Dichte- bzw. Extraktgehalts-bestimmungen in der Bierwürze

Prinzip und Kurzcharakterisierung verschiedener Messverfahren, Detail-beschrieb Messverfahren sowie Auswertungsmöglichkeiten

BrauLabor 29

Stammwürze-gehalt
Extraktgehalte
Vergärungsgrad
Alkoholgehalt

Tipps für das Braulabor

Im ganzen Brauprozess ist der **Extrakt bzw. Extraktgehalt** in der Bierwürze während den verschiedenen Phasen eine entscheidende Grösse. Zunächst: der Extraktgehalt setzt sich aus allen Stoffen zusammen, die aus dem Malz und Hopfen während des Maische- und Sudprozesses heraus geholt wurden: **auswaschbarer** oder **löslicher Extrakt** (ca. 75-80% der Schüttungsmasse wird beim Maischen extrahiert, der unlösliche Rest wird in den Trebern ausgeschieden). Dazu gehören unlösliche und unvergärbare Stoffe wie z.B. Hopfenprodukte, vor allem aber lösliche unvergärbare Zucker und als wichtigste Stoffgruppe die löslichen vergärbaren Zucker (ca. 63%). Der Malzzuckeranteil (Maltose) als Hauptbestandteil der löslichen Zucker beträgt davon etwa 65.5%, also zwei Drittel (Abb. 1). Die Flüssigkeit (Brauwasser), in der sich der gelöste Extrakt befindet, wird als **Würze** bezeichnet.

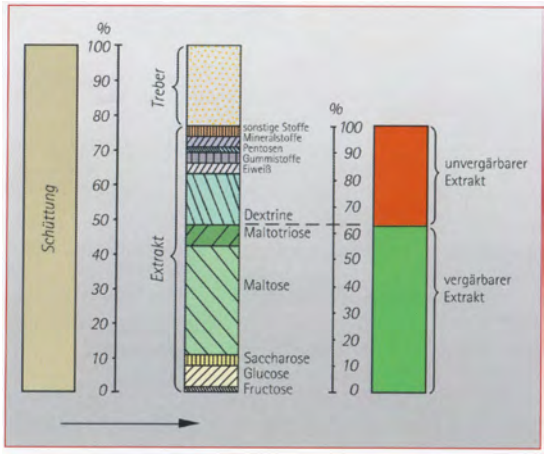

Abb. 1. Der Maischeextrakt ist nicht nur löslicher Zucker [Quelle: Kunze, W., Hendel, H. (Hrsg.), Technologie Brauer & Mälzer. VLB Berlin, 11. Aufl. , S. 251 (2016)]

Als **Restextrakt** bezeichnet man den Extrakt, der während und auch nach der Gärung im Bier verbleibt. Da die Messung des Restextraktes durch den Alkohol beeinflusst wird - die Dichte von Ethanol beträgt 0.79 g/mL, unterscheidet man noch zwischen dem **scheinbaren Extrakt Es** und dem **wirklichen Restextrakt** und berechnet daraus auch den **Endvergärungsgrad EVG**.

Tatsächlicher (bzw. wirklicher) Restextrakt =
0.1808 x Stammwürze [°P] + 0.8192 x scheinbarer Restextrakt [°P] .

Der Endvergärungsgrad (EVG) ist die Menge an vergärbarem Extrakt, ausgedrückt in % des Gesamtextraktes (Stammwürze). Der EVG lässt sich nach folgender Formel berechnen: Scheinbarer EVG % = (Stammwürze °P - scheinbarer Restextrakt °P) x 100 / Stammwürze °P .

Beim klassischen Spindeln und auch den anderen Verfahren zur Bestimmung des Restextraktes wird allerdings nur der scheinbare Restextrakt gemessen, nicht der tatsächliche. Das liegt wie bereits bemerkt an der unterschiedlichen Dichte von Alkohol und Wasser. Der tatsächliche Restextrakt ist höher und damit der tatsächliche Endvergärungsgrad niedriger als der Scheinbare. Der tatsächliche EVG lässt sich aber recht einfach überschlägig aus dem scheinbaren EVG berechnen: Tatsächlicher EVG % = Scheinbarer EVG % x 0.81 .
Die Bedeutung des tatsächlichen EVG ist allerdings gering und er wird für Vergleiche im Allgemeinen nicht herangezogen. Interessant ist er lediglich für die genaue Berechnung des Alkoholgehaltes.

Der Gesamtextraktgehalt kann durch ganz verschiedene Messinstrumente bzw. Messtechniken bestimmt werden:

- 1: Dichte: klassisch mit Bierwürzespindeln (Saccharometer)
- 2: Lichtbrechung: konventionelles Hand-Refraktometer
- 3: Lichtbrechung: digitales Refraktometer
- 4: unbekannt: digitales US-Hydrometer eDrometer
- 5: Auftrieb/Kippwinkel: mit digitalem US-TILT-Hydrometer
- 6: Biegeschwinger-Prinzip: easyDens-Messsystem Anton Paar

Gesamtbewertung Messsysteme

Link zum entsprechenden Messverfahren:

- Bierspindel
- Refraktometer
- Refraktometer digital
- eDrometer
- TILT-Hydrometer
- easyDens

Bevor die einzelnen Messtechniken beschrieben werden, sollen einige wichtige Begriffe geklärt werden.

Grundlegende Begriffe:

[ausgezeichnete, aber anspruchsvolle Diskussion wichtiger Begriffe hier !!]

Stammwürze syn. Stammwürzegehalt (massebezogen [CH, D, A]: Grad Plato, °Plato, °P; auch %mas, $\%_{gew}$ / volumenbezogen [USA, GB]: OG)
Der Stammwürzegehalt ist ein Spezialfall des Extraktgehalts: es ist der Maximalwert, der in der Anstellwürze vor der Hefebeimpfung (Anstellen) noch ganz ohne Alkohol gemessen werden kann. Die Stammwürze wird i.d.R. in Grad Plato gemessen; weitere häufig verwendete Masseinheiten sind Grad Brix [°Brix, °Bx] und Relative Dichte SG (Specific Gravity, [-]). Eine Würze mit x Grad Plato hat dasselbe spez. Gewicht wie eine wässrige Saccharose-Lösung mit x Gewichtsprozenten Saccharose oder einfach ausgedrückt: Ein Gramm Saccharose entspricht einem Grad Plato, oder: 1 °P = 1 Gewichtsprozent Extrakt.

Plato:
Das Grad Plato [°P] ist die Einheit des Stammwürzegehalts. Das °P beschreibt den Massenanteil [g/100g] an gelöstem Extrakt in der Würze unmittelbar vor der Vergärung (Anstellwürze), ausgedrückt in Gewichtsprozent bzw. Gewichts-/Gewichtsprozent (Abk. Gew.-/Gew.%, GG%, $\%_{gew}$) oder auch direkt in Massenprozent %mas angegeben.
Eine Würze mit einem Grad Plato hat per Definition dieselbe Massendichte wie eine wässerige Saccharose-Lösung mit 1 Gewichtsprozent Saccharose.
Kurz: die Abkürzung für die Stammwürzeeinheit ist °P: 1 °P = 1 Gewichtsprozent Extrakt.

Masse:
Basiseinheit der Masse ist das Kilogramm, also 10^3 Gramm.

Masseprozent syn. Massenanteil (Masse-%)
Der Massenanteil w_i ist definiert als Wert des Quotienten aus der Masse m_i der betrachteten Mischungskomponente i und der Gesamtmasse m des Gemisches. Letztere ist die Summe der Massen aller Komponenten des Gemisches:

$$w_i = \frac{m_i}{m_i + m_j} \quad [g/g]\ [\%].$$

Bsp.: 6 g Zucker (= m_i) in 94 g Wasser (= m_j) ergeben –> w_j oder Masse-% = 6/(6 + 94) = 6% ige Zuckerlsg.
Das entspricht also: 6 g Zuc ker in 100 g Zuckerlösung

Dichte:
Die Dichte d (syn. Massendichte) ist der Quotient aus der Masse m eines Körpers und seinem Volumen V.

Relative Dichte (Spezifische Dichte)
Die Relative Dichte **d** beschreibt als dimensionsloses Grössenverhältnis den Quotienten zweier Dichten: $d = \tilde{n}/\tilde{n}_o$ ($\tilde{n}$: Dichte des betrachteten Stoffes, $\tilde{n}_o$: Dichte des Bezugsstoffes Wasser).
Die relative Dichte $d^{T1/T2}$ ist das Verhältnis der Masse eines bestimmten Volumens einer Flüssigkeit (z.B. Würzelösung) bei der Temperatur T1 zur Masse des gleichen Volumens von Wasser bei der Temperatur T2.
Eine gängige relative Dichte ist $d^{20/20}$: diese beschreibt die Dichte einer Flüssigkeit bei 20 °C in (z. B. 2 g/cm³) im Verhältnis zur Dichte von Wasser bei 20 °C (ca. 1 g/cm³). Die relative Dichte wäre dann 2, demnach ist die Flüssigkeit, bei 20 °C, doppelt so dicht wie Wasser bei 20 °C.
In der **Braupraxis** wird selten mit der Masse des Extraktes pro kg oder Dezitonne dt (= 100 kg) Würze bzw. g Extrakt/100 g Würze gerechnet: Bezugsgrösse ist i.d.R. das Volumen, also Masse des Extraktes pro Würzevolumen, was physikalisch Dichte entspricht.
Während das Masse-% gewichtsbezogen als $\%_{gew}$ oder %mas [g Extrakt/ 100g Würze] zu interpretieren ist, versteht man unter dem sog. Gemischt-% die volumenbezogenen Dichtewert $\%_{vol}$ [g Extrakt/ 100 mL Würze]. Diese beiden Bezugsgrössen Gewicht und Volumen nicht die genau gleichen Dichtewerte ergeben (z.B. 0 %mas –> d = 1.000 g/mL, 1 %mas –> d = 1.0039 g/mL, 2 %mas –> 1.0078 g/mL, etc. [Info]), muss der gespindelte Massenprozentwert in den volumenbezogenen Gemischtprozentwert umgerechnet werden.

Man unterscheide also:

- massebezogene relative Dichte: Angaben in Gewichtsprozent (Masse-%, %mas, $\%_{gew}$)
- volumenbezogene relative Dichte: Angaben als Gemischtprozent (Gemischt-%, $\%_{vol}$, SG: OG, FG/TG).

Die Umrechnung massebezogene –> volumenbezogene rel. Dichte kann auf 2 Wegen erfolgen:

Umrechnungen:

1. mit einer Faustformel: Würzedichte SG (bei 20 °C) = 1 + (% Stammwürze [°P] x 0.004) Bsp. 10% Stammwürze –> SG = 1.040
   SG = Extraktgehalt (%, °P) x 4 + 1000 Bsp. 11.4 % Stammwürze –> SG = 1045.6
2. mit Zucker-Extrakt-Tabellen nach Plato (Info –>Info) sowie nach dem Anhang "Umrechnungstabelle Masse-% –> Gemischt-%".
   10.0 %-mas bzw. $10\%_{gew}$ nach Plato-Tabelle –> SG = 1.04003 –> 10.38 $\%_{vol}$
   11.4 %-mas bzw. $11.4\%_{gew}$ nach Plato-Tabelle –> SG = 1.04586 –> 11.90$\%_{vol}$
   Interpretation: in 100 mL dieser Würzen bei 20 °C sind 10.38 g/ 11.9 g Extrakt enthalten

Klassische Dichte-Messinstrumente:

Saccharometer (Prinzip: Aräometer).

Synonyme: Brauereisaccharometer, Bierspindel, Würzespindel, Bierwürzespindel, Senkspindel, Senkwaage, Hydrometer, Bierhydrometer, Messspindel, Dichtespindel, Aerometer, engl. hydrometer.

Das Saccharometer ist ein Messgerät zur Bestimmung des Masseanteils (Masseprozent, Masse-&, %mas) des Extrakts oder auch der Dichte (Massendichte), also den Extraktgehalt in Masseprozenten oder des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten. Die Ermittlung der Extrakt-Masseprozente erfolgt mit einem gläsernen Schwimmkörper, der nach dem Prinzip eines Aräometers arbeitet: je spezifisch leichter eine Flüssigkeit ist, desto tiefer taucht die Spindel ein (cf. Messprinzip: Archimedisches Prinzip).
Die Dichtebestimmung ist grundsätzlich abhängig vom Umgebungsdruck und der Temperatur . Da Flüssigkeiten wie Wasser inkompressibel sind, kann der Druckvernachlässigt werden, es braucht also keine Druckangabe.

Bei jeder Dichteangabe muss aber zwingend die Messtemperatur angegeben werden.
Die meisten Saccharimeter werden in 20 °C warmer Saccharoselösung geeicht und deshalb muss bei abweichender Temperatur bei der Würzemessung ein Korrekturfaktor berücksichtigt werden (bei Würze > 20 °C: geringere Dichte, Würze < 20 °C: grössere Dichte).
Die Anzeige der Messwerte erfolgt in dem spindeldünnen Hals, entweder in Einzelskalen oder kombiniert:

- Gewichts- bzw. Masseprozente Extrakt in Plato-Einheiten (meist 0 - 20 °P, aber auch mit eingeschränktem Messbereich, z.B. je eine mit 0-7, 7-14, 14-21 aufgeteilt) und meist auf 20 °C geeicht, häufig zusätzlich mit einem Thermometer und der Temperaturskala inkl. integrierter Temperatur-Korrekturtabelle (Abb. 2: 2, Info, Info)
- SG-Skalen mit der relativen Dichte (z.B. 990-1150 –> d = 0.990 - 1.150) (Info)
- kombinierte Masse-% und SG-Skalen (Bsp. hier).

Abb. 2. Bierwürzespindel.
Skalentypen: 1 SG-Skala (990-1150, Temp. 20/20°C), 2: °P-Skalen (0-7, 7-14, Temp. 20/20°, mit integriertem Thermometer und Korrekturskala).

Wichtiger Hinweis: scheinbarer Extraktgehalt Es

Mit der "Bierspindel" spindelt man in der gärenden Bierwürze nicht mehr die Stammwürze, sondern den "Extrakt scheinbar Es" bzw. den "scheinbaren Extrakt" in %[g/100g] bzw. das Grad Plato °P . Die typischen Webshop-Informationen "Bierspindel für Würze oder Bier zur Ermittlung der Stammwürze oder der °P" sind korrekt betrachtet mit der Skaleneinheit °P falsch.

Dies gilt für alle Messsysteme, sofern die Probe nicht die unvergärte Stammwürze darstellt, d.h. für alle Proben nach der Anstellung, die alkoholhaltig sind!

Ausführliche Infos: Stammwürze im Detail Extrakte und Vergärungsgrade

In den folgenden Ausführungen wird detailliert auf die einzelnen Messtechniken eingegangen. Am Schluss erfolgt der Versuch einer übersichtlichen tabellarischen Gesamtwertung.

Durchführung der Dichte- bzw. Extraktgehaltsbestimmungen

I. Dichtebestimmung klassisch mit dem SACCHAROMETER (Bierwürzespindel) Info

Die Bierspindel misst die Dichte (zeigt aber den Extraktgehalt an) die in der unvergorenen Würze vorzugsweise aus dem Extrakt und im Bier aus einer Mischung aus Alkohol- und Restextraktgehalt resultiert. Deutsche Bierspindeln zeigen entweder nach "Grad Plato [°P] die Massendichte einer wässrigen Zuckerlösung in % (= °P-Skalen) oder die relative Dichte in SG-Skalen an (Abb. 2). Diese Werte sind letztlich nur gerade für die unvergorene Anstellwürze zulässig (vgl. Diskussion und Grafiken hier).

Materialien	Messgeräte: Saccharometer (Bierwürzespindeln) (Info) Würzeproben (z.B. Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze), Probeentnahmesystem* (z.B. Ablasshahn, Messpipette, Probenehmer [Info], Schlauch, Probebecher/Schöpfbecher u.a./ *Materialien z.T. desinfiziert: vgl. verschiedene Würzetypen), Spindelzylinder: Messzylinder bzw. Standzylinder ≥100 mL (genügend Durchmesser für freie Bewegung der Bierwürzespindel), Desinfektionsmittel (z.B. 65-79% Alkohollösungen [Isopropanol, Ethanol]; cf. auch "Braulabor 6 - Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel")

1. Wahl des Bierwürzespindels (Abb. 3):
   aus dem Angebot der Bierwürzespindeln den gewünschten Spindeltyp wählen (vgl. Abb. 2 sowie Info). Für eine genauere Bestimmung ist es günstig, eine Spindel mit integriertem Thermometer inkl. Temperatur-Korrekturskala und einem engeren, aber feinem unterteilten Gew%-Messbereich zu wählen, z.B. 7-14°P/0.1%-Unterteilung, 14-21°P/0.1%).

2. Vorbereitung Bierwürzelösung:
   Messungen werden bei der Anstellwürze (Stammwürzebestimmung = echter Extraktgehalt) und während der Hauptgärung (Beobachtung des Gärverlaufs = scheinbarer Extraktgehalt, da bereits alkoholhaltig) durchge führt; die Bierwürze sollte schaumfrei und gasfrei (CO_2-frei)sein:
   - Würzeproben aus der Läuterphase:
     - sind problemlos zu entnehmen, da keine Desinfektion der Messbehälter und Bierspindel notwendig ist
     - sollten auf die Kalibrier-Temperatur der der Bierspindel (meist 20 °C) abgekühlt werden (Hinweis: es gibt auch Läuterbierspindel mit der Kalibrierung auf 70°C, womit eine Abkühlung entfällt, siehe Info)
     - können nach der Messung wieder in die Ursprungswürze zurückgeschüttet werden
     - es wird ein echter Extraktgehalt gemessen, der aber etwas geringer ist als der "Extrakt wirklich Ew" der Anstellwürze, die denn eigentlichen Stammwürzegehalt ausmacht

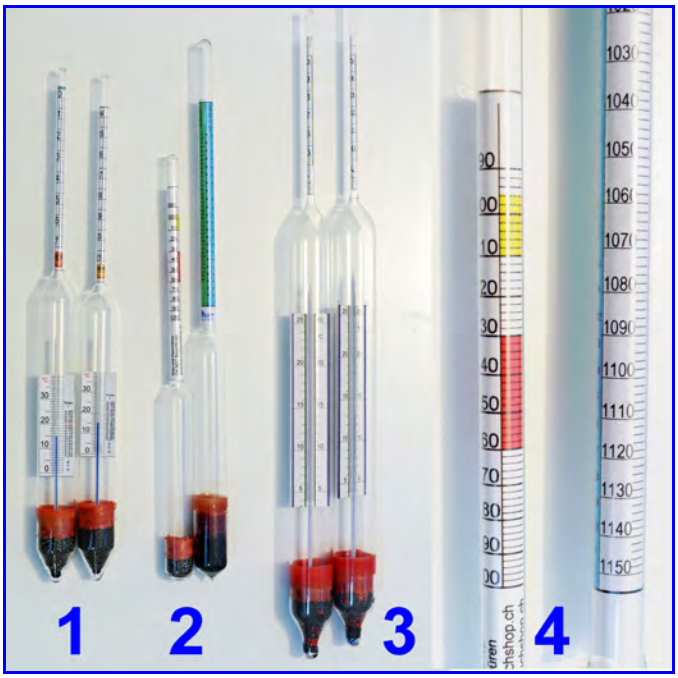

Abb. 3. Typen von Bierspindeln (Saccharimeter).
1: Plato-(°P)-Skalen (0-7, 7-14, Temp. 20/20°, mit integriertem Thermometer und Korrekturskala).
2: li: SG-Skala (990-1100, Temp. 20/20°C) und re: farbigen Zusatzskalen für 0-21 vol.%Alk pot. (potenzieller Alkoholgehalt) und 0-360 g/l Zucker (Zuckergehalt). Darunter versteckt (nicht sichtbar): SG-Skala 990-1150 (Info).
3: Präzisionshydrometer, SG-Skala 0-5, 5-10 sowie Thermometer.
4: SG-Skalen mit re: 2er-Stufen im Bereich 990-1150 und li: 990-1100-Bereich und Markierungen für Stammwürzegehalt (Start Beer) 1060-1030 und Abfüllbereich (Bottle) 1010-995.

   - Würzeproben aus der Anstellwürze:
     - die Anstellwürze ist nach dem Sud keimfrei und sollte dies auch bleiben –> daher müssen entweder alle Materialien/Gerätschaften im Kontakt mit der sterilen Anstellwürze selber perfekt keimfrei sein (z.B. Probeentnahme aus Sudkessel [via Ablasshahn, Pipette, Schlauch, Schöpbecher u.a.), Messzylinder, Bierspindel, Messvorgang in geschützter (= keimarmer) Atmosphäre
     - daher ist es einfacher, die Messprobe nicht mehr in die Anstellwürze zurück zu geben, sondern z.B. zu kosten
     - nur gerade in der unvergorenen Anstellwürze wird der Wert für den "Extrakt wirklich Ew" in %, bzw. [g/100g], [%mas], [Gew.-/Gew.-% bzw. GG% oder Gewichtsprozent] gemessen!

- Proben aus dem Gärbehälter während des Gärverlaufs (Hauptgärung):
  - Probeentnahme und Messung sollten möglichst keimarm erfolgen: vgl. Hinweise unter "Anstellwürze"
  - keine Rückführung der Proben nach der Messung in Gärbehälter (Infektionsrisiko zu hoch) –> Probe kosten und Veränderung der Geschmackseindrücke etc. im Vergleich zur Anstellwürze festhalten
  - unter keinen Umständen Bierspindel direkt in Gärbehalter hängen (Infektionsrisiko, Schaumbildung verunmöglicht genaues Ablesen des Messwertes –> Fehlmessung)
  - in der gärenden oder vergorenen Bierwürze wird nicht mehr der "Extrakt wirklich Ew in % bzw. [g/100g], [%mas], [Gew.-/Gew.-% bzw. GG% oder Gewichtsprozent], sondern der "Extrakt scheinbar Es" in % [g/100g] gemessen.

Tipps zur **Gas- und Schaumentfernung** aus den Würzelösungen:

- Einfüllen der Würze in den Mess-/Standzylinder: langsam in schräg gehaltenen Zylinder einströmen lassen, Zylinder nicht ganz füllen da durch Spindel eine Volumenverdrängung erfolgt/ etwas warten bis alle Luftbläschen nach oben gestiegen sind/ bei Vorhandensein von CO_2: siehe "Entgasen"
- Schaumentfernung nach/vor dem Einfüllen in den Standzylinder: nach: am einfachsten durch Absaugen mit einer PET-Pasteurpipette (Abb. 4); vor: auch mittels Filtration durch einen Kaffeefilter möglich
- Entgasen (CO_2 der Gärwürze verursacht einen Spindelauftrieb –> Fehlmessung) durch z.B. mehrfaches Schütteln der Messprobe (i.d.R. ≥ 100 mL) in einem geschlossenen Behälter,
  dazwischen Entlüften/ oder auch durch Filtration mittels eines Kaffeefilters/ oder auch: Erhitzen (treibt Gasbläschen aus) und wieder Abkühlen

Abb. 4. Bierwürze spindeln ohne Schaum.
Mit einer Pasteurpipette lässt sich der störende Schaum gut absaugen.

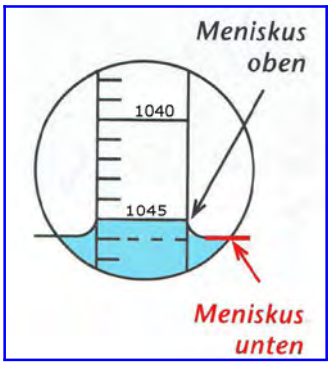

Abb. 5: Begriff "Meniskus".

3. Spindeln:
   - Würzelösungen auf ca. 20°C temperieren ("Zimmertemperatur"), oder zur Messwertkorrektur aktuelle Temperatur bestimmen
   - saubere trockene (evtl. desinfizierte) Bierspindel am dünnen Ende anfassen und langsam mit Daumen und Zeigefinger kreiselähnlich in Drehung versetzt in die Würzeflüssigkeit einsetzen: erst bei der vermuteten Eintauchtiefe frei schwimmen lassen.

Hinweis: Drehung schüttelt evtl. Gasbläschen ab/ bei zu frühem Loslassen kann die Spindel bis auf den Boden des Standzylinders absinken und dadurch zerspringen/ bei zu frühem Loslassen taucht die Bierspindel zu tief ein und der dabei nass gewordene sonst aus der Flüssigkeit ragende Teil täuscht eine schwerere Spindel vor –> Messfehler: zu geringerer Extraktgehalt

- sobald die Spindel frei schwimmt und zur Ruhe gekommen ist: auf der Skala den Messwert ablesen (Abb. 5): Gew.% = °P, bzw. SG zwischen 990 - 1150 (je nach Spindelskala)
  Hinweis 1: je nach Spindel wird der sog. Meniskus am oberen (SG 1045) oder am unteren Rand (SG 1044) abgelesen; meist ist bei der

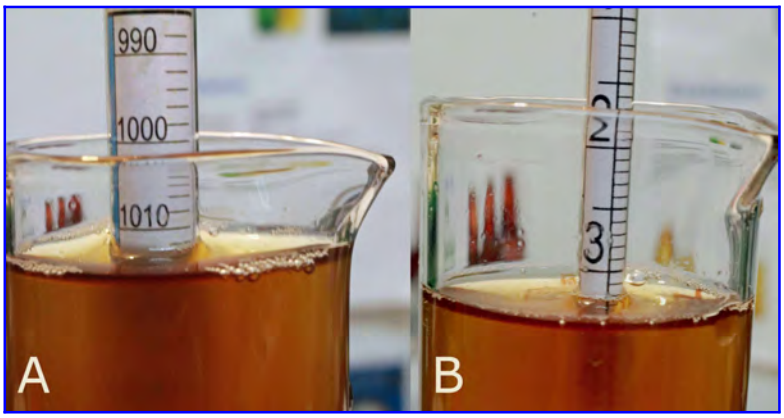

Abb. 6. Meniskus ablesen.
A: SG-Skala: von unten ablesen, Wert = 1013 (= 3.2°P).
B: Plato-Skala: bei der Bierspindel Abb. 4 ist der Vermerk "Abl. oben" zu finden –> von oben ablesen, Wert = 3.2°P (= SG 1013)

selteneren Ablesung oben auf der Skala der Vermerk "Abl. oben" zu finden: vgl. dazu Abb.6.

- evtl. Temperaturkorrektur (Abb. 7):
  Bsp. Temp. = Messwert 3.2 °P, 24 °C –> Korrektur +0.3 –>3.5 °P, SG bei 3.5 °P =
  3.5 x 4 + 1000 = 14.0 + 1000 = 1014.

  Hinweis 1: Temperaturkorrektur des Stammwürzewertes kann auch rechnergestützt erfolgen: siehe Rechner "Korrektur der gemessenen Stammwürze* abhängig von der Messtemperatur" hier.

  Hinweis 2: Bei diesem Messbeispiel würde die Gärwürze gegen Ende der Hauptgärung gemessen: damit wurde nicht der Stammwürzegehalt (Anstellwürze, Würze ohne Alkohol), sondern die fast endvergorene Bierwürze mit Alkohol gemessen und damit ein Restextrakt, der sog. "scheinbare Extraktgehalt, syn. scheinbarer Restextrakt, Extrakt scheinbar Es %[g/100g]". Da bereits Alkohol mit geringerer relativer Dichte in der Bierwürze vorhanden ist, ist der gemessene Zuckerwert zu tief, der wirkliche Restextraktgehalt daher etwas höher [ausführliche Info 1, Info 2].

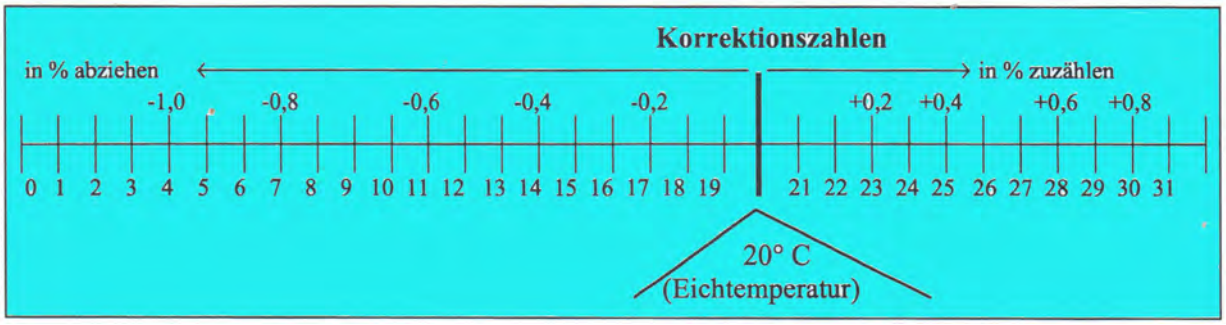

Abb. 7. Korrekturtabelle Temperaturabhängigkeit der Stammwürzebestimmung
[Quelle: Kling, K., Bier selbst gebraut. Verlag Die Werkstatt, Göttingen 4. Aufl. (2006), S. 90.

Die einzige Möglichkeit zur Erfassung der Stammwürze bzw. des wirklichen Extraktgehalts in der vergorenen Würze, im Jungbier oder im Bier zu ermitteln, führt über die sog. Ballingformel, basierend auf den Erfahrungswerten, dass aus 2.0665 g Extrakt –> 1.0 g Ethanol, 0.9565 g CO^2 und 0.11g Hefe entstehen:

$$P = \frac{(2.0665 \times m_{alc} + Ew) \times 100}{100\,g + (0.11\,g + 0.9565\,g) \times m_{alc}}$$

Ew: Extrakt wirklich in [g/100 g]
m_{alc}: Ethanol in [g/100 g]

[Quelle]> Ew End > Ballingformel

Der Ew-Wert ist der nicht durch den Alkoholgehalt verfälschte Spindelwert der (Gär)Probe. Um ihn zu bestimmen, muss zuvor der Alkohol in der Probe ausgetrieben und der entstandene Gewichtsverlust durch Wasser wieder aufgefüllt werden; dabei wird auch gerade der m_{alc}-Wert erfasst.

Entwarnung: Für den Heimbrauer wäre dieses Verfahren zu aufwändig und zeitraubend und auch gar nicht notwendig, denn die "scheinbaren Extraktwerte" und die daraus ableitbaren "Vergärungsgrade" sind für die Heimbraupraxis im Kleinmengen- massstab völlig ausreichend.

4. Auswertung:
   - Messwerte in Grad Plato [°P] in –> SG-Werte, bzw. SG-Werte in –> [°P] umrechnen: siehe hier > "Umrechnung von Plato, Brix und Specific Gravity (SG)".
   - eigene Messwerte evtl. vergleichen mit Zielwerten "Periodic Table of Beer Styles" Videos:
   - zahlreiche weitere Auswertungsmöglichkeiten:
     Methode 6: "Bestimmung des Extraktgehalts mit dem Anton Paar-Biegeschwingermesssystem easyDens" > Pkt. 3 Auswertungen (Link)

Abb. 8. Bier-PTBS [Quelle]

2. Zuckerbestimmung klassisch mit dem HAND- REFRAKTOMETER

Info

Mit dem Handrefraktometer kann der **Brechungsindex** auch **Brechzahl** genannt, von festen oder flüssigen transparenten Stoffen bestimmt werden. Dieses optische Messgerät zeigt mithilfe der Lichtbrechung die jeweilige Konzentration von festen oder flüssigen Körpern an, im Falle des Bierbrauens auf einer **Brix-Skala** den Zuckergehalt in den unvergorenen Würzelösungen.
Ein wesentlicher Vorteil des Refraktometers ist die geringe Probenmenge (Tropfenbereich), die einfache Handhabung, die rasche Gewinnung von Messwerten sowie die genaueren Resultate und die Temperaturunabhängigkeit der Probe bei Refraktometern mit ATC (automatischer Temperatur Kompensation [engl. Compensation] mittels eines Bimetalls, welches die Skala des Refraktometers je nach Temperatur rein mechanisch verschiebt und damit korrigiert).

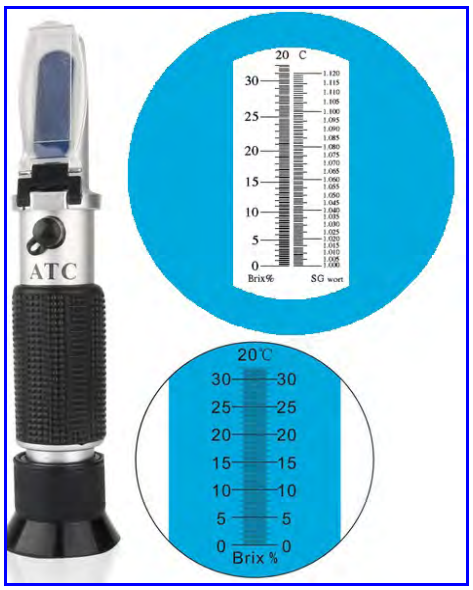

Abb. 9. Optischer Handrefraktometer mit ATC. Skalen: oben Doppelskala Brix% [°Bx] und SG, unten nur Brix%, beide auf 20 °C kalibriert.

Genau genommen ist **Brix** (Grad Brix, °Brix, °Bx)die Einheit nur für gelöste Sacharose-Zucker in Wasser, während Plato die Messeinheit für die Gewichts-% aller gelösten Stoffe in Wasser ist. Nicht alles, was in Lösung geht, sind dabei vergärbare Zucker. Für den Hobbybrauer sind die Differenzen bei Würze jedoch so verschwindend gering, das hier für die schnelle Messung beim Brauen Brix mit Plato gleichgesetzt werden kann. Für den genaueren Platowert teilt man den gemessen Brixwert des Refraktometers durch 1,04 und erhält den kommagenauen Wert.
Beispiel für °Bx –> °P-Umwandlung: gemessene 10% Brix/1,04 ergeben 9,6 °Plato.
Für alkoholhaltige Würzelösungen wird es komplizierter, da Alkohol einen anderen Brechungsindex hat als Zucker. Kennt man jedoch den Stammwürzegehalt, also den wirklichen Extraktgehalt sowie den Refraktometer-Messwert im Jungbier, lässt sich über verschiedene mathematische Formeln der wirkliche Extraktgehalt und andere Grössen (Vergärungsgrad, Alkoholgehalt) rechnerisch ermitteln (Info 1, Info 2).

Welche Geräte sind für Bierbrauer geeignet? Geeignet optische Refraktometer (Brixmetr) mit ATC und einer Skalierung in Brix (0 - 18 bzw. 32 °Bx, Auflösung von 0.2 °Bx) , noch komfortabler ergänzt mit einer SG-Würze-Skala (Specific Gravity) im Bereich 1.000 - 1.120 mit einer Auflösung von 0.001 (Abb. 8, z.B. hier).

Materialien	Messgerät: optisches Hand-Refraktometer, optimal automatisch temperaturkorrigierend (= ATC, prinzipiell zwischen + 10 °C und + 30 °C ; Abb. 9) Würzeproben (z.B. Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze). Destilliertes oder entionisiertes Wasser. Kosmetiktüchlein (Kleenex, Linsoft), fusselfreie Optiktüchlein (Linsenreinigungspapier: beim Fotohändler beziehen), Brillenputztüchlein. Probeentnahmesystem* (z.B. Ablasshahn, Messpipette, Probenehmer [Info], Schlauch u.a., *Materialien z.T. desinfiziert: vgl. verschiedene Würzetypen Desinfektionsmittel (z.B. 65-79% Alkohollösungen [Isopropanol, Ethanol]; cf. auch "Braulabor 6 - Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel")

1. Kalibrierung des Refraktometers: vgl. Abb. 10
   - Skalenfokussierung: Prismaklappdeckel öffnen, Refraktometer mit dem Prisma gegen helle Lichtquelle halten, durch das Okular schauen und am Fokussierring drehen, bis die Skalen (cf. Abb. 8) gestochen scharf erscheinen
   - mit einer weichen Pipette (z.B.PET-Pasteur-pipette) 1 Tropfen dest. oder entionisiertes Wasser auf die Prismaoberfläche geben: das Messprisma muss ganz bedeckt sein, es dürfen keine Luftblasen sichtbar sein

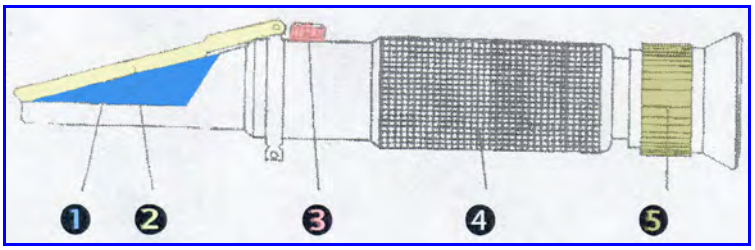

Abb. 10. Hand-Refraktometer.
1: Messprisma; 2: Prismaklappe; 3: Justierschraube; 4: Spiegelrohr; 5: Okular mit Fokussierring.

- dann Prismaklappe sanft schliessen und leicht andrücken –> blasenfreier Feuchtigkeitsfilm über ganzes Prisma
- Refraktometer waagrecht halten und ca. 30 Sekunden warten (–> optimale Temperaturanpassung zwischen Probe und Gerät)
- Ablesen des Messwertes an der Grenzlinie zwischen weiss und blau: der Messwert muss bei 0% Brix sein
  Hinweis: Refraktometer messen bei 20 °C richtig; Messwerte von nicht ACT-Refraktometern müssen entsprechend korrigiert werden. Siehe Hinweise Manual bzw. Korrektionswert an Prismaklappe ablesen.
- Nachjustierung: wenn Messergebnis ≠0 ist, muss mit Hilfe der Stellschraube Abb. 10:3 und einem Schraubenzieher die Grenzlinie auf Null eingestellt werden
- Prismaoberfläche mit faserfreiem Tüchlein trocknen

Abb. 11. Hilfsmittel zum Hand-Refraktometer.
Reinigung optischer Elemente: Isopropanol und dest./ention. Wasser und Kosmetiktüchlein, oder einfach Brillenputztüchlein, fusselfreies Reinigungspapier für die Optik; weiche Pasteurpipette für Probenauftrag.

2. Messverfahren mit Handrefraktometer:

- je nach der zu untersuchenden Würze (Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze: vgl. Saccharometer - Pkt. 2 Vorbereitung Bierwürzelösung) eine ganz kleine Probe unsteril oder steril entnehmen
- Prismaklappe öffnen und mit einer weichen Pasteurpipette (z.B. PET-Pasteurpipette) 2-3 Tropfen Würzelösung auf die Prismaoberfläche auftragen
- die Prismaklappe schliessen, sodass sich die Würzeflüssigkeit luftblasenfrei ausspreitet
- durch das Okular waagrecht gegen eine Lichtquelle schauen: nach ca. 30 Sekunden Wartezeit die Grenzlinie festlegen, in der sich die weisse und blaue Farbe trifft
- je nach Skala ablesen: entweder Grad Brix [°Bx] und/oder in SG-Werte z.B. 6.8 °Bx, SG 1.027
  vgl. Abb. 12.

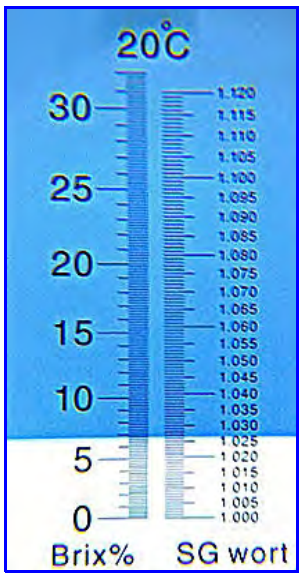

Abb. 12. Ablesen der Refraktometer-Messwerte.
Doppelskala: °Bx 6.8, SG 1.027.

3. Auswertung:

- Messwerte in Brix% [°Bx] in –> Grad Plato [°P] umrechnen, und - wenn keine SG-Würzeskala –> in SG-Werte umrechnen:
  siehe hier > "Umrechnung von Plato, Brix und Specific Gravity (SG)". Info
- eigene Messwerte evtl. vergleichen mit Zielwerten "Periodic Table of Beer Styles" (Abb. 8).
- weitere Anwendungen:
  Korrektur des mit einem Refraktometer in Jungbier gemessenen Extraktgehalts: siehe hier.
- Berechnungen: 1. scheinbarer Endvergärungsgrad, 2. Gewichts-/Volumenprozente Alkohol, 3. Physiologischer Brennwert: siehe unter Methode "6. Bestimmung des Extraktgehalts mit dem Biegeschwingermesssystem easyDens" > Pkt. 3 Auswertungen: Berechnungen des scheinbaren Endvergärungsgrads, Alkoholgehalts und physiologischen Brennwert (= Energiegehalt des Bieres).

4. Reinigung und Aufbewahrung: vgl. Abb. 11

- nach dem Messen ein fusselfreies Gewebe benutzen, um die Probe von der Prismaoberfläche abzuwischen; evtl. mit Kosmetiktüchlein, zunächst leicht angefeuchtet mit Ispropylalkohol, dann leicht angefeuchtet mit Wasser zum Säubern der Prismaoberfläche verwenden. Vorsicht: es sollte kein Wasser in das Instrument eindringen; zur Sicherheit kann auch einfach ein Einweg-Brillenputztüchlein verwendet werden.
- in der Aufbewahrungsbox optimal bei Zimmertemperatur (20°C) lagern.

Info: Refraktometerrechner Müggelland Video Eichung x

3. Zuckerbestimmung elektronisch mit dem DIGITAL-REFRAKTOMETER

Mit einem digitalen Refraktometer, wenn es spezifisch auf die Braubedürfnisse ausgelegt ist, kann der Zuckergehalt der Stammwürze sekundenschnell gemessen und per Knopfdruck in °Platowerte umgerechnet werden. Das gemesse Extrakt besteht zum grössten Teil aus vom Malz stammenden Zuckern. Der Zuckergehalt in der Würze lässt Rückschlüsse auf den potenziellen Alkoholgehalt des fertigen Bieres zu. Es wird eine sehr geringe Probemenge benötigt (wenige Tropfen), misst präzise und mit automatischer Temperaturkompensation. Ebenso einfach ist die Kalibrierung mit destilliertem oder entionisiertem Wasser. Das Messprinzip beruht wie beim Hand-Refraktometer auf der Lichtbrechung zuckerhaltiger Lösungen (Info). Weitere allgemeine Informationen: siehe unter "2. Hand-Refraktometer", S. 6.

Materialien	Messgerät: Digitales Refraktometer für Stammwürze, z.B. Hanna HI96841 (Eigenschaften: 0 to 30 °Plato/ 0 to 80 °C, Auflösung: 0.1 °Plato / 0.1 °C, Genauigkeit ± 0.2 °Plato / ± 0.3 °C, Temperaturkompensation automatisch zwischen 10 and 40 °C) (Info/ Manual) Würzeproben (z.B. Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze). Destilliertes oder entionisiertes Wasser. Kosmetiktüchlein (Kleenex, Linsoft), fusselfreie Optiktüchlein (Linsenreinigungspapier: beim Fotohändler beziehen), Brillenputztüchlein. Probeentnahmesystem* (z.B. Ablasshahn, Messpipette, Probenehmer [Info], Schlauch u.a., *Materialien z.T. desinfiziert: vgl. verschiedene Würzetypen Desinfektionsmittel (z.B. 65-79% Alkohollösungen [Isopropanol, Ethanol]; cf. auch "Braulabor 6 - Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel")

1. Kalibrierung des Refraktometers (Abb. 14A):
   - grundsätzlich immer vor jeder neuen Messreihe, bzw. täglich vor Messungen
   - ON/OFF kurz drücken und warten, bis ------- erscheint
   - dest. oder ention. Wasser mit weicher Pasteurpipette in Probenwanne luftblasenfrei einbringen
   - ZERO-Taste drücken –> sobald das Display 0.0 zeigt, ist das Gerät kalibriert und messbereit
   - vorsichtig das Wasser mit Pasteurpipette absaugen und mit Kosmetiktüchlein bzw. weichem saugkräftigem Tuch trocken abwischen
   - falls optisches Glas der Probenwanne nicht sauber ist (z.B. klebrige Rückstände aus vorherigen Messungen), mit Brillenputztüchlein vollständig reinigen

Abb. 13. Hanna-Refraktometer für Stammwürze.
Sehr schnelles und einfach zu bedienendes Refraktometer für minimale Probemengen. Das "Bierrefraktometer" gibt direkt die Plato-Werte °P an.

2. Messung (Abb. 14 B/C):
   - mit weicher Pasteurpipette (Abb. 14B) Stammwürze luftblasenfrei in Probenkammer einbringen –>Wanne muss vollständig gefüllt sein
   - bei starkem Temperaturunterschied zwischen Gerätetemperatur (Display unten rechts) und Probentemperatur ca. 1 min warten
   - READ-Taste zur Messung drücken –> Anzeige des Messwertes (je nach Gerät in %Brix oder °Plato, Abb. 14C)
   - nochmals READ-Taste drücken –> Messwert sollte stabil bleiben, sonst den letzten höheren Messwert nehmen
   - Probe aus Wanne absaugen, Prisma mit dest./ention. Wasser reinigen und mit Kosmetiktüchlein trocknen
     Hinweis: der Hersteller empfiehlt sogar eine doppelte Reinigung zur Gewährleistung zuverlässiger Messungen!
   - Gerät ist für die nächste Messung bereit, bzw. kann mit abgedeckter Probenwanne bis zur nächsten Messung belassen werden

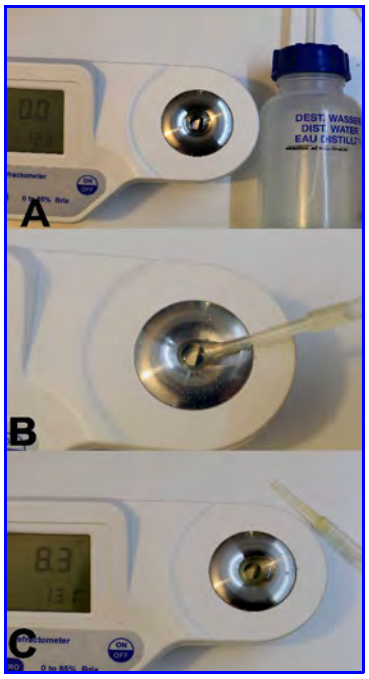

Abb. 14. Digital-Refraktometer.
A: Kalibrierung mit H_2O: 0.0 °Bx.
B: Zugabe der Probe (Gärwürze) mit weicher Pasteurpipette.
C: Messung der Probe: scheinbarer Extraktgehalt 8.3 °Bx.

3. Auswertung:
   - Messwerte in Brix% [°Bx] in –> Grad Plato [°P] umrechnen, Grad Plato [°P] –> in SG-Werte umrechnen:
     siehe hier > "Umrechnung von Plato, Brix und Specific Gravity (SG)". Info
   - eigene Messwerte evtl. vergleichen mit Zielwerten "Periodic Table of Beer Styles"
     Typische Stammwürzewerte für einige Biersorten: Pilsener/Helles: 10–13 °P, Bockbier: 16–18 °P (ab 18°P Doppelbockbier), Weizenbier: 11–13 °P.
   - weitere Anwendungen:
     Korrektur des mit einem Refraktometer in Jungbier gemessenen Extraktgehalts: siehe hier.
   - Berechnungen: 1. scheinbarer Endvergärungsgrad, 2. Gewichts-/Volumenprozente Alkohol, 3. Physiologischer Brennwert: siehe unter Methode "6. Bestimmung des Extraktgehalts mit dem Biege- schwingermesssystem easyDens" > Pkt. 3 Auswertungen: Berechnungen des scheinbaren Endvergärungsgrads, Alkoholgehalts und physiologischen Brennwert (= Energiegehalt des Bieres).

Video Hanna Bierrefraktometer Hanna Messwerte-Umwandler

4. Zuckerbestimmung elektronisch mit dem DIGITAL-HYDROMETER US eDrometer

Mit dem digitalen eDrometer kann der Zuckergehalt und daraus errechnete Werte in verschiedenen Masseinheiten gemessen/berechnet werden (SG spezifische Dichte, °Brix, °Plato, Zuckergehalt [g/L], PA (potenzieller Alkoholgehalt), Volumenprozent Alkohol (% Vol, Vol.-%). Innerhalb von 5 - 35 °C sind die Messwerte temperaturkorrigiert.

Leider ist weder auf der Firmen-Website (Info), auch nicht im Manual (Info) oder erklärenden Video und erstaunlicherweise auch nicht in den entsprechenden US-Bierforen noch in den publizierten Artikeln in den Heimbrauer-Fachzeitschriften wie BrewYourOwn (BYO) oder Zmurgy (Info) das Messprinzip erklärt. Ebenfalls fehlen mit Ausnahme des firmeneigenen Videos entsprechende Videos z.B. auf Youtube. Ein kritischer Vergleich mit einem Profigerät von Anton Paar (Info >richard) zeigt gute Übereinstimmung.

Materialien	Messgerät: STM eDrometer (Eigenschaften: SG-Messbereich 0.700-1.500, SG-Genauigkeit 0.0015, Temperatur-Messgenauigkeit: 0.1°C, Temperatur-kompensation automatisch zwischen 5 bis 35°C, verschiedenste Anzeigemöglichkeiten (Info/ Manual/ Video). Zubehör: 35mL Kunststoff-Spritze, Auffangbehälter z.B. kleines Becherglas 100 mL. Würzeproben (z.B. Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze). Destilliertes oder entionisiertes Wasser. Kosmetiktüchlein (Kleenex, Linsoft), fusselfreie Optiktüchlein (Linsenreinigungspapier: beim Fotohändler beziehen), Brillenputztüchlein. Probeentnahmesystem* (z.B. Ablasshahn, Messpipette, Probenehmer [Info], Schlauch u.a., *Materialien z.T. desinfiziert: vgl. verschiedene Würzetypen Desinfektionsmittel (z.B. 65-79% Alkohollösungen [Isopropanol, Ethanol]; cf. auch "Braulabor 6 - Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel")

1. Kalibrierung des eDrometers:

   Grundsätzlich immer vor jeder Messserie:
   - Stromschalter links eindrücken (0 –> -): warten bis das Gerät noch ohne Flüssigkeit im Display SG 0.0000 zeigt
   - mittels der 5 mL Spritze destilliertes bzw. entionisiertes Wasser bei Zimmertemperatur luftblasenfrei in den Eingangsschlauch (Abb. 15, Schlauch rechts), bis er aus dem Ausgangsschlauch in den Auffangbehälter tropft
   - warten bis der angezeigte Temperaturwert sich stabilisiert hat –> die SG-Anzeige sollte jetzt 1.0000 +/- 0.0015 zeigen (also Werte maximal zwischen 0.9985 - 1.0015; bei abweichenden Werten eine Abgleichung TRIM durchführen

Abb. 15. Digitales Hydrometer: eDrometer.
Zur Messung wird benötigt: dest./ention. Wasser, Stammwürze bzw. Gärwürze/Bier, Spritze (am Eingangsschlauch), Auffangbehälter (Ausgangsschlauch).

2. bei Kalibrierungsabweichungen TRIM durchführen (Abb. 16 oben):

   bei Abweichungen von +/- 0.0015 oder auch kleineren Werten eine Feinadjustierung vornehmen:
   - eDrometer zunächst mit dest./ention. Wasser gemäs Pkt. 1 kalibrieren
   - SCROLL-Druckknopf rechts während 3 sec drücken –> TRIM-Menue erscheint: Clr Trim?
   - nochmals SCROLL-Druckknopf drücken –> Display zeigt Set Trim? an
   - nun den SCROLL-Druckknopf während 3 sec drücken –> Display muss jetzt Trim Saved anzeigen
   - Trim Save bleibt einige Sekunden angezeigt und wechselt dann in die –> Set Trim-Anzeige mit den Angaben: 1. Korrekturwert (z.B. - 0.0016) und 2. der korrigierte neue SG-Wert SG: 1.0000
   - bei Fehleinstellungen/Störungen kann wieder auf die ursprüngliche Fabrikeinstellung zurück gestellt werden: cf. Manual S. 18-20.

3. Messungen durchführen (Abb. 15, 16unten):

   Die Messungen variieren leicht je nach CO_2-Gehalt der Testlösungen!

   A. Testlösungen ohne CO_2: z.B. Stammwürze, alle Würzelösungen vor der Gärung
   - die mitgelieferten Kunststoff-Spritze direkt in die raumtemperierte Testflüssigkeit eintauchen und langsam Flüssigkeit aufsaugen; evtl. durch Klopfen an der senkrecht mit der Spitze nach oben gehaltenen Spritze Luftbläschen austreiben

     Hinweis: heisse oder zu kalte Testlösungen, d.h. ausserhalb der 5-35°C-Temperaturzone können in der Spritze rel. rasch auf Zimmertemperatur gebracht werden (Abkühlen unter dem kalten bzw. warmen Leitungswasserstrahl)

- gefüllte Spritze mit dem Einfüllschlauch verbinden und mit dem langsamen Auspressen der Flüssigkeit in den eDrometer beginnen
- nach ca. 3-5 sec sollte der Auspresskolben bei der 20 mL-Markierung sein: Auspressen stoppen, ca. 5-10 sec warten (–> Temperatur Messsensoren angleichen!), dann die Restflüssigkeit fast vollständig in den eDrometer pressen
- Spritze am Injektionsschlauch hängen lassen (also nicht abnehmen)
- ca. 10-15 sec nach dem vollständigen Einfüllen der Testflüssigkeit kann der Messwert abgelesen und protokolliert werden

- Mehrfachmessungen: können ohne Spülen des eDrometers durchgeführt werden, sofern folgendes Vorgehen berücksichtigt wird:
  - ➛ "alte" Messflüssigkeit mit der der Spritze zurückziehen, verwerfen, mit dest./ention. Wasser Spritze spülen
  - ➛ nächste Messprobe mit der Spritze aufziehen
  - ➛ Spritze mit Einfüllschlauch verbinden und wie oben beschrieben weiter fahren.

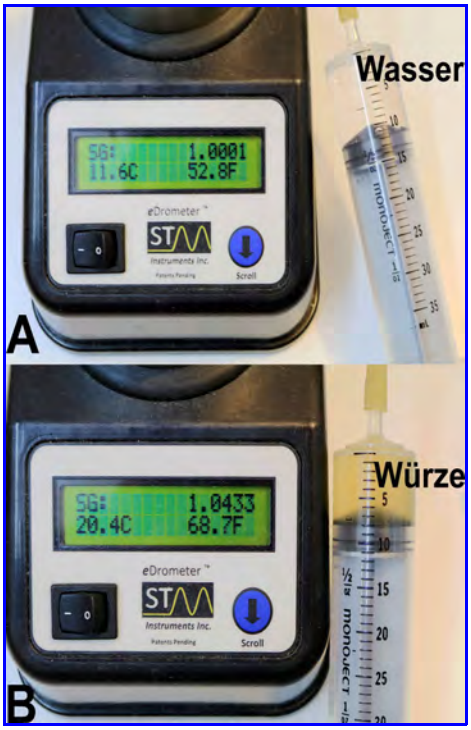

Abb. 16. eDrometer-Messungen.
A: Kalibrierung mit dest./ention. Wasser –> Anzeige SG-Wert auf 1.0001, Temp. 11.6 °C.
B: Messung mit Gärwürze, SG-Wert 1.0433 (= 10.8 °P).

B. Testlösungen mit CO_2: z.B. Gärwürze, fertiges Bier

- CO_2-haltige Testlösungen müssen vor der Messung entgast werden, z.B.
  - ➛ durch Umfüllen in eine Flasche mit Verschluss, mehrfach Schütteln, Entlüften und wieder Schütteln, bis kein CO_2 mehr entweicht
  - ➛ durch mehrfaches, z.B. 10-faches Umgiessen zwischen zwei Gläsern
  - ➛ durch einen gewöhnlichen Kaffeefilter filtrieren
- entgaste Testflüssigkeit langsam mit der Spritze aufziehen –> wenn immer noch eine grössere Zahl an Gasbläschen oder Schaum beim Aufziehen sichtbar sind, muss das Entgasungsverfahren nochmals durchgeführt werden
- das Messverfahren läuft nun wie unter "A. Testlösungen ohne CO_2" beschrieben, aber der eDrometer muss ebenfalls wie die Spritzenfüllung ganz langsam befüllt werden!

4. Auswertung:

- Die Anzeige der Messwerte ist in Abb. 16 dargestellt: durch Pressen des SCROLL-Knopfs kann zwischen den verschiedenen Messwert-darstellungen "SG (relative Dichte) –> –> Brix –> Plato" etc. gewechselt werden
- eigene Messwerte evtl. vergleichen mit Zielwerten "Periodic Table of Beer Styles"
  Typische Stammwürzewerte für einige Biersorten: Pilsener/Helles: 10–13 °P, Bockbier: 16–18 °P (ab 18°P Doppelbockbier), Weizenbier: 11–13 °P.
- Berechnungen des scheinbaren Endvergärungsgrads, Alkoholgehalts und physiologischen Brennwert (= Energiegehalt des Bieres): siehe "6. Bestimmung des Extraktgehalts mit dem Anton Paar-Biegeschwingermesssystem easyDens > 3. Auswertungen"

5. Reinigung des eDrometers:

- nach einer Messreihe bzw. Abschluss der Messung sollte der eDrometers mit destilliertem bzw. entionisiertem Wasser gespült werden
- periodisch sollte auch mit Alkohol (Brennsprit) gespült und dann mit dest./ention. Wasser nachgespült werden
- nach jeder Spülung mit der Spritze die Flüssigkeiten aus dem eDrometer heraus saugen
- am Schluss mit Luft der Spritze nachtrocknen
- oberflächige Verunreinigung des Gerätes mit klebriger Würze mit verdünnter Alkohollösung (z.B. 70% Ethanol) reinigen.

5. Bestimmung des (scheinbaren) Extraktgehalts während der Gärung mit dem digitalen US TILT-HYDROMETER

Mit dem digitalen TILT-Hydrometer ("digitale Würzespindel") kann neben der eigentlichen Extraktgehaltsbestimmung in der Stammwürze vor allem der Gärverlauf durch die Messung des "scheinbaren Extraktgehalts" direkt in der Gärwürze des Gärtanks während des Gärvorgangs (!) kontinuierlich erfasst werden. Das TILT-Hydrometer überträgt die Daten via –> Bluetooth auf das –> Brewometer Tilt-App (Info) auf einem Smartphone (Apple, Android) oder Tablet (z.B. iPad) und dann via –> WLAN in eine Cloud (z.B. Baron Brew Cloud, Video-Info), wo sie als "Google Sheets-Datenreihen" gespeichert als professionelle Tabellen jederzeit verfügbar sind. Das Smartphone oder Tablet muss allerdings in Reichweite des Tilt-Hydrometers bleiben (ca. 7.5 m Reichweite, je nach Dicke und Material des Gärbehälters), was nicht eine ideale Lösung der Datenübertragung ins Web darstellt. Deshalb kann auch eine "Tilt Pi"-App herunter geladen werden, die dann die Daten des Tilt-Hydrometers via des Einplatinencomputers –> Raspberry Pi 3 oder Raspberry Pi Zero W (Info) zu den Google-Tabellen bringt (Info).

Messprinzip: Das Tilt-Hydrometer ist ein in sich geschlossener Schwimmkörper, der in die zu vermessenden Würzelösung eingebracht wird. Der Schwimmkörper ist so gestaltet, dass sich je nach Grösse der im Medium erfahrenen Auftriebskraft sein Neigungswinkel gegenüber der Mediumsoberfläche ändert. Diese Auftriebskraft wiederum ist durch die spezifische Dichte des Mediums bestimmt. Der Neigungswinkel ist somit ein Mass für die spezifische Dichte der Flüssigkeit, in der sich das Hydrometer befindet. Um den Neigungswinkel zu erfassen, wird ein integrierter Beschleunigungssensor eingesetzt. Dieser ist batteriebetrieben und mit einer Funkübertragungseinheit verknüpft. Kurz: Das TILT-Hydrometer richtet sich geometriebedingt nach der Auftriebskraft eines flüssigen Mediums aus und übersetzt somit die Flüssigkeitsdichte in einen Neigungswinkel, und daraus können die SG-Werte errechnet werden.

Damit wird auch der Gärverlauf aus der Abnahme des Zuckergehalts ersichtlich. Mit diesem kontinuierlichen Messsystem und der ebenso laufendem Aufzeichnung in Google-Tabellen kann der Gärverlauf optimal verfolgt und der richtige Zeitpunkt für eine Flaschenabfüllung, also für die Sekundärgärung (Nachgärung) festgelegt werden, und das ohne Probeentnahmen und der damit verbundenen Kontaminationsprobleme!

Materialien	Messgerät: TILT-Hydrometer ("digitale Würzespindel". Eigenschaften: SG-Messbereich 0.700-1.500, SG-Treffsicherheit +/- 0.002 innerhalb des SG-Messbereichs von 0.990 to 1.120; Temperatur-Messgenauigkeit: 1.0°C) (Info). Smartphone/Tabletcomputer mit Brewometer Tilt-App (Info). Zubehör: evtl. zusätzlich Raspberry Pi Zero W Einplatinencomputer inkl. passendes Ladegerät, Micro SD Karte ≥ 8 GB, Tilt ™ Pi (Raspberry Pi SD Card Image Download). Präzisions-Thermometer (z.B. -10 bis + 50°C, Teilung 0.1°C, Info > ALK6.1. Würzeproben (z.B. Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze). Destilliertes oder entionisiertes Wasser. Kosmetiktüchlein (Kleenex, Linsoft), grosse Pinzette, Reagenzglasputzer/feine Bürste. Desinfektionsmittel (z.B. 70%-Ethanol, 65%-Isopropanol, Chemipro Oxi; Saccharose (Haushaltzucker), Spatel, Bechergläser, Waage. Probeentnahmesystem* (z.B. Ablasshahn, Messpipette, Probenehmer [Info], Schlauch u.a., *Materialien z.T. desinfiziert: vgl. verschiedene Würzetypen Desinfektionsmittel (z.B. 65-79% Alkohollösungen [Isopropanol, Ethanol]; cf. auch "Braulabor 6 - Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel")

1. Kalibrierung des TILT-Hydrometers:

   Der TILT-Hydrometer wird kalibriert ausgeliefert, es können aber zusätzliche Kalibrierungsmesspunkte fixiert werden. Dies sollte optimal nach dem Einsetzen einer frischen Batterie erfolgen!

   - 1: auf Settings ("Einstellungen") gehen: aufs Zahnrad-Ikon oben links klicken
   - 2: unter "Calibrate Specific Acitivy - TARE IN WATER" zunächst die entsprechende Farbe des zu eichenden Tilt-Hydrometers wählen (RED bis PINK, insges. 8 Wahlmöglichkeiten für je 8 verschiedene Tilt-Hydrometers)
   - 3: den Tilt-Hydrometer in eine genau bezüglich relativer Dichte ("specific gravity SG") definierte Lösung(en) platzieren
     Hinweis: optimale SG zwischen 1.110 und/oder 1.061 bei 20°C.
     Beispiel: SG 1.0990 entspricht einer Saccharose (Haushaltzucker)-Lösung von 24 Gew.-%, d.h. 24 g Zucker + 76 g Wasser = 100g Zuckerlösung (vgl. Zuckerlösung-Dichtetabelle) bei 20°C.
   - 4: nachdem der Tilt-Hydrometer "ruhig" schwimmt, den "update"-Knopf unterhalb "Uncalibrated SG" drücken
   - 5: unter "Actual SG:" den SG-Wert der Eichlösung eintippen (z.B. 1.110) und Messwert eingeben mittels Klick auf "ADD POINTS"

Abb. 17. TILT-Hydrometer. Schwarze Ausführung: von hinten mit Batterie; Gelbe Ausführung: von vorne.

- 6: Verfahren 2-6 einer weiteren definierten Lösung durchführen (z.B. SG 1.061), bzw. sogar mit mehreren definierten Lösungen
  Hinweise: 1 bis zwei zusätzliche Kalibrierungspunkte zum fabrikeigenen genügen; nach jedem Batteriewechsel sollten diese Werte jeweils wieder gelöscht werden (Tilt-Farbe wählen, dann "CLEAR"-Knopf klicken, dann wiederum Kalibrierung 1-5 durchführen)
- Temperaturkalibrierung: auch die Temperatur kann analog der SG kalibriert werden; das empfiehlt sich aber nur, wenn man als "Eichflüssigkeit" Wasser in einem geeigneten Gefäss mit einem sehr genauen Thermometer (z.B. 0-50°C, mindestens ± 0.1-0.5°C genau) ausmessen kann.
  Als Referenzpunkt kann auch Eiswasser dienen: Thermoskanne mit kaltem Wasser füllen und dann Eiswürfel reingegeben. Mengenverhältnis etwa 1 : 1. Die Wasser-Eis-Mischung dann etwa 1/2 Stunde stehen lassen und noch mal etwa 5 Minuten rühren. Danach den Tilt-Hydrometer eintauchen lassen und unter leichtem Rühren hie und da etwa 15 Minuten drin gelassen –> Temperatur sollte konstant auf 0°C sein.

2. Tilt-Hydrometer-Cloud-Anbindung Google-Tabellen:

2.1. Datenübertragung in Baron Brew Cloud: Zur Übertragung der Tilt-Hydrometerdaten in Google-Sheets müssen die Daten korrekt via das Tilt-App mit der Cloud verbunden werden (Hinweis: es gibt letztlich 3 verschiedene Möglichkeiten: siehe hier). Der einfachste Weg der Dateneinbindung wird hier in einem Video erläutert:
"HOW TO LOG YOUR TILT DATA TO GOOGLE SHEETS".

2.2. Datenübertragung via Raspberry Pi: der Tilt Pi-Download inkl. Vorgehensweise sind hier beschrieben: TILT™ PI (RASPBERRY PI SD CARD IMAGE DOWNLOAD.

3. Tilt-Hydrometer für den Einsatz vorbereiten:
- Kontrolle: "frische" Batterien (mindestens ausreichend für eine Gärdauer von 1 Woche: beim Aufstellen des Tilt-Hydrometers in die senkrechte EIN-Position blinkt ein Licht: GRÜN –> i.O. für eine Gärsession, ROT –> Batteriewechsel), Tilt-Hydrometer evtl. kalibriert (insbesondere nach Batteriewechsel)
- Desinfektion: Tilt-Hydrometer in einem Desinfektionsmittel wie 65% Isopropanol/ oder 70% Ethanol entkeimen (weitere Mittel: cf. Braulabor 6 hier), sowie "Mikrobiologische Grundlagen zur Hefezüchtung Teil I" hier > Abb. 21), Abb. 18.

Abb.18. Entkeimung des Tilt-Hydrometers.
Links: Desinfektionsmittel 70% Ethanol, Gefäss zur Aufnahme des Tilt-Hydrometers mit Pinzette. Rechts: Entnahme mit entkeimter Pinzette und direkter Transfer in Gärbehälter.

4. Einsatz des Tilt-Hydrometers während Hauptgärung:
- der vorbereitete Tilt-Hydrometer wird nun möglichst keimarm mit Hilfe einer keimfreien Pinzette in den Gärbehälter transferiert (vgl. Abb. 18 rechts): 1. Öffnung Gärbehälter mit Desinfektionsmittel (65%-Isopropanol) absprühen, 2. evtl. brennenden Gasbrenner daneben stellen –> Auftrieb heisser Luft verhindert Kontamination aus Luft (vgl. Abb. hier), 3. Tilt-Hydrometer-Transfer, 4. Öffnung Gärbehälter wieder schliessen
- Tilt-App auf eingesetztem Gerät aktivieren und Messwerte SG und Temperatur kontrollieren
- Datenübertragung: mit Smartphone/Tablet jeweils Tilt-App öffnen, alle 10 sec werden SG- und Temperatur-Daten auf das Smartphone/Tablet gesendet
- Daten in Google-Tabellen übertragen: unter "Cloud Settings" –> "Check here to start logging data to the Cloud" anklicken, E-Mail-Adresse unter "Post Comment to the Cloud" eingeben
- kontinuierliche Datenübertragung mit dem Raspberry Pi-Minicomputer –> wie unter Pkt. 2.2 beschrieben

5. Auswertung der Tilt-Hydrometer-Datenreihen:
- ? verläuft die Hauptgärung wie erwartet bezüglich der/des
  - Gärverlaufskurve: Abnahme des Extraktgehalts (abnehmende SG-Werte)
  - Verlaufs der Temperaturkurve (die Gärung verläuft ja exotherm, d.h. sie gibt je nach Intensität verschieden viel Wärme ab) –> evtl. muss die Temperatur gesteuert werden (z.B. Abkühlung) oder - besser - geregelt werden (vgl. "Braulabor 24 - Wie überwacht und regelt man den Gärprozess?", cf. hier)
  - stimmen die SG- und Temperaturmesswerte mit anderen Beobachtungen überein: z.B. Entwicklung CO_2-Gasblasen, Kräusenstufen, evtl. anderer Messsysteme am Gärbehälter (z.B. GÄRSPUNDmobil von Speidel zur kontinuierlichen Registrierung der Temperatur und der CO_2-Blops pro Zeiteinheit als Mass der Gärintensität [Info], cf. "Braulabor 24 Der Gärprozess" hier)
  - eigene SG-Messwerte evtl. vergleichen mit Zielwerten "Periodic Table of Beer Styles"
    Typische Stammwürzewerte für einige Biersorten: Pilsener/Helles: 10–13 °P, Bockbier: 16–18 °P (ab 18°P Doppelbockbier), Weizenbier: 11–13 °P.

- ? wann ist der SG-Wert zur Flaschenabfüllung (Nachgärung) erreicht: z.B. von SG 1.040 (= 10 °P) auf SG 1.010 (= 2.5 °P)

- Berechnungen des scheinbaren Endvergärungsgrads, Alkoholgehalts und physiologischen Brennwert (= Energiegehalt des Bieres): siehe "6. Bestimmung des Extraktgehalts mit dem Anton Paar-Biegeschwingermesssystem easyDens > 3. Auswertungen".

6. Reinigung, Wartung und Lagerung des TILT-Hydrometers:
- Reinigung: nach dem Einsatz im Gärtank muss der Tilt-Hydrometer gut gereinigt werden:
  - mit lauwarmem Wasser abspülen und sanft die Hefereste von der Oberfläche abwaschen
  - insbesondere auf die Gummidichtungsringe achten: evtl. mit feiner weicher Bürste (z.B. Flaschenbürste/Reagenzglasbürste) Übergangszone Kunststoffzylinder - Dichtungsring säubern
  - zum Abschluss und Vorbereitung auf den nächsten Batch z.B. mit Chemipro Oxi (Info) 5 min reinigen
- Wartung: der Batteriewechsel (Batterietyp: CR123A 3-Volt) ist sowohl mit Text als auch Video erläutert: Text Video
- Lagern: der Tilt-Hydrometer muss stehend gelagert werden, denn in horizontaler Lage wird er aktiviert und verbraucht den Batterienstrom (Abb. 19).

Abb. 19. EIN-/AUS-Aktivierung.
Der Tilt-Hydrometer ist in stehender Position ausgeschaltet (!), in schräger bis liegender Lager aktiviert.

INFOS zum Tilt-Hydrometer: Kurzanleitung GUIDE
Videos zum TILT-Hydrometer:
Video 1 Video 2 Video 3 (Tilt-Hydrometer mit Raspberry PI) Video 4 (Daten –> Google Sheets) Video 5 (Batteriewechsel)

6. Bestimmung des Extraktgehalts mit dem Anton Paar-Biegeschwingermesssystem easyDens

Das Dichte- und Konzentrationsmessgerät EasyDens (Info, Einführungsvideo) misst die Dichte von Flüssigkeiten wie Stammwürze und nach der Biegeschwingermethode: ein U-förmiges Borosilikatglas mit der Probe wird zu seiner typischen Schwingungsfrequenz angeregt, welcher dann in Abhängigkeit von der Dichte der Probe verändert wird; daraus kann die Dichte der Probe temperaturkompensiert errechnet werden. Mit diesem Messgerät kann der Gärungsprozess von Bier durch tägliche oder sogar häufigere Messungen des scheinbaren Extrakts überwacht werden (pro Probe braucht es nur ca. 2 mL) und so wird der Gärvorgang in einer Gärverlaufskurve erfasst. Zudem liefert es die Informationen, nach denen Heimbrauer entscheiden können, wann es Zeit für die Abfüllung (Flaschengärung, Sekundärgärung) ist.

Materialien	Messgerät: EasyDens Dichte- und Konzentrationsmessgerät (Info 1, Info 2. Eigenschaften: Messbereich Extrakt/Zucker -10 %w/w bis 40 %w/w, -10 °Brix bis 80 °Brix, Temperatur: 5 °C bis 30 °C; Genauigkeit: Extrakt/Zucker: 0.3 %w/w/ 0.3 °Brix; Auflösung: Extrakt/Zucker/: 0.1 w/w/°Brix, Temperatur: 0.1 °C; Probevolumen: ca. 2 mL). Smartphone/Tabletcomputer mit Brewometer Tilt-App (Info). Zubehör: Manual (pdf-Zugriff erst nach Kauf des Gerätes möglich), Smartphone/Tablet, EasyDens-App (Google Play, App Store), 10 mL Einmalspritze, Schutzabdeckung, Abfallbehälter. Reinigungsmittel: z.B. Halapur MP, PBW Five Star (cf. "Braulabor 6 Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel" hier), 70%-Ethanol; destilliertes oder entionisiertes Wasser, Kosmetiktüchlein (Kleenex, Linsoft), weiches Reinigungstuch. Würzeproben (z.B. Läuterwürze, Anstellwürze, Gärwürze). Probeentnahmesystem* (z.B. Ablasshahn, Messpipette, Probenehmer [Info], Schlauch u.a., *Materialien z.T. desinfiziert: vgl. verschiedene Würzetypen Desinfektionsmittel (z.B. 65-79% Alkohollösungen [Isopropanol, Ethanol]; cf. auch "Braulabor 6 - Liste Desinfektions-/Reinigungsmittel")

Durchführung: siehe auch Video

1. Vorbereitung der Dichtemessung:
   - EasyDens-Messsystem (Abb. 20) erstmalig in Betrieb nehmen: im Detail im easyDens- Manual beschrieben
   - Anton Paars EasyDens-App herunterladen (cf. Materialliste), bzw. App starten –> automatische Suche nach EasyDens (muss in der Nähe sein; Suche kann auch manuell durch Aktivierung von "MESSEN" gestartet werden) –> automatische Verbindung wird hergestellt: statt Blinken dauerhaftes blaues LED-Leuchten –> Messbildschirm öffnet sich (Abb. 21).
   - Probe vorbereiten, falls CO_2-haltig (z.B. Gärwürze, Bier):
     ➛ Umfüllen in eine Flasche/1 L-Erlenmeyerkolben mit Verschluss/Stopfen, mehrfach Schütteln, Entlüften und wieder Schütteln, bis kein CO_2 mehr entweicht
     ➛ mehrfaches, z.B. 10-faches Umgiessen zwischen zwei Gläsern
     ➛ durch einen gewöhnlichen Kaffeefilter filtrieren
     ➛ durch Kochen der Probe während mehrerer Minuten (Hinweis: zur Alkoholbestimmung geht diese Methode natürlich nicht!)
   - EasyDens korrekt über den Abfallschlauch mit dem Abfallbehälter verbinden (vgl. Abb. 20)

Abb. 20. EasyDens-Dichtemessgerät mit Zubehör: Smartphone, Injektionsspritze, Auffangbehälter, ention. Wasser. Messanzeige auf SG (1.011 - Endpunkt einer Hauptgärung).

2. Messungen durchführen (vgl. Abb. 22):
   - Messeinheit wählen, z.B. Relative Dichte SG (auch möglich: Extrakt [% w/w]) durch Antippen des entsprechenden Symbols (die Temperatur wird immer automatisch angezeigt und bei der Messwertangabe automatisch einbezogen): vgl. Abb. 21.

Abb. 21. Messeinheiten: können gewählt werden, z.B. Relative Dichte SG (links) oder Extraktgehalt %w/w (rechts).

   - Justierung des Messgerätes mit reinem Wasser:
     - 2-3 mL destilliertes oder entionisiertes Wasser mit Einmalspritze aufziehen
     - Spritzenspitze in freien Probeneinlass stecken
     - luftblasenfrei U-Rohr befüllen durch sanftes und

gleichmässiges Drücken des Spritzenkolbens –> bis einige Tropfen Wasser in den Abfallbehälters tropfen und das U-Rohr sichtbar vollständig blasenfrei gefüllt ist; Spritze während Messung in dieser Füllposition belassen
- Messresultate auf Smartphone/Tablet-Messbildschirm sollte SG 1.000 sein

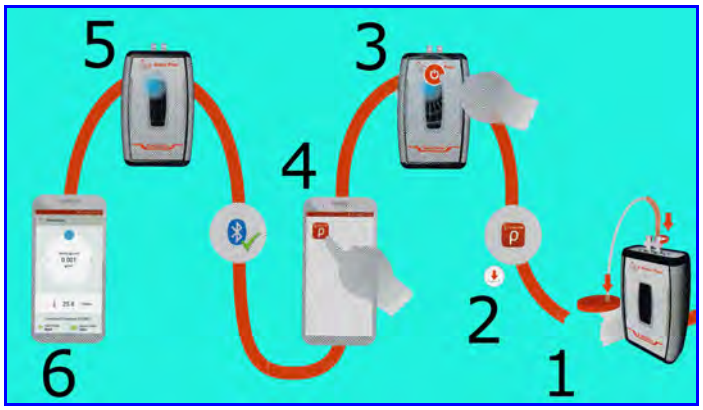

Abb. 22. EasyDens-Dichte-/Konzentrationsmessgerät: Messablauf.
1: Probenauslass mit Sammelgefäss verbinden; 2: Smartphone/Tablet: EasyDens-App muss installiert und aktiviert sein; 3: EasyDens einschalten; 4: Smartphone/Tablet: Einstellen der gewünschten Messeinheit (meistens SG: specific gravity, relative Dichte [g/cm^3]; 5: mit ention. H_2O justieren, dann Probe mittels Spritze einspritzen; 6: Messwerte auf Smartphone/Tablet ablesen.

- Messung mit Stammwürze (Extraktgehalt) und/oder Gärwürze (scheinbarer Extraktgehalt):
  - 2-3 mL CO_2-freie Probelösung mit Einmalspritze langsam aufziehen
  - Spritzenspitze in freien Probeneinlass stecken
  - luftblasenfrei U-Rohr befüllen durch sanftes und gleichmässiges Drücken des Spritzenkolbens –> bis einige Tropfen der Probe in den Abfallbehälters tropfen und das U-Rohr sichtbar vollständig blasenfrei gefüllt ist; Spritze während Messung in dieser Füllposition belassen
  - Messresultate auf Smartphone/Tablet-Messbildschirm ablesen und protokollieren.
    Hinweis: die Messergebnisse können gespeichert, exportiert und grafisch dargestellt werden.
  - weitere Messungen durchführen oder zu 3. Reinigung weiterfahren

3. Auswertungen:
- ? verläuft die Hauptgärung wie erwartet bezüglich der/des
  - Abnahme des Extraktgehalts (abnehmende SG-Werte)
  - stimmen die SG- und Temperaturmesswerte mit anderen Beobachtungen überein: z.B. Entwicklung CO_2-Gasblasen, Kräusenstufen, evtl. anderer Messsysteme am Gärbehälter (z.B. GÄRSPUNDmobil von Speidel zur kontinuierlichen Registrierung der Temperatur und der CO_2-Blops pro Zeiteinheit als Mass der Gärintensität [Info], cf. "Braulabor 24 Der Gärprozess" hier)
  - eigene SG-Messwerte evtl. vergleichen mit Zielwerten "Periodic Table of Beer Styles"

  Typische Stammwürzewerte für einige Biersorten: Pilsener/Helles: 10–13 °P, Bockbier: 16–18 °P (ab 18°P Doppelbockbier), Weizenbier: 11–13 °P.

- ? wann ist der SG-Wert zur Flaschenabfüllung (Nachgärung) erreicht: z.B. von SG 1.040 (= 10 °P) auf SG 1.010 (= 2.5 °P).
- Gärverlaufskurve:
  1. Eine Proben-ID erstellen: auf Menübildschirm "Messdaten > Neu > Popup-Fenster: "Name der Probe" (= Proben-ID) > Zielanwendung "Bier" > Messeinheit auswählen, z.B. Relative Dichte SG > Speichern.
  2. In regelmässigen Abständen Messungen der Gärproben in der gewählten Messeinheit SG durchführen
  3. Messergebnisse speichern unter Zuordnung zur entsprechenden Proben-ID
  4. Einsicht in aktuellen Stand der Gärung: auf die Daten der Proben-ID zugreifen
     - Menübildschirm: "Messdaten" wählen > Liste aller Proben (Bier) >Proben-ID auswählen –> Messprotokoll mit 1. Ergebnisse aller Einzelmessungen, 2. Graphik mit zeitabhängiger Darstellung der Extraktmesswerte ("Gemessener Extraktgehalt" als SG-Abnahme)

- Berechnungen des scheinbaren Endvergärungsgrads, Alkoholgehalts und physiologischen Brennwert (= Energiegehalt des Bieres): nach der Formeln von H. Hanghofer, Gutes Bier selbst brauen, BLV-Buchverlag München, 8. Aufl., (2016), S. 130.

Formel: Berechnung des Alkoholgehaltes			
A: Stammwürze in [°P]			Bsp. Messwerte: 12.5 °P
B: scheinbarer Restextrakt Es im fertigen Bier			3.0 °P
C: scheinbarer Endvergärungsgrad	=	100 x (1 - B/A)	100 x (1-3.0/12.5) = 76%
D: tatsächlicher Restextrakt ohne Alkohol	=	(0.1808 x A) + (0.8192 x B)	(0.1808x12.5)+(0.8192x3.0) = 4.72%
E: Dichte Bier [g/mL]	=	261.1/(261.53 - B)	261.1/(261.53-3.0) = 1.010 g/mL
F: Gewichtsprozente Alkohol [$\%_{gew}$]	=	(A - D)/(2.0665 - [0.010664 x A]) bzw.	(12.5-4.72)/(2.0665-[0.010665x12.5]) = 4.02$\%_{gew}$
		81.92 x (A - B)/(206.65-[1.0665 x A])	81.92 x (12.5-3.0)/(206.65-[1.0665x12.5]) = 4.03$\%_{gew}$
G: Volumenprozente Alkohol [$\%_{vol}$]	=	(E x F)/0.7894	(1.010x4.02)/0.7894 = 5.14$\%_{vol}$
H: konsumierte Biermenge [L]			0.5 L
I: physiologischer Brennwert [kcal]	=	[(6.9 x F) + (4 x [D-0.1])] x 10 x H x E	[(6.9x4.02) + (4x[4.72-0.1])]x10xHxE = 234 kcal
physiologischer Brennwert [kJ]	=	I x 4.18684	234 x 4.18684 = 980 kJ

Tab. 1. Berechnungsmöglichkeiten aus den beiden i.d.R. standardmässig gemessenen Werten Extraktgehalt Stammwürze A und scheinbarer Restextrakt B.

Im easyDens-Manual* ist angegeben, über welche "Tippschritte" im App-Menübildschirm die gespeicherten Messwerte in den Alkoholgehalt inkl. Graphik umgerechnet werden können.
*Hinweis: Das Manual ist erst nach dem Kauf des Messgerätes dem Nutzer verfügbar.

Siehe auch: Auswertemöglichkeiten im Programm "Brew Recipe Developer" Gärdiagramm Editor Gärverlauf x

4. Reinigung und Lagerung von EasyDens:

- geeignete Reinigungsmittel:
  - üblicherweise: warmes destilliertes oder entionisiertes Wasser (kein Leitungswasser –> Gefahr der Kalksteinbildung in der Messzelle)
  - bei evtl. Verunreinigung des U-Rohres mit Ablagerungen: alkalische Reinigungsmittel, z.B. Halapur MP, PBW Five Star

- Vorgehen Reinigung Messzelle:
  - zunächst mit Spritze Luft in die Messzelle hinein drücken und damit leeren
  - Messzelle mehrfach mit geeigneter Flüssigkeiten durchspülen, i.d.R. warmes dest./ention. Wasser
  - bei Reinigung mit alkalischem Mittel (ca. 5 min einwirken lassen) abschliessend immer mit ≥ 10 mL hochreinem Wasser durchspülen
  - letzter Schritt bei allen Reinigungsverfahren: Messzelle mit Luftspülung leeren

- Vorgehen Reinigung Schutzgehäuse und Sichtfenster:
  Mit weichem, in Ethanol oder in warmes Wasser getauchtes Tuch abwischen.

- Lagerung von EasyDens:
  Nach Reinigung und Trocknung bei Umgebungstemperaturen lagern (niemals unter 0°C: Wasserverursacht Bruch der Messzelle).

Info: ausführliche Zusatzinformationen zu EasyDens unter FAQ
Zusatzinfos: Biegeschwingergerät Endvergärungsgrad x

Abschluss: Versuch eines Gesamtbewertung der verschiedenen Messysteme zur Extrakt-/Dichtebestimmung

Gerät	Kosten[1] Info	Probemenge	Desinfektion[2] Sterilität[3]	Zeitaufwand (Vorbereitung + Messung)	Mess-bereich	Auflösung	Gesamturteil */**/***/****
Saccharometer (Bierwürzespindeln)	12 - 70 CHF Info	±100 mL	aufwändig problematisch	5-10 min	0 - 20 °P	je nach Skalen-aufteilung 0.1-0.5 °P	aufwändig * grosse Totalproben-mengen
Hand-Refraktometer	60 CHF Info	1-2 Tropfen	nicht notwendig kaum gefährdet	2 min	0 - 32 °Brix SG 1.000-1.120	genügend 0.2 °Brix	einfach ** rel. ungenau
digitales Refraktometer	220-240 CHF Info	ca. 5 Tropfen (=0.25 mL)	nicht notwendig kaum gefährdet	3 min	0 - 30 °Plato	±0,2 °Plato	einfach *** rel. genau rasch
eDrometer	350 US-$ Info	ca. 20 mL	nicht notwendig kaum gefährdet	5-10 min	SG 0.7000-1.500	±SG 0.001	sehr genau **(*)
Tilt-Hydrometer	135 US-$ Info	kein Verbrauch	notwendig keine Gefährdung	10 sec 1 x Vorbereitung	SG 0.990 -1.120	±SG 0.002	genau **** kontinuierlich Datenspeicherung
EasyDens	440 CHF Info	2-3 mL	nicht notwendig kaum gefährdet	2 min	-10 %w/w -40 %w/w, 10 °Brix - 80 °Brix	0.1 °Brix	einfach ***(*) sehr genau Datenspeicherung

Tab. 2. Die 6 verschiedenen Extrakt-/Dichtemesssysteme im Vergleich.

1: ohne Transport und evtl. Zollkosten/ 2: nur notwendig, wenn Probe weiter verwertet wird bzw. wenn Messgerät in Gärwürze direkt eingesetzt wird/ 3: je kleiner benötigte Probemenge, desto geringer die Kontaminationsgefahr.

Im Vergleich: die 6 verschiedenen Messsysteme (in Bearbeitung)

Messsystem	Probe 1: Stammwürze	Probe 2: Gärwürze	Probe 3: Bier
Saccharometer (Bierwürzespindeln)			
Hand-Refraktometer			
digitales Refraktometer			
eDrometer			
Tilt-Hydrometer			
EasyDens			

Tab. 3. Vergleich der Extrakt/Dichte-Messwerte mit den 6 verschiedenen Messsystemen.

Farbcode: Messwerte original [ ], Messwerte umgerechnet in [rel. Dichte SG] [°Plato]