

Grundlagen zur (richtigen) Berechnung einer Hopfengabe



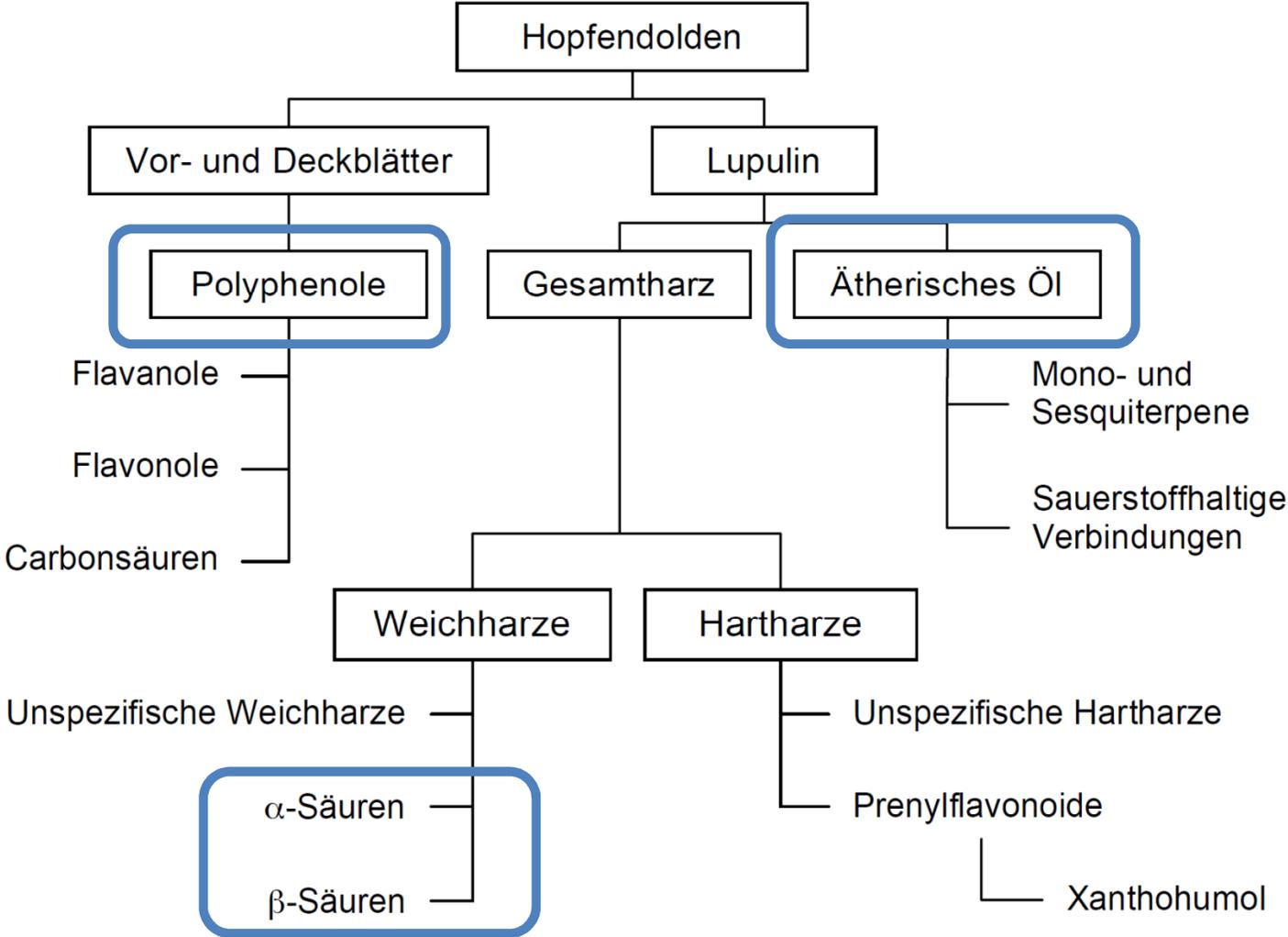
Andreas Gahr

Florian Schüll



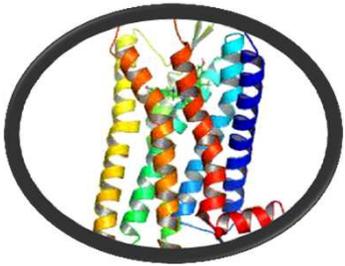
Workshop 01./02.08.2019

Hopfeninhaltsstoffe



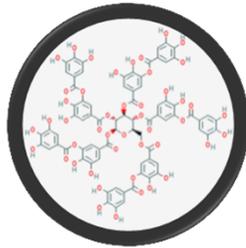
Komplexität der Bierbittere

Bittere in Bier resultiert aus diversen Substanzen und Prozessen



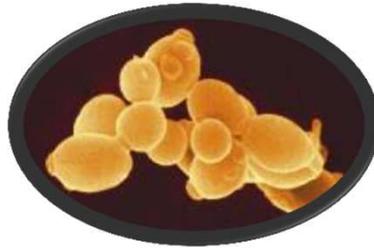
Eiweiß-Bittere

Trubabtrennung beachten



Gerbstoff-Bittere

Frische Hopfen verwenden;
Sauerstoffeintrag beim Maischen und Würzekochen vermeiden



Hefe-Bittere

Hefe mit hoher Vitalität (ICP) und Viabilität (Methylenblau Test)



Röstmalz-Bittere

Für dunkle Biere auch Malze mit weniger Farbe/Röstgrad verwenden (Münchner TYP II, CaraRed...)



Mineralien

Wasserqualität beachten

Berechnung einer Hopfen(bitter)gabe

$$\text{Hopfendosage [g]} = \frac{\text{gewünschte Bittere in Bier [mg/l]} \times \text{Ausschlagwürzmenge [L]}}{\text{Ausbeute [\%]} \times \alpha\text{-Gehalt Hopfenprodukt [\%]} \times 1000 \text{ [mg/g]}} \times 100\%$$

1) Notwendige Informationen zur richtigen Berechnung:

Analytik: Wie wurde α -Gehalt in Hopfen gemessen?

- **Spezifisch** mit HPLC (EBC 7.7)?
 - ▶ "Gewünschte Bittere" ist der tatsächliche zu erwartende Gehalt an:
Iso- α -Säuren in mg/l
- **Unspezifisch** mit Konduktometerwert (EBC 7.5)?
 - ▶ "Gewünschte Bittere" ist der tatsächliche zu erwartende Gehalt an:
Insgesamt gelösten Bitterstoffen (IBU)
 - ➡ **Spezifisches α < unspezifisches α !**
 - Bei Nichtbeachtung > Gefahr von Über - bzw. Unterdosage**

2) Berechnung der Bitterstoffausbeute

Slide 4

AF43

Dr. Forster Adrian; 04/07/2019

Hopfen - Analytik

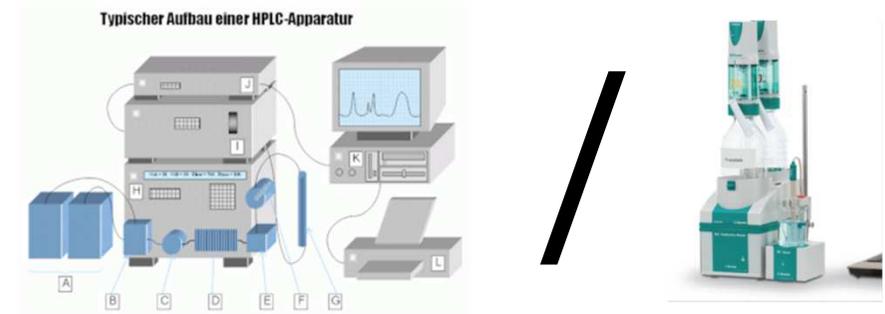
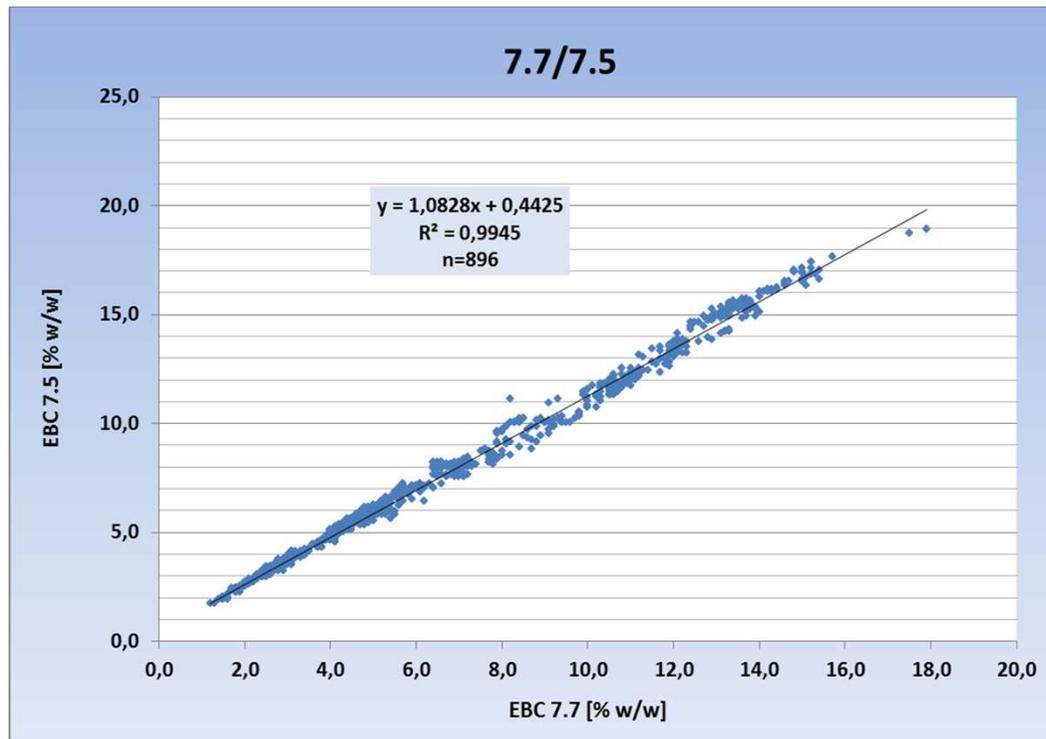
- Alpha-Säuren (EBC 7.7) ist die Summe der mit HPLC gemessenen einzelnen Alpha-Säure-Homologen (spezifisch).
- Alpha-Säuren (EBC 7.5) ist der Konduktometerwert einer Hopfen/Ether/Methanol-Lösung (unspezifisch).

Produkt	Analyse spezifisch	Analyse unspezifisch
Hopfen	HPLC (EBC 7.7)	Konduktometerwert (EBC 7.5)
Hopfen		Alpha-Säuren (ASBC Hops 6)
Bier	HPLC (EBC 9.47)	Int. Bittereinheiten IBU (EBC 9.8)

- Alpha-Säuren-Wert (ASBC) wird spektralphotometrisch bestimmt (unspezifisch) und meist beim Kauf von amerikanischen Hopfen angegeben.
- Bei den Int. Bittereinheiten - IBU - (EBC 9.8) werden die Bitterstoffe im Bier bei 275nm spektralphotometrisch gemessen (unspezifisch).
- Bitterstoffe HPLC in Bier (EBC 9.47): Messung der einzelnen Bitterstoffe mittels Hochdruck-Flüssig-Chromatographie (spezifisch)

Hopfen - Analytik

Methodenvergleich EBC 7.7 (HPLC) / 7.5 (KW)



Regressionsgerade: $a x + b$

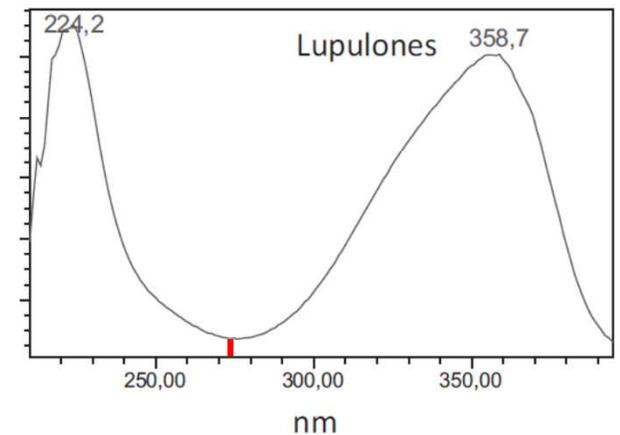
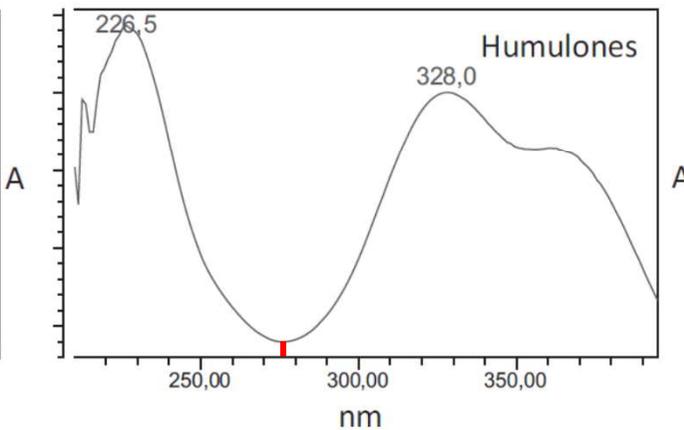
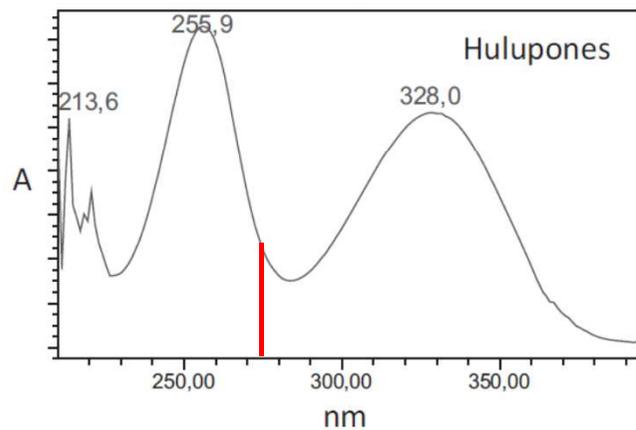
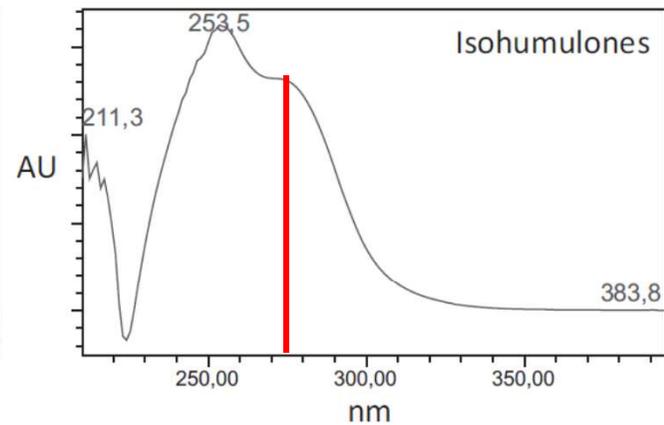
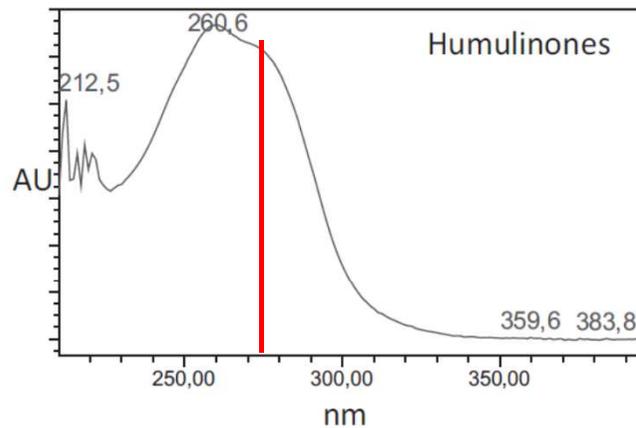
Steigung $a = 1,0828$

die Ergebnisse der Methode EBC 7.5 liegen im Schnitt 8,3% höher als die EBC 7.7

Achsenabschnitt $b = 0,4425$

Selbst bei $\alpha=0$ wird ein Konduktometerwert von 0,4425 gemessen
= konduktometrisches Grundrauschen
z.B. Chlorophyll, Organ. Säuren

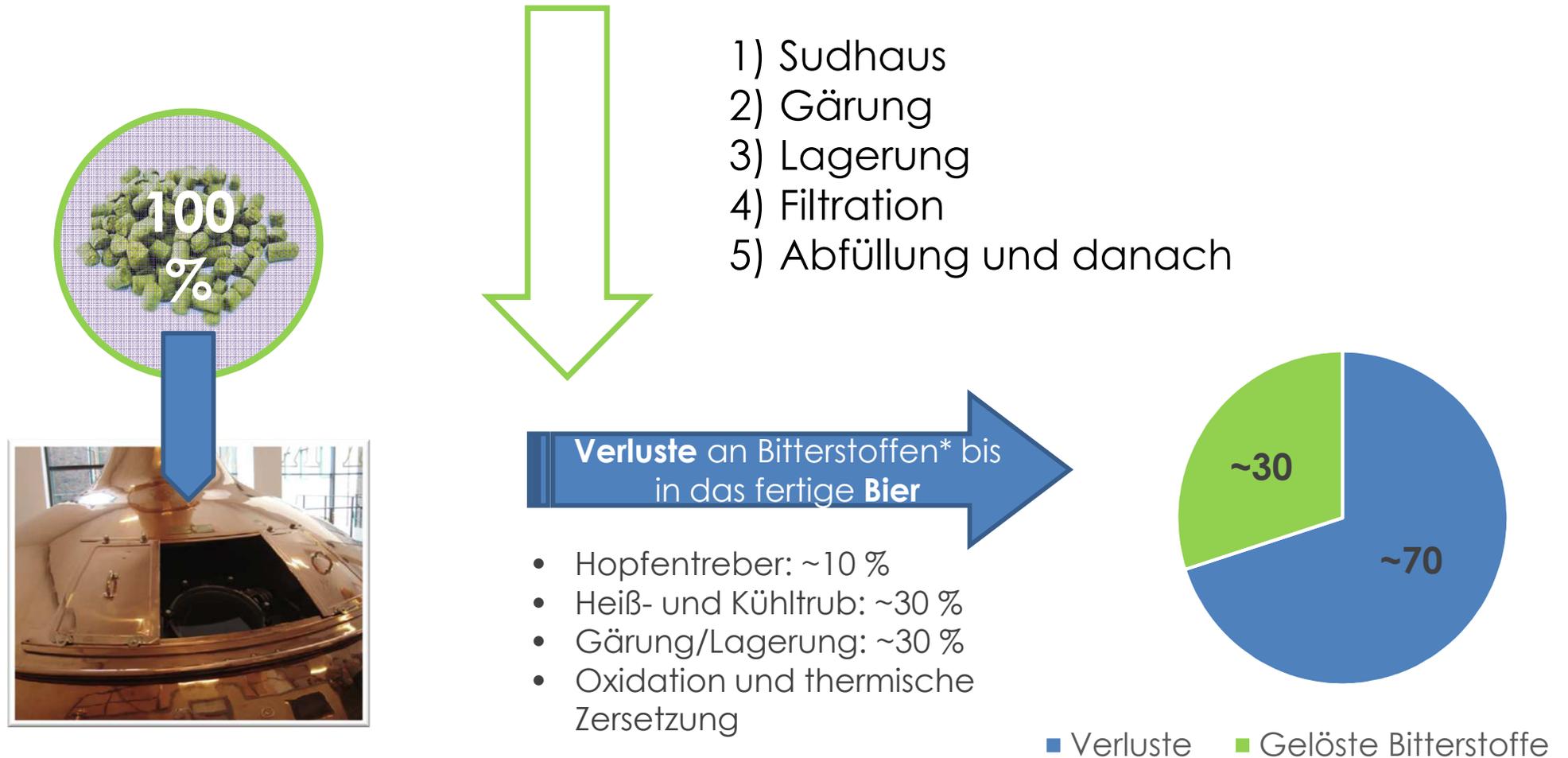
UV Spektren verschiedener Bitterstoffe



- Iso- α -Säuren und Humulinone werden bei 275nm mit einem guten Absorptionskoeffizienten gemessen.
- α - und β -Säuren haben bei 275nm ein Minimum.

Quelle: Ferreira et. al, ASBC Journal, 75, 04/2018

Ausbeute - Einflussfaktoren



* Die unterschiedlichen Bittersubstanzen erfahren je nach Polarität verschiedene Verluste im Verlauf des Bierbereitungsprozesses.

Ausbeute – Einflussfaktoren Sudhaus



- 1) Zeit und Temperatur
- 2) pH-Wert
- 3) Art des Hopfenprodukts
- 4) Frische des Hopfenprodukts
- 5) Höhe der Hopfengabe
- 6) Stammwürze
- 7) Würzezusammensetzung
- 8) Kochsystem

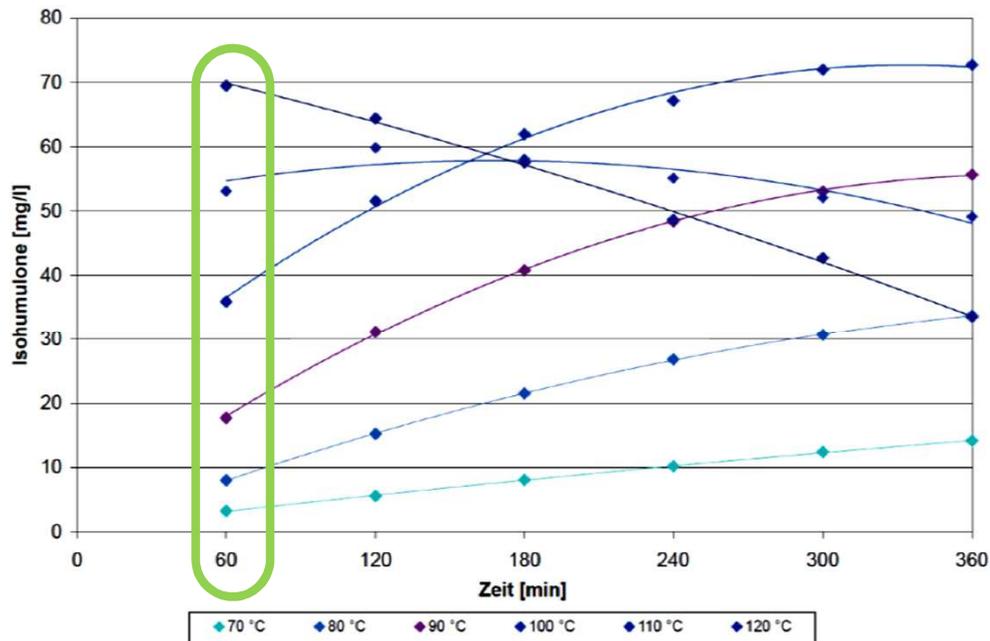
Ausbeute – Einflussfaktoren Sudhaus



1) Zeit und Temperatur



*Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Isomerisierung
(Hopfengabe in Form von Pellets, 96 mg α /l)*

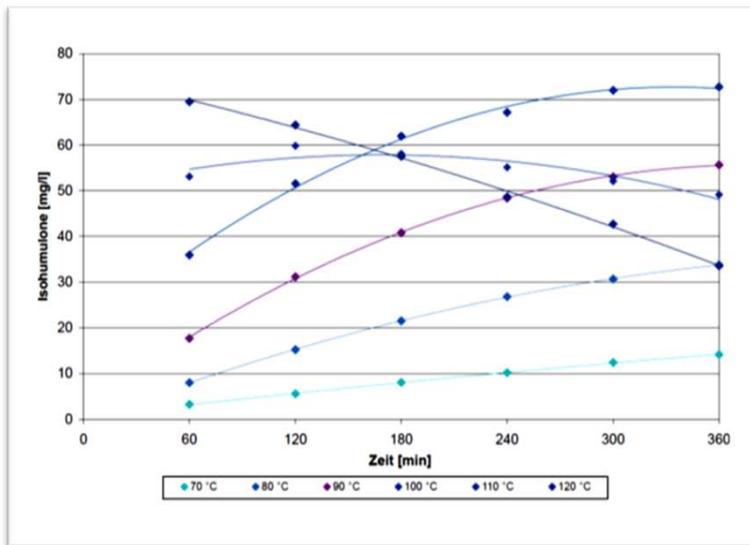


Fakten:

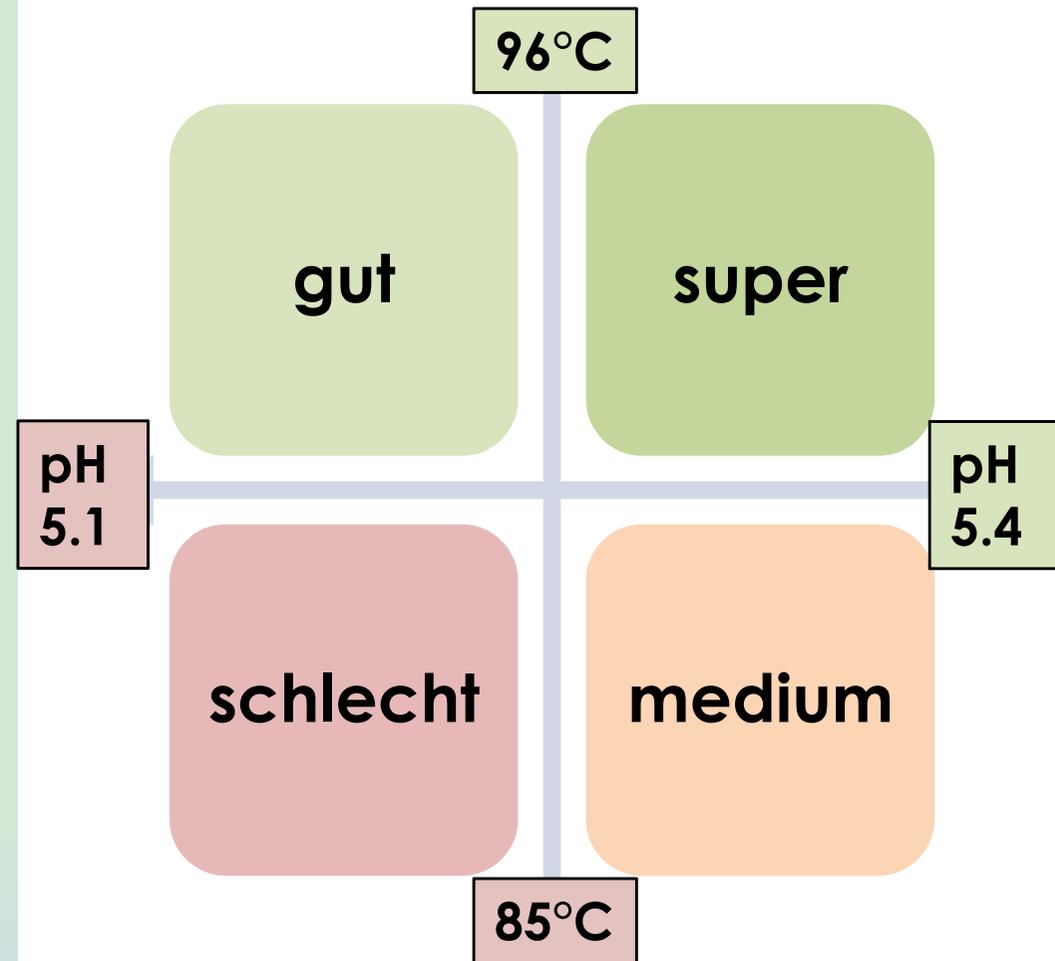
- Unter 80 °C findet keine nennenswerte Isomerisierung von α -Säuren statt
- je kürzer die Kochzeit, desto niedriger ist die Isomerisierung (bei konstanter Temperatur)
- je höher die Kochtemperatur, desto besser ist die Isomerisierung (bei konstanter Kochzeit)
- Bei Kochtemperatur (100 °C) wird erst nach 4 Stunden ein Maximum erreicht, bei Druckkochung (120 °C) schon nach 20 Minuten.

Ausbeute – Einflussfaktoren Sudhaus (Whirlpool)

- Ausbeuteangaben schwanken stark: 3 - 9%, warum?
- In der Praxis erstreckt sich die Isomerisierung nicht nur über die Kochzeit, sondern über die gesamte Heißhaltezeit
- Heißhaltezeit = ca. 50-90 min
Whirlpoolstandzeit + 1/2 Kühlzeit

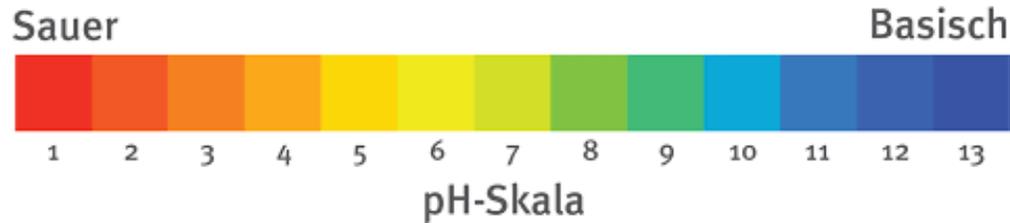


- WP isoliert? 85°C oder 96°C
- Würze gesäuert? pH 5.0 oder 5.4





2) pH-Wert

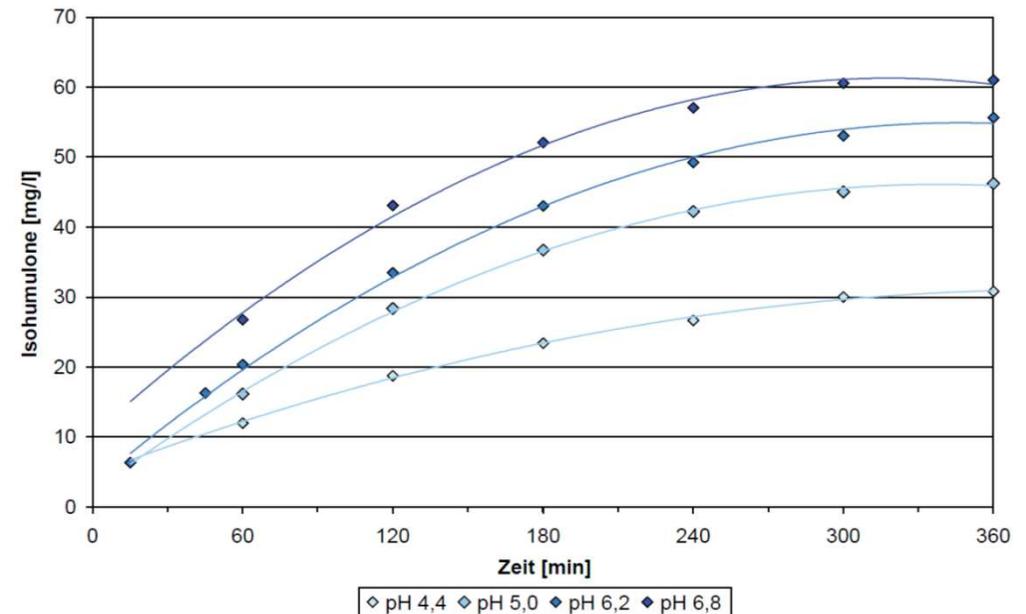


Fakten:

- pH-Wert bestimmt die **Löslichkeit** der Iso- α -Säuren und insbesondere der Alpha-Säuren
- α -Säuren **isomerisieren** bei einem **höheren pH-Wert** deutlich **besser** (Biol. Säuerung besser zu Kochende)
- Brauwasser mit niedriger Restalkalität hat eine Würze mit niedrigerem pH-Wert zur Folge und erschwert daher die Isomerisierung
- Die Verwendung von Rohfrucht führt durch die teilweise geringere Pufferkapazität zu einem niedrigeren Würze-pH und damit geringerer Isomerisierung.

pH-Wert	Alpha Säuren [mg/l]	Iso-Alpha Säuren [mg/l]
4,2	<2	500
4,8	21	1700
5,0	40	2000
5,2	84	2400
5,9	480	Keine Angabe

Löslichkeitsgrenzen von α - und Iso- α -Säuren in Wasser bei Raumtemperatur und verschiedenen pH-Werten (nach Hertel)



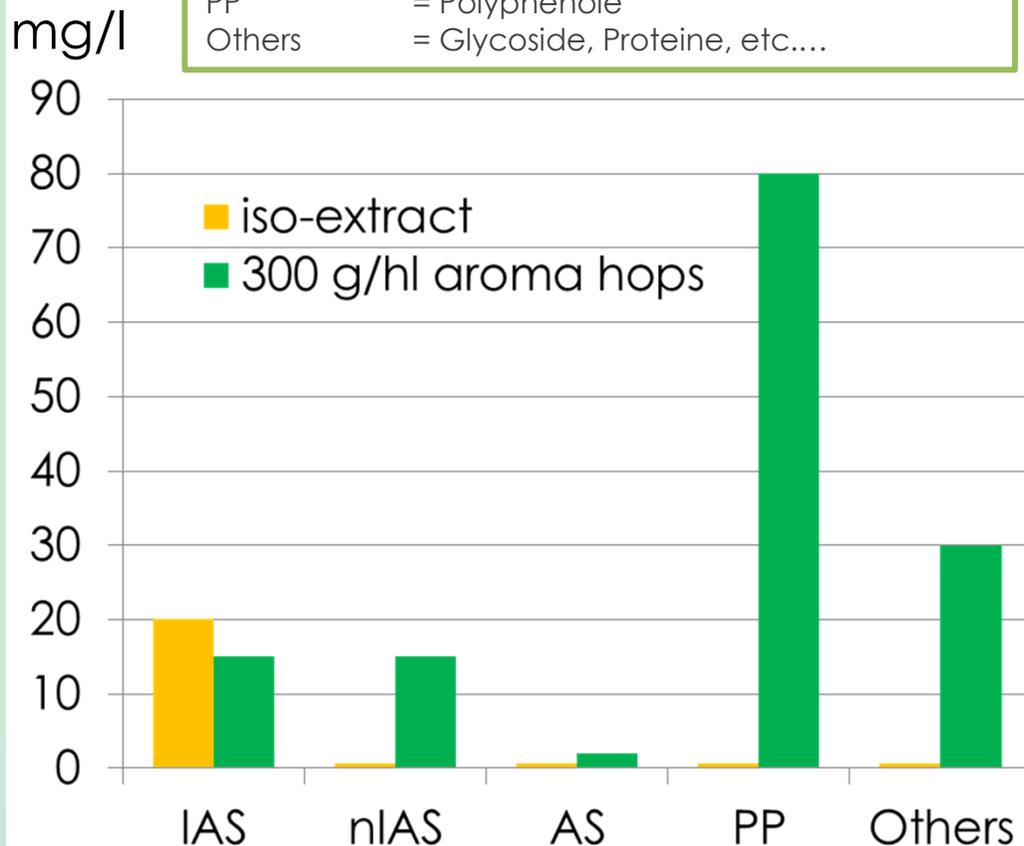
Einfluss verschiedener pH-Werte von Würze auf die Isomerisierung bei 90 °C isotherm (Hopfengabe in Form von Pellets, 96 mg α /l)

Ausbeute – Einflussfaktoren Sudhaus



3) Art des Hopfenprodukts

Beide Biere ca. 20 IBU
IAS = Iso- α -Säuren
nIAS = Nicht-Iso- α -Säuren-Bitterstoffe
AS = Aromastoffe
PP = Polyphenole
Others = Glycoside, Proteine, etc....



Fakten zu Art des Hopfenprodukts:

- Bei TYP 90 und TYP 45 Pellets verläuft die Lösung der Bitterstoffe und deren Isomerisierung vergleichbar.
- Mit Extrakt gehopfte Würzen haben auf Grund niedrigerer Feststoffgehalte geringere Bitterstoffabsorptionverluste und damit leicht höherer Ausbeuten.
- Doldenhopfen hat eine um 10 bis 15 % geringere Ausbeute, da Bitterstoffe aus den intakten Lupulindrüsen schwieriger zu lösen sind.
- Je nach Hopfenprodukt variiert Menge und Art der Stoffe, die ins Bier übergehen.



Quelle: Hopfenbuch

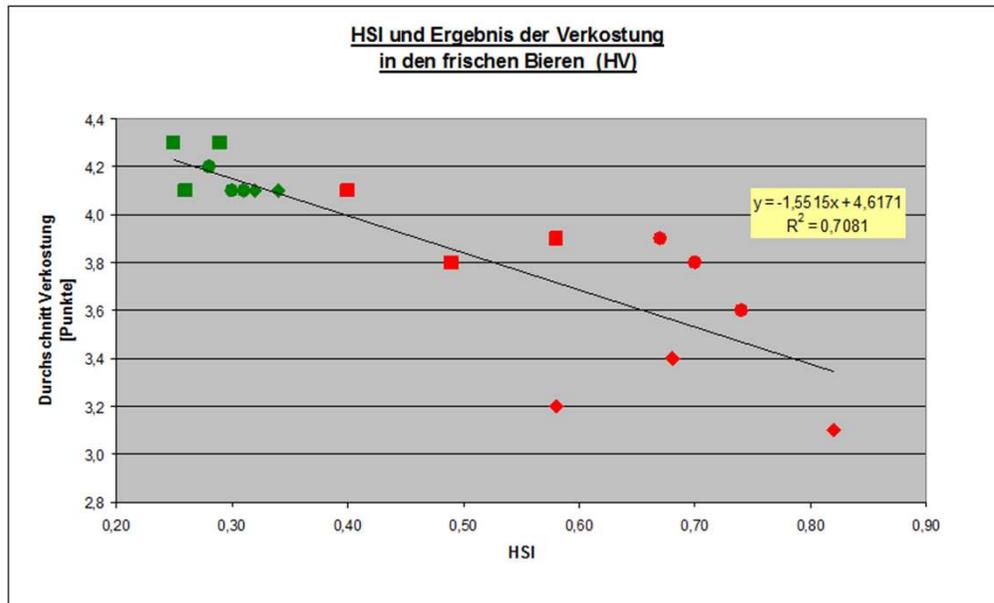


4) Frische des Hopfenprodukts



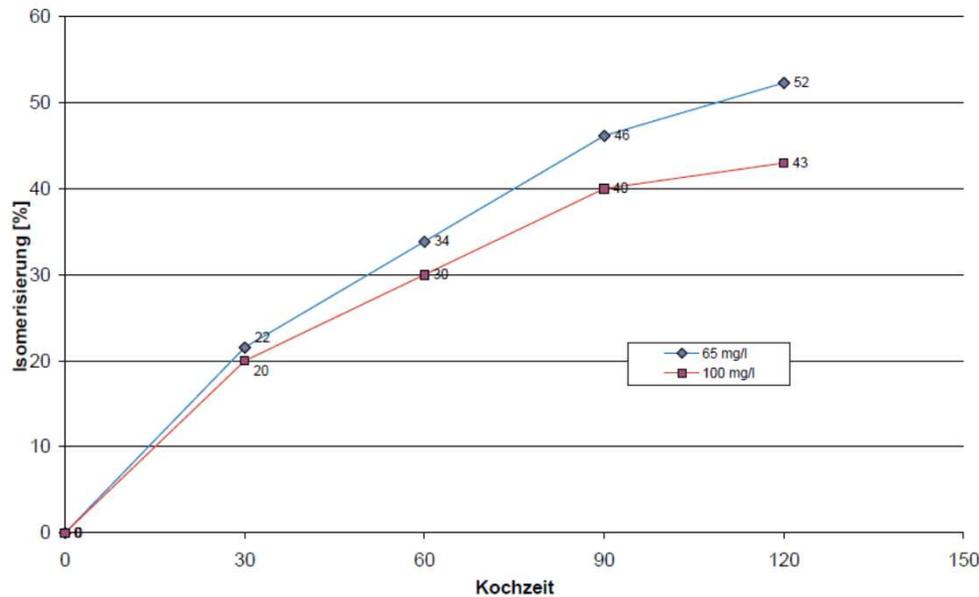
Fakten zu Frische des Hopfenprodukts:

- Unter Sauerstoffeinfluss gealterter Hopfen (HSI > 0,5) bzw. aus diesem hergestellte Produkte zeichnen sich durch einen scheinbaren Gewinn an Bitterstoffen aus.
- Analysiert man nur die Bittereinheiten (IBU) im fertigen Bier, so liegen diese bei gealtertem Hopfen höher, der absolute Gehalt an Iso- α -Säuren ist jedoch niedriger.
- Die Qualität der Bittere von Bieren, die mit deutlich gealterten Hopfen eingebraut wurden, leidet spürbar.





5) Höhe der Hopfengabe



Isomerisierungsraten in Abhängigkeit von der Höhe der Hopfengabe bei Dosagen von 65 bzw. 100 mg α -Säuren pro Liter [EBC Manual of Good Practice]

Fakten:

- **Höhe der Hopfengabe** spielt bei normalen Dosagen (40 bis 60 mg/l Alpha-Säuren) eine untergeordnete Rolle.
- Erst bei höheren Gaben **verringert** sich mit zunehmender Gabe die Ausbeute.
- Narziss berichtet über eine Verringerung der Ausbeute um 18 % bei einer Verdoppelung der Hopfengabe von 80 auf 160 mg/l.
- Der Effekt wird deutlicher bei längeren Kochzeiten.





6) Stammwürze



Fakten:

- Sude mit höherer Stammwürze (z.B. Bockbiere oder High Gravity Brewing) haben erfahrungsgemäß eine geringere Bitterstoffausbeute:
 - erhöhte Eiweißausstattung der Würze, daraus resultierend > stärkere Eiweißkoagulation > mehr Trub
 - Zudem ist bei höherer Stammwürze der pH etwas niedriger und damit die Bitterstofflösung schlechter

Stammwürze [°P]	AF15		
	10,0	12,5	15,0
Doldenhopfen	25	20	16
Pellets	30	30	27
Extrakt	31	28	26



Quelle: Hopfenbuch

Slide 16

AF15

Die Zahlen sind wohl Ausbeuten oder IR? Bitte angeben, was es ist.

Dr. Forster Adrian; 04/07/2019

Ausbeute – Einflussfaktoren Gärung & Lagerung

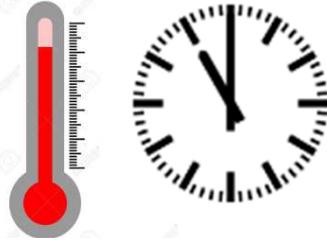


- 1) Zeit und Temperatur
- 2) pH-Wert
- 3) Menge der Hefegabe
- 4) Hefevitalität
- 5) Regelmäßiges Abhefen
- 6) Probenahme für Ausbeute

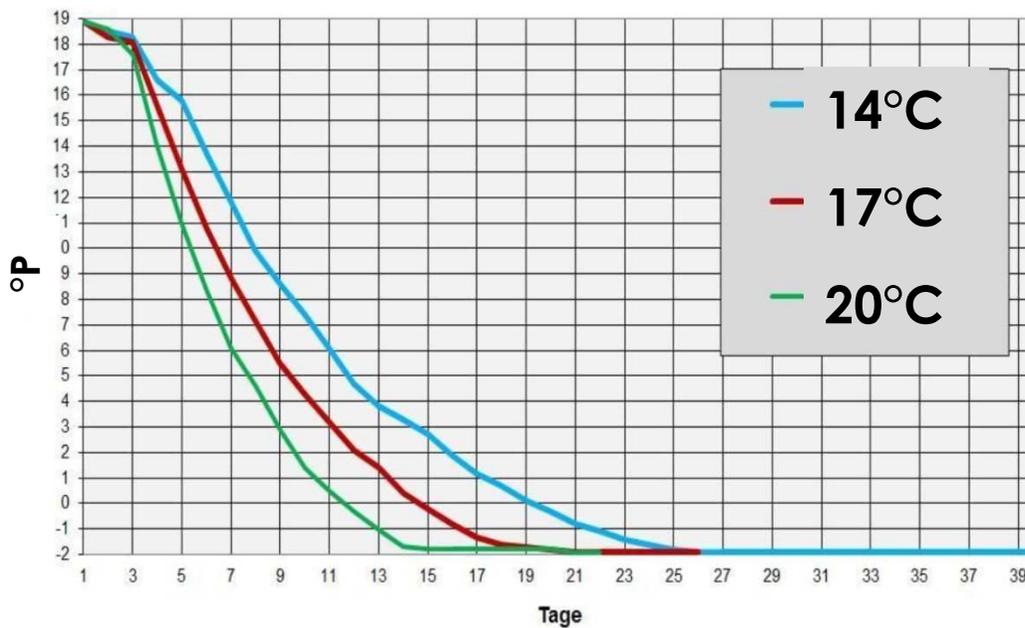
Ausbeute – Einflussfaktoren Gärung



- 1) Temperatur und Zeit
- 2) pH-Wert



Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Gärung



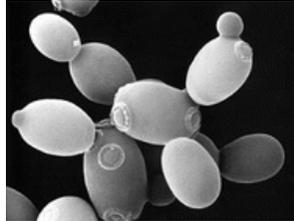
Fakten:

- Höhere Temperaturen beschleunigen die Gärung.
- Der pH-Sturz verläuft steiler und endet tiefer.
- Bildung von mehr Gärungsnebenprodukten und Gefahr der Autolyse !
- Stärkere Ausscheidungsvorgänge
- Zusammenhang zwischen tiefstem pH während der Gärung und Bitterstoffausbeute

Ausbeute – Einflussfaktoren Gärung

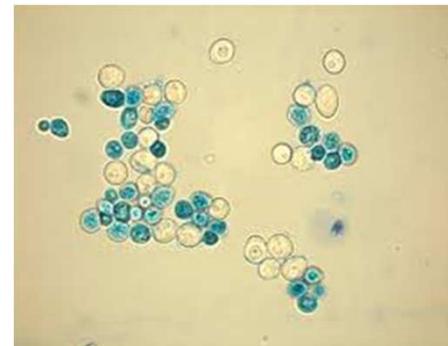
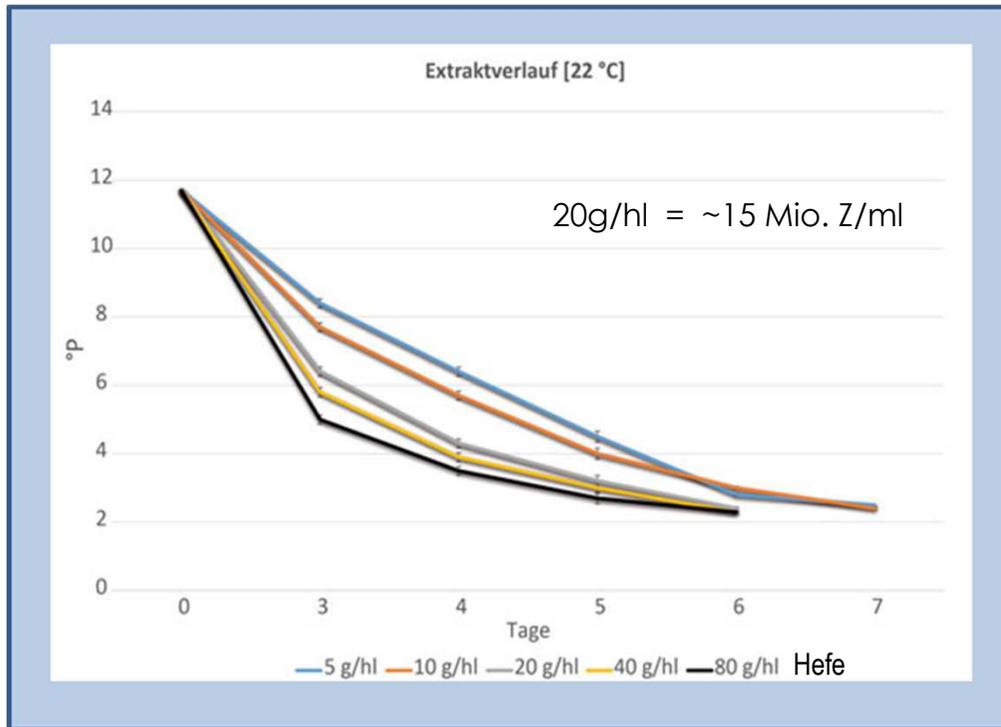


- 3) Menge der Hefegabe
- 4) Hefevitalität
- 5) Abhefen
- 6) Probenahme für Ausbeute



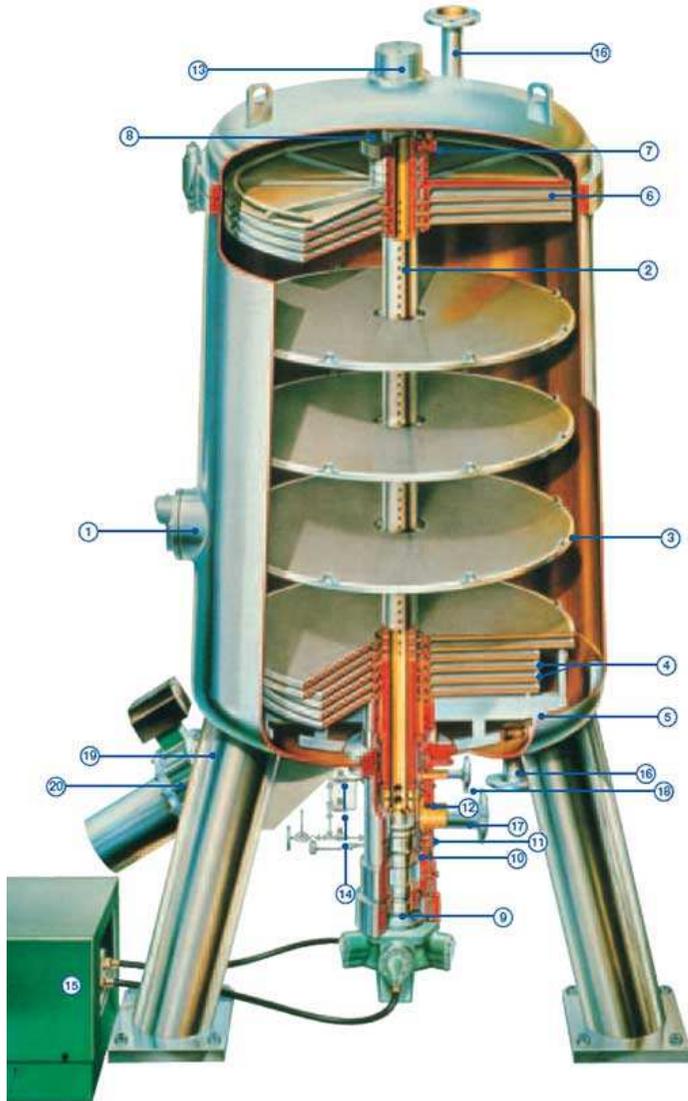
Fakten:

- Höhere Hefegaben beschleunigen die Gärung und den pH-Sturz.
- Große Abhängigkeit von der Hefevitalität
- Mehr Hefe absorbiert mehr Bitterstoffe
- Gefahr der Autolyse!
- Regelmäßiges Abhefen zwingend notwendig => Verluste
- Nach dem Kühlen und einigen Tagen Lagerung opt. Zeitpunkt für eine Probenahme zur Ausbeutebestimmung



Quelle: <https://www.gradplato.com/kategorien/know-how/hefegabe-hilft-viel-wirklich-viel>

Ausbeute – Einflussfaktoren Filtration



- 1) Art der Filtration
- 2) Menge der Filterhilfsmittel



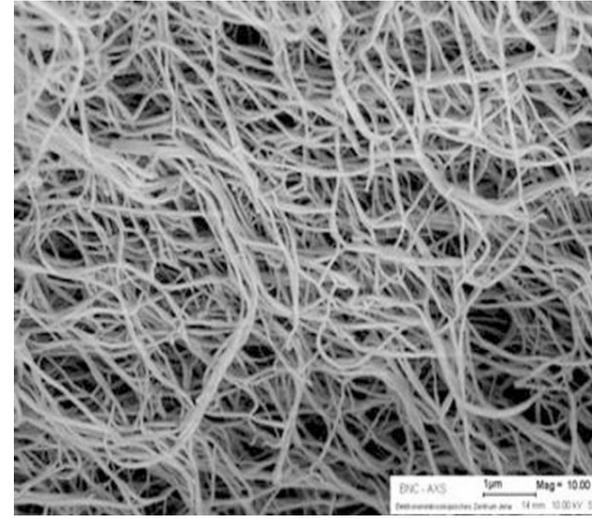
Ausbeute – Einflussfaktoren Filtration



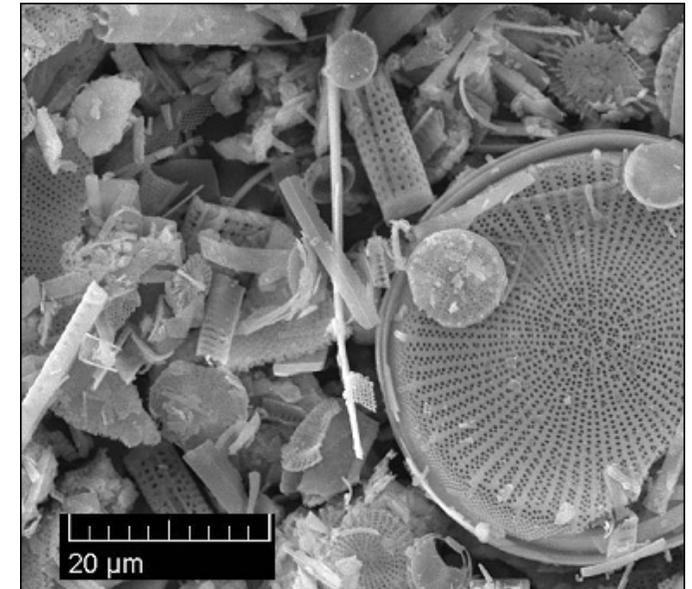
- 1) Art der Filtration
- 2) Menge der Filterhilfsmittel

Fakten:

- Unterschiedliche Verluste je nach Art der Filtration (Kieselgur/Membran)
- Große Abhängigkeit von der filtrierten Menge (Großbrauerei/Kleinbrauerei)
- Zusätzliche Verluste durch Stabilisierung (PVPP/Silica Gel) und EK-Filtration
- Verluste auch abhängig von der verwendeten Menge an Filterhilfsmitteln (Cellulose, Kieselgur etc.)
- Jede Filtration entzieht dem Bier Bitterstoffe.
- Aromaverluste können erheblich sein.

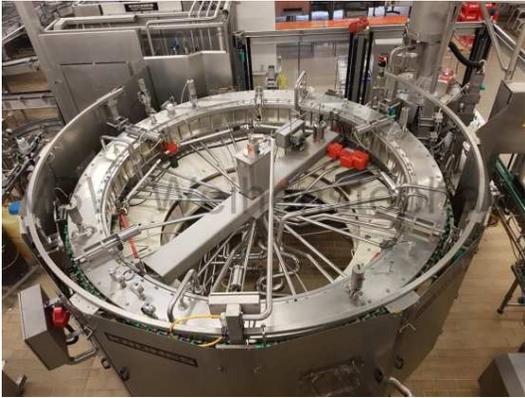


Cellulose



Kieselgur

Ausbeute – Einflussfaktoren Abfüllung u. danach



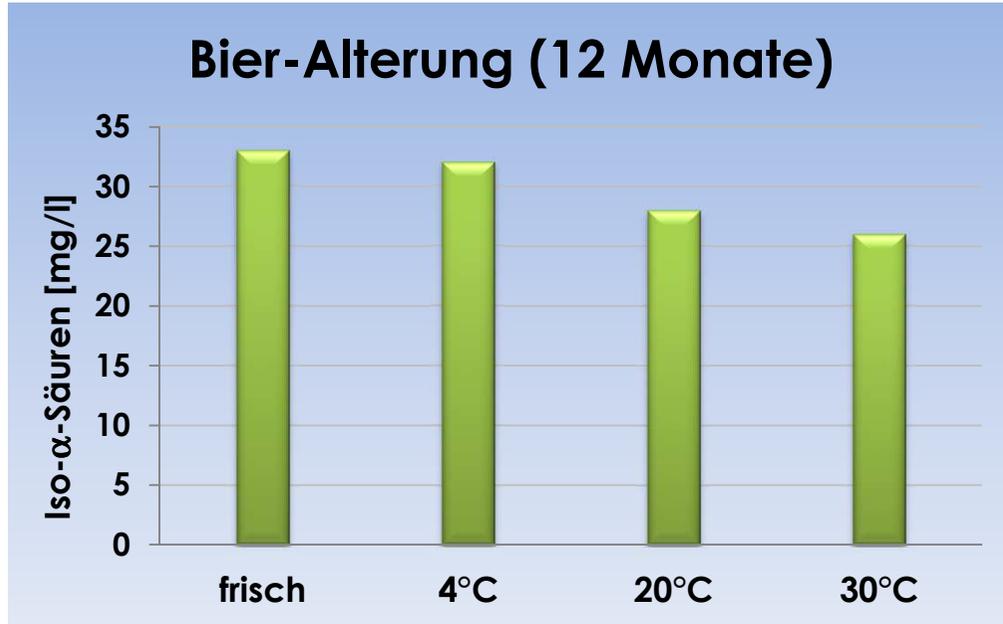
- 1) Sauerstoff
- 2) Verluste Pasteurisation
- 3) Verluste Bier-Alterung



Ausbeute – Einflussfaktoren Abfüllung und danach



- 1) Sauerstoff
- 2) Verluste Pasteurisation
- 3) Verluste Bier-Alterung



Fakten:

- Sauerstoff beschleunigt die Oxidation vieler Bierinhaltsstoffe, u.a. auch die der Bitterstoffe.
- Bei der Pasteurisation von hopfengestopften Bieren bleiben Iso- α -Säuren (IAA) gleich bzw. zeigen einen minimalen Anstieg; α -Säuren gehen zurück und damit auch die IBU (F. Peifer, Poster EBC 2019).
- Bei der Bieralterung kommt es v.a. auf die Lagertemperatur an. Beträgt der Bitterstoffverlust in 12 Monaten eines 33 mg/l IAA Bieres bei 4°C nur etwa 1 mg/l sind es bei 20°C bereits 5 und bei 30°C ca. 7 mg/l Iso-alpha-Säuren.
(Eigene Untersuchungen, unveröffentlicht)

Ausbeute, Bitterstoffbilanz

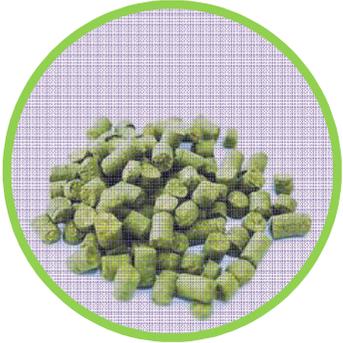
- Eine Vielzahl von Einflussfaktoren spielen für die Transferraten von Bitterstoffen und damit für die Hopfenausbeute eine Rolle.
- Die Kenntnis dieser Faktoren hilft die zu erwartenden Ausbeute besser **abzuschätzen**. Eine **exakte Hopfen(bitter)gabeberechnung** benötigt aber **exakte Ausbeuten**, welche empirisch bestimmt werden müssen:

$$\text{Unspezif. Bitterstoffausbeute [\%]} = \frac{\text{IBU in Bier (photometrisch)} \times \text{Menge Ausschlagwürze [hl]} \times 10}{\text{Hopfen [g]} \times \text{KW (EBC 7.5) [\%]}} \times 100 \%$$

$$\text{Spezif. Bitterstoffausbeute [\%]} = \frac{\text{Iso-alpha in Bier/Würze [mg]}(\text{HPLC}) \times \text{Menge Ausschlagwürze [hl]} \times 10}{\text{Hopfen [g]} \times \text{alpha Gehalt Hopfen [\%]} (\text{HPLC})} \times 100 \%$$

Quelle: Hopfenbuch

Allgemeine Empfehlungen zur Hopfengabe



- Eine **Aromagabe** zu Kochende mit einer Dosage von **20 g/hl** hat **keinen großen Effekt**
- Um **mit der letzten Gabe ein Hopfenaroma** zu erzielen, ist mindestens eine **Ölmenge von 0.2 bis 0.5 ml/hl** notwendig.
- Um den **Geschmacksschwellenwert von Linalool** zu überschreiten (ca. 20 µg/l) ist eine Dosage von **ca. 40 µg/l** nötig (Ausbeute ca. 50%).
- Um einen **positiven Effekt von Hopfenpolyphenolen auf die Vollmundigkeit** zu erreichen, ist eine **Dosage von ca. 60 mg/l** nötig (Ausbeute ca. 50%).

Berechnung einer Hopfen(bitter)gabe

$$\text{Hopfendosage [g]} = \frac{\text{gewünschte Bittere in Bier [mg/l]} \times \text{Ausschlagwürzmenge [L]}}{\text{Bitterstoffausbeute [\%]} \times \alpha\text{-Gehalt Hopfenprodukt [\%]} \times 1000 \text{ [mg/g]}} \times 100\%$$

Berechnung einer Hopfengabe im Heißbereich

Beispiel

KOCHENDE

1

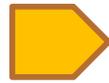


Vorgehensweise

(bei bekannter Bitterstoffausbeute zu den Gabezeitpunkten):

Festlegung der letzten Hopfengabe(n) bei Kochende (KE), Whirlpool (WP) oder Dry Hopping (DH) nach z. B. Hopfenöl oder Linalool. Pelletmenge der entsprechenden Sorte(n) ist dadurch fixiert. Die Mitdosage von Alpha-Säuren im Heissbereich, multipliziert mit der Bitterstoffausbeute, ergibt die zu erwartende Menge an Iso- α -Säuren.

2



Analog geht man bei der **Gabe zu Kochmitte (KM) vor, die sich z. B. an der beabsichtigten Polyphenolmenge** orientiert. Die entsprechende Pelletmenge repräsentiert über den Alpha-Säuren-Gehalt, multipliziert mit der Bitterstoffausbeute, eine definierte Iso-Alpha-Säuren-Menge.

3



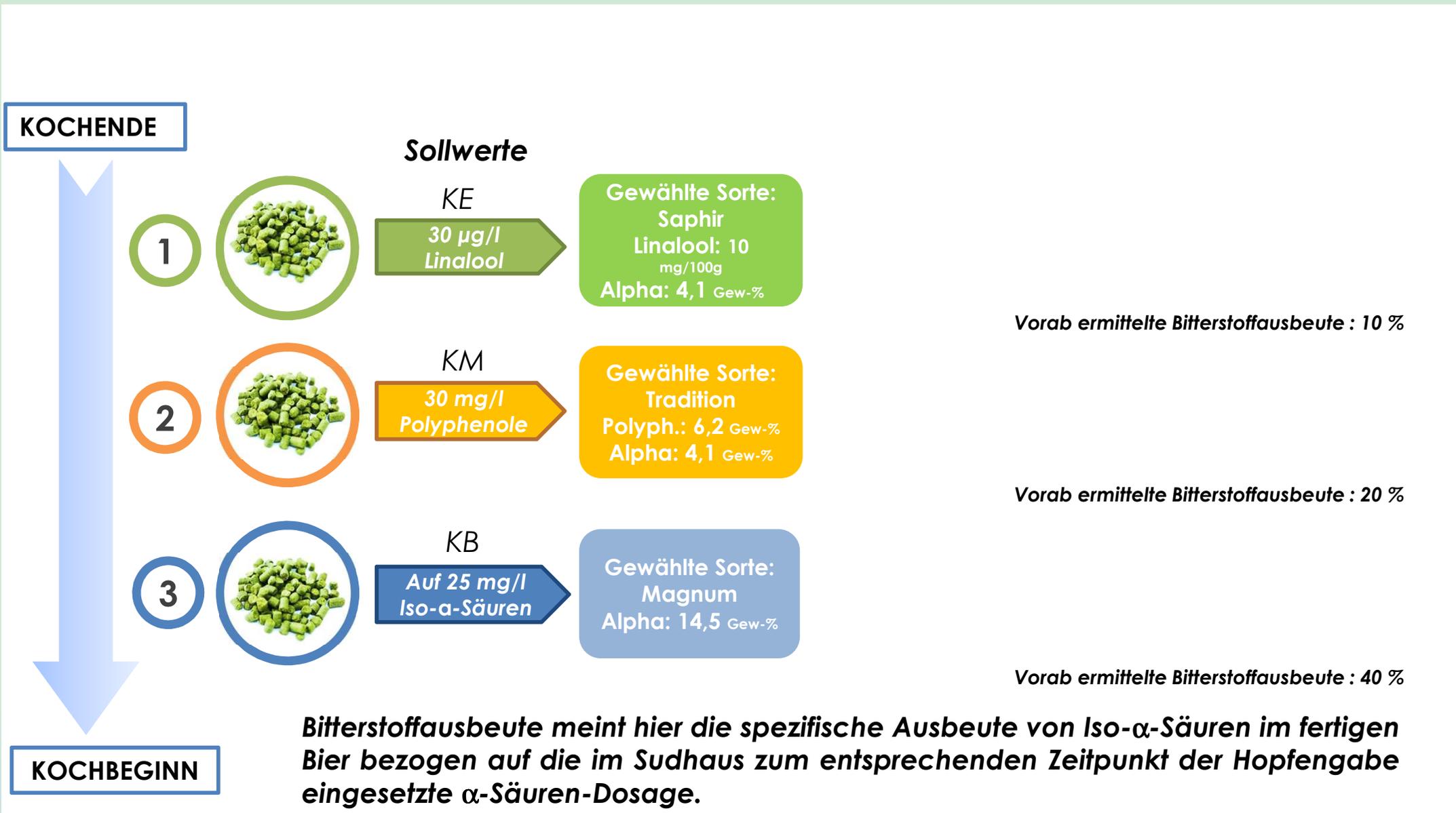
Von den im Bier gewünschten Iso-Alpha-Säuren werden die bei KE und KM bereits gewonnenen abgezogen. Mit der bei Kochbeginn (KB) erzielbaren Bitterstoffausbeute kann die Alpha-Dosage aus den fehlenden Iso-Alpha-Säuren errechnet werden.

KOCHBEGINN

Quelle: Hopfenbuch

Berechnung einer Hopfengabe im Heißbereich

Beispiel



Berechnung der Aromagabe - Kochende (KE)

Ziel : 30 µg/l Linalool (Linaloolausbeute ca. 50%)

Hopfen enthält 10 mg/100g Linalool, Ausbeute ca. 50%

$$\text{Hopfendosage [g/l]} = \frac{\text{gewünschter Linaloolgehalt in der Würze} \times 100}{\text{Ausbeute [\%]} \times \text{Linalool-Gehalt Hopfenprodukt [mg/100g]} \times 1000 [\mu\text{g/mg}]}$$

$$\text{Hopfendosage [g/l]} = \frac{30 \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{l}} \right] \times 100 [\text{g}]}{\frac{50}{100} \times 10 \text{ mg} \times 1000 \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{mg}} \right]} = \frac{3000 \text{ g}}{5000 \text{ l}} = \mathbf{0,6 \text{ g/l}} = 60 \text{ g/hl}$$

Hopfen enthält 4,1 % α-Säure 0,6 g Pellet = 600 mg

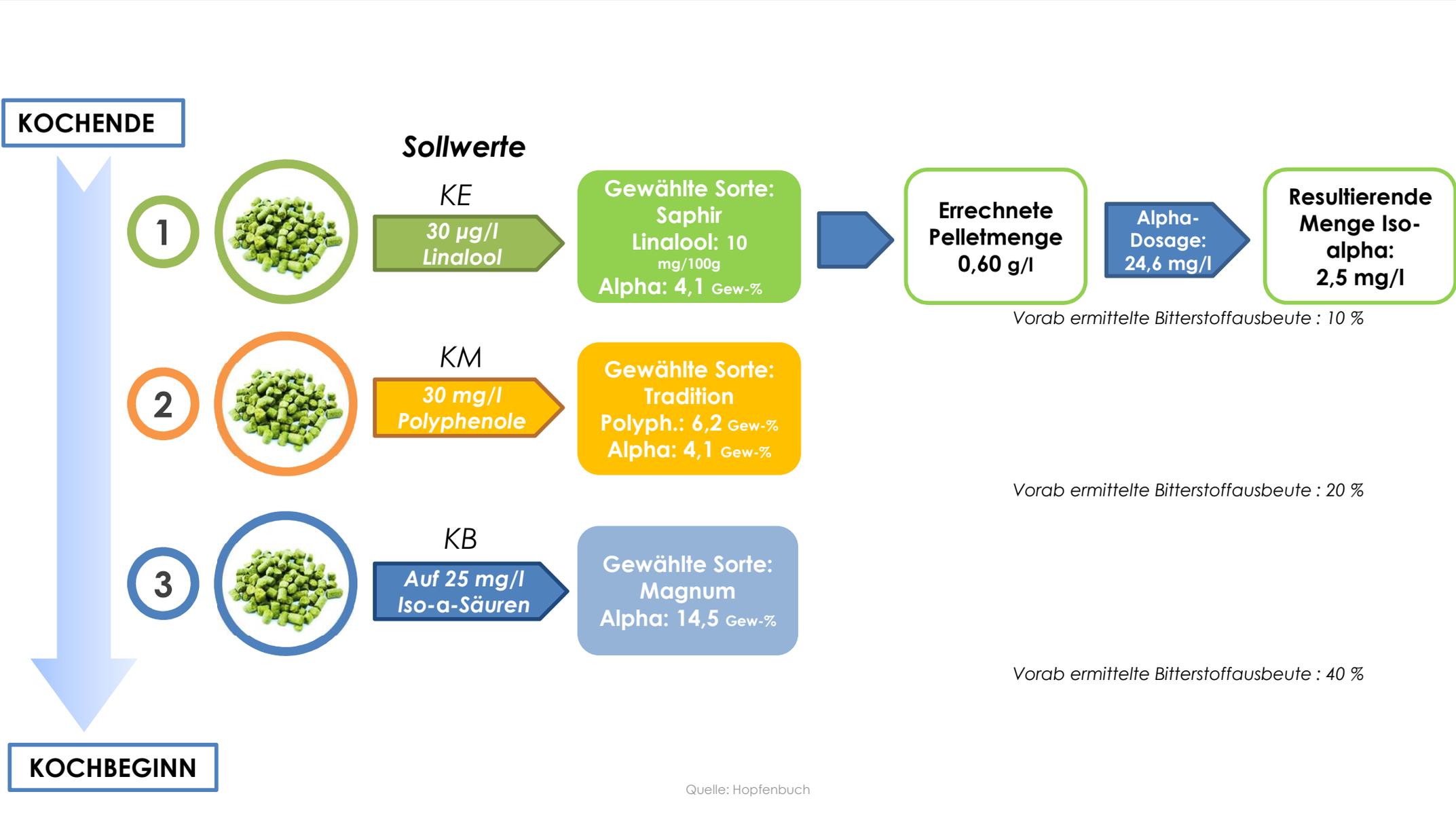
Alpahadosage [mg/l] = 600 mg x 4,1 /100 = **24,6 mg/l**

Bitterstoffausbeute 10%

Beitrag dieser Dosage zur Bierbittere: 24,6 mg/l x 10 % = **2,5 mg/l [IBU]**

Berechnung einer Hopfengabe im Heißbereich

Beispiel



Berechnung der Polyphenolgabe – Kochmitte (KM)

Ziel : 30 mg^{AF29} Polyphenole (Polyphenolausbeute ca. 50%)

Hopfen enthält 6,2 Gew.-% bzw. 6,2 g/100g Polyphenole

$$\text{Hopfendosage [g/l]} = \frac{\text{gewünschter Polyphenolgehalt in der Würze [mg/l]} \times 100}{\text{Ausbeute [\%]} \times \text{Polyphenol-Gehalt Hopfenprodukt [g/100g]} \times 1000 [\mu\text{g/mg}]} \quad \text{AF24}$$

$$\text{Hopfendosage [g/l]} = \frac{30 \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \times 100 [\text{g}]}{\frac{50}{100} \times 6,2 \text{ g} \times 1000 \left[\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right]} = \frac{3000 \text{ g}}{3100 \text{ l}} = \mathbf{0,968 \text{ g/l}} = 96,8 \text{ g/hl} \quad \text{AF25}$$

Hopfen enthält 4,1 % α -Säure 0,968 g Pellet = 968 mg

Alpahadosage [mg/l] = 968 mg x 4,1 /100 = **39,7 mg/l**

Bitterstoffausbeute Kochmitte: 20%

Beitrag dieser Dosage zur Bierbittere: 39,7 mg/l x 20 % = **7,9 mg/l [IBU]**

Slide 31

AF24 Auch hier ist die Ausbeute zu berücksichtigen mit etwa 50 %.

Dr. Forster Adrian; 04/07/2019

AF25 48,4 g/hl (mal 2)

Dr. Forster Adrian; 04/07/2019

AF29 Leerzeichen

Dr. Forster Adrian; 04/07/2019

Berechnung einer Hopfengabe im Heißbereich

Beispiel

KOCHENDE

Sollwerte

1



KE
30 µg/l
Linalool

Gewählte Sorte:
Saphir
Linalool: 10 mg/100g
Alpha: 4,1 Gew-%

Errechnete Pelletmenge
0,60 g/l

Alpha-Dosage:
24,6 mg/l

Resultierende Menge Iso-alpha:
2,5 mg/l

Vorab ermittelte Bitterstoffausbeute : 10 %

2



KM
30 mg/l
Polyphenole

Gewählte Sorte:
Tradition
Polyph.: 6,2 Gew-%
Alpha: 4,1 Gew-%

Errechnete Pelletmenge
0,97 g/l

Alpha-Dosage:
39,7 mg/l

Resultierende Menge Iso-alpha:
7,9 mg/l

Vorab ermittelte Bitterstoffausbeute : 20 %

3



KB
Auf 25 mg/l
Iso-α-Säuren

Gewählte Sorte:
Magnum
Alpha: 14,5 Gew-%

Vorab ermittelte Bitterstoffausbeute : 40 %

KOCHBEGINN

Quelle: Hopfenbuch



Berechnung der Bittergabe – Kochbeginn (KB)

Ziel : 25mg/l Iso- α -Säure im fertigen Bier

Fehlende Bittere: 25,0 – 2,5 – 7,9 mg/l = **14,6 mg/l**

Bitterstoffausbeute zu Kochbeginn: 40%

$$\alpha\text{-Dosage [mg/l]} = \frac{\text{Fehlende Bittere [mg/l]} \times 100 [\%]}{\text{Ausbeute [\%]}}$$

$$\alpha\text{-Dosage [mg/l]} = \frac{14,6 \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \times 100 [\%]}{40 [\%]} = \frac{1460 \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right]}{40} = 36,5 \text{ mg/l}$$

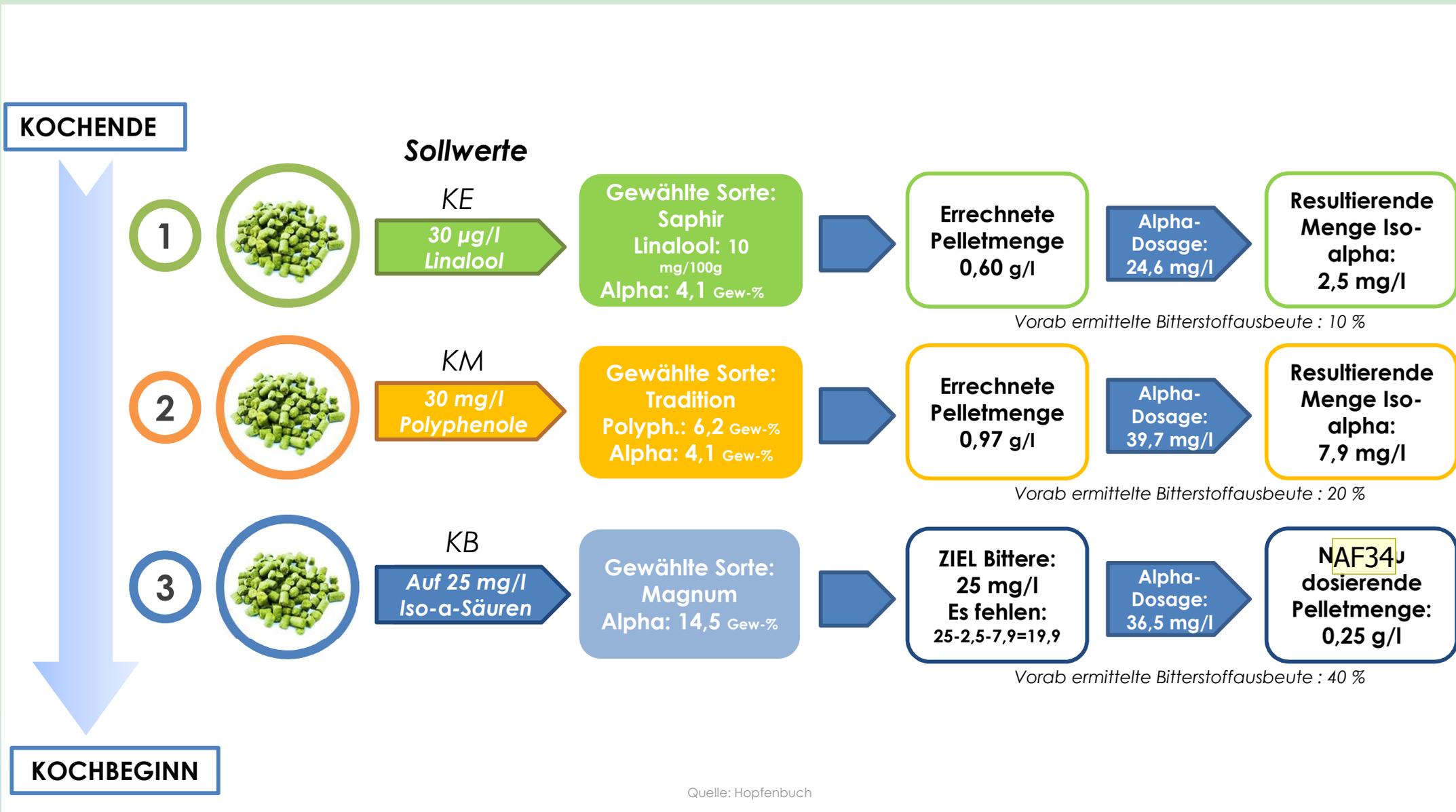
Hopfen enthält 14,5 % α -Säure

$$\text{Hopfendosage KB [g/l]} = \frac{\text{notwendige } \alpha\text{-Dosage} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \times 100 [\%]}{\alpha\text{-Gehalt Hopfenprodukt [\%]}}$$

$$\text{Hopfendosage KB [g/l]} = \frac{36,5 \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \times 100 [\%]}{14,5 \left[\frac{\%}{\text{g}} \right] \times 1000 \left[\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right]} = 3650/14500 = 0,25 \text{ g/l} = 25 \text{ g/hl}$$

Berechnung einer Hopfengabe im Heißbereich

Beispiel



AF34

ändern

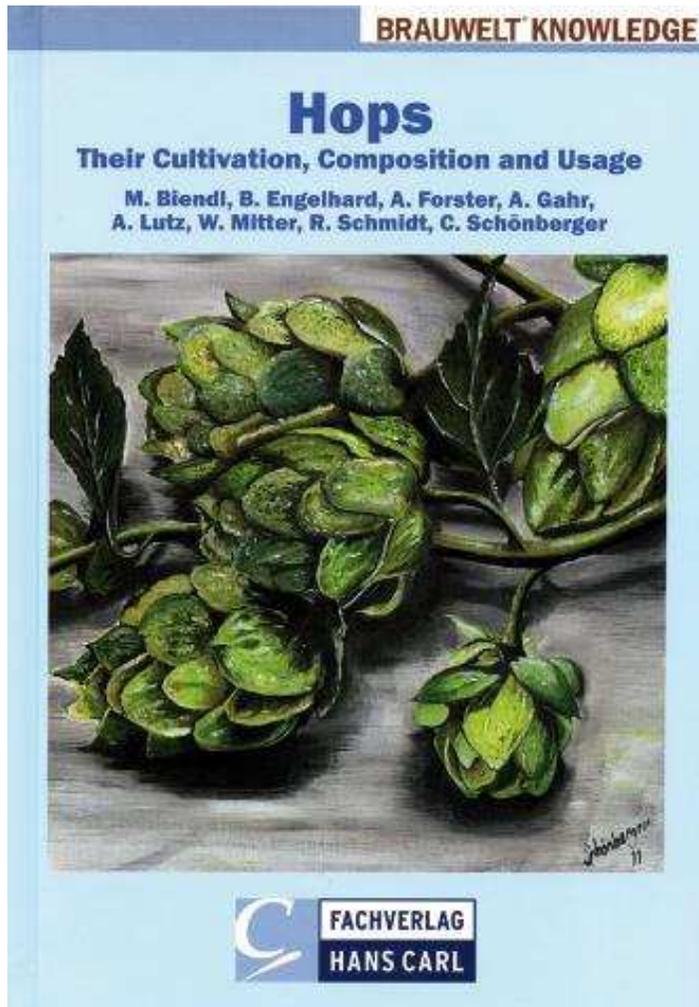
Dr. Forster Adrian; 04/07/2019

Zusammenfassung

- Berechnung einer Hopfengabe - Theorie
- Analytik: $\alpha \neq \alpha$
- Auswahl der geeigneten Analysemethoden
 - IBU/EBC 7.5 ist praxisrelevanter
 - HPLC Bier/HPLC Hopfen ist wiss. genauer
- Einflussfaktoren auf die Bitterstoffausbeute in der Brauerei
- Allgemeine Hinweise
- Berechnung einer dreigeteilten Hopfengabe anhand eines Praxisbeispiels

Literatur

- Der Großteil der Daten wurde diesem Buch entnommen:



▶ **Kontakt:**

▶ HVG eG

▶ Dr. Florian Schüll

▶ f.schuell@hvg-germany.de

▶ Hopfenveredlung St. Johann GmbH

▶ Andreas Gahr

▶ andreas.gahr@hopfenveredlung.de