Flaschen-gärung (= Nachgärung) erfolgt rein physikalisch mittels aufschraubbarer Manometern. Siehe hier > 12 Druck-messungen und hier > 2.13.4 CO ₂ -Druck Anleitung demnächst hier
Alkoholgehalt Vol.%, v/v%, ABV DE Deutschland CH Schweiz Info Info	!!	Der Alkoholgehalt entsteht durch die Vergärung der vergärbaren Zucker der Stammwürze mittels Bierhefen. Der Alkoholgehalt variiert zwischen DE : 0 (alkoholfrei), 0.5-2.5 (Einfachbiere), 2.6-4.1 (Schankbiere), 4.2-6.0 (Vollbiere), > 6.0 (Starkbiere) bis 11.5 (belg. Starkbiere). CH : 0.5-1.2 (Leichtbier), 3.8-5.5 (Lager), 4.3-5.3 (Spezialbier [= Pils]), > 5.3 (Starkbier).	Die Bestimmung des Alkoholgehaltes erfolgt mittels Destillation oder durch verschiedene Berechnungen (Stammwürze, Restextrakt schein-bar, bzw. Schnellvergärungsprobe). Siehe hier > 2.14.5 Destillation Anleitung demnächst hier