

Späte Hopfengaben - nicht neu, aber neu verstanden!



Florian Schüll
Adrian Forster
Andreas Gahr

Your German Hoppportunity!

agraria 



Der Geist des Hopfens ...

...ist in seinen Sekundärmetaboliten enthalten, zu denen 3 Stoffgruppen gehören:

Bitterstoffe:

α -Säuren, die beim Würzekochen zu löslicheren α -Säuren isomerisieren; nahezu unlösliche β -Säuren; lösliche Humulinone; lösliche Hulupone; und viele andere.

Aromakomponenten:

schwerlösliche Mono- & Sesquiterpene; und ihre löslichen Alkohole wie Linalool, Geraniol; löslicher Carbonsäureester und andere.

Polyphenole:

insbesondere wertvolle niedermolekulare Polyphenole wie Flavanole, Flavanoide, Multifidole, Xanthohumol und andere.

Diese Stoffgruppen bewirken in Bier...

- ... als Mindestziel: Bierbitterkeit
- ...als höchstes Ziel: durch die Verwendung ausgewählter Hopfensorten in Kombination mit mehreren Hopfengaben kann ein unnachahmlicher und einzigartiger Geschmack im Bier erreicht werden

Dazwischen gibt es viele Möglichkeiten, Hopfen als „Gewürz des Bieres“ einzusetzen

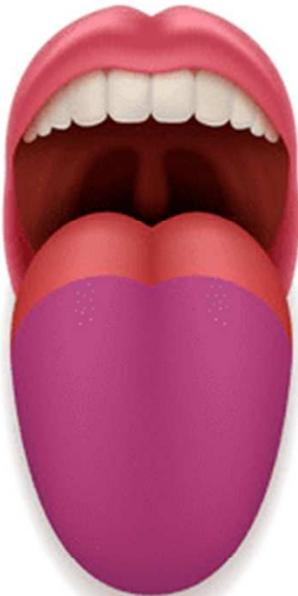
*Bisher sind **keine Hopfenverbindungen** bekannt, die die **Bierqualität negativ beeinflussen**, wenn man Umweltschadstoffe wie Pestizide, Nitrate und Metalle ausschließt. Infolgedessen wäre es **nicht notwendig**, irgendwelche **Hopfenverbindungen** in Bezug auf die **Qualität des Bieres** aus **sensorischer Sicht** zu eliminieren.*

Hopfen in Bier kann...

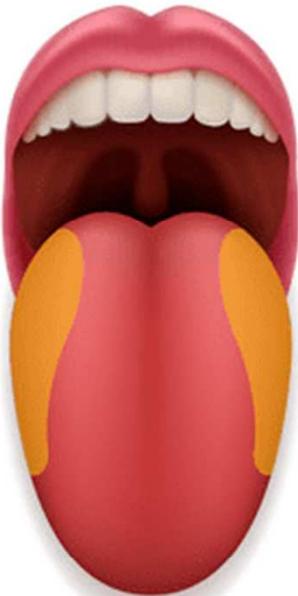
- **Bittere** durch **Iso- α -Säuren (IA)** erzeugen
- **Qualität der Bittere** durch **Nicht-Iso- α -Säure-Bitterstoffe** definieren
- Durch seine Aromakomponenten eine Vielzahl von **aromatischen Eindrücken** vermitteln
- Durch wasserlösliche Substanzen wie **Polyphenole und Glykoside Geschmack erzeugen**: Vollmundigkeit, Mundgefühl, Drinkability und Harmonie
- **Schaumhaltbarkeit** verbessern
- **Geschmacksstabilität** verbessern

Bitterstoffe des Hopfens

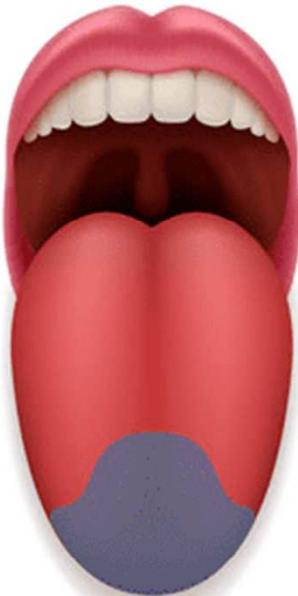
UMAMI



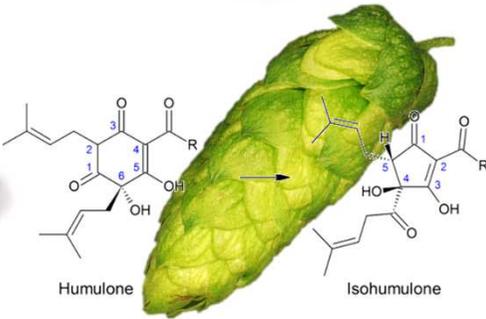
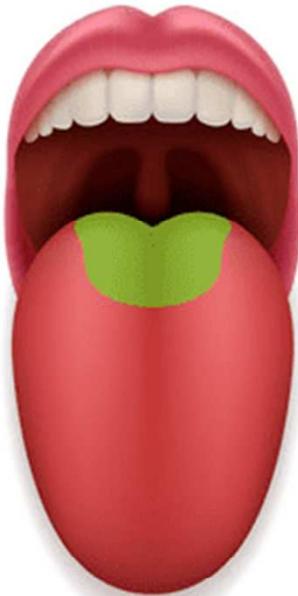
SOUR



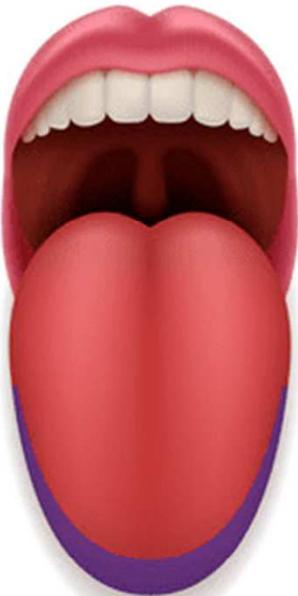
SWEET



BITTER



SALTY



Komplexität der Bierbittere

Hauptgruppen von Verbindungen:

- **α -Säuren > Iso- α -Säuren**
- **Auxiliary Bitter Compounds (ABC) oder Begleitbitterstoffe:**
(Alle Bitterstoffe in Bier, die nicht als Iso-Alpha-Säuren charakterisiert sind)
 - Nicht isomerisierte α -Säuren
 - Derivate von **α -Säuren**, die noch im **Hopfen** vorhanden sind (Humulinone)
 - Derivate von **α - und Iso- α -Säuren**, die beim **Würzekochen** entstehen
 - **Spuren von β -Säuren**
 - **Derivate von β -Säuren** (Hulupone...)
 - Nicht charakterisierte Weichharze
 - **Polyphenolische Bittersubstanzen**

 **Alle diese ABC Komponenten zeigen eine milde und harmonische Bitterkeit.**

Wie kann ich die Menge an Begleitbitterstoffen beeinflussen?

Negativ:

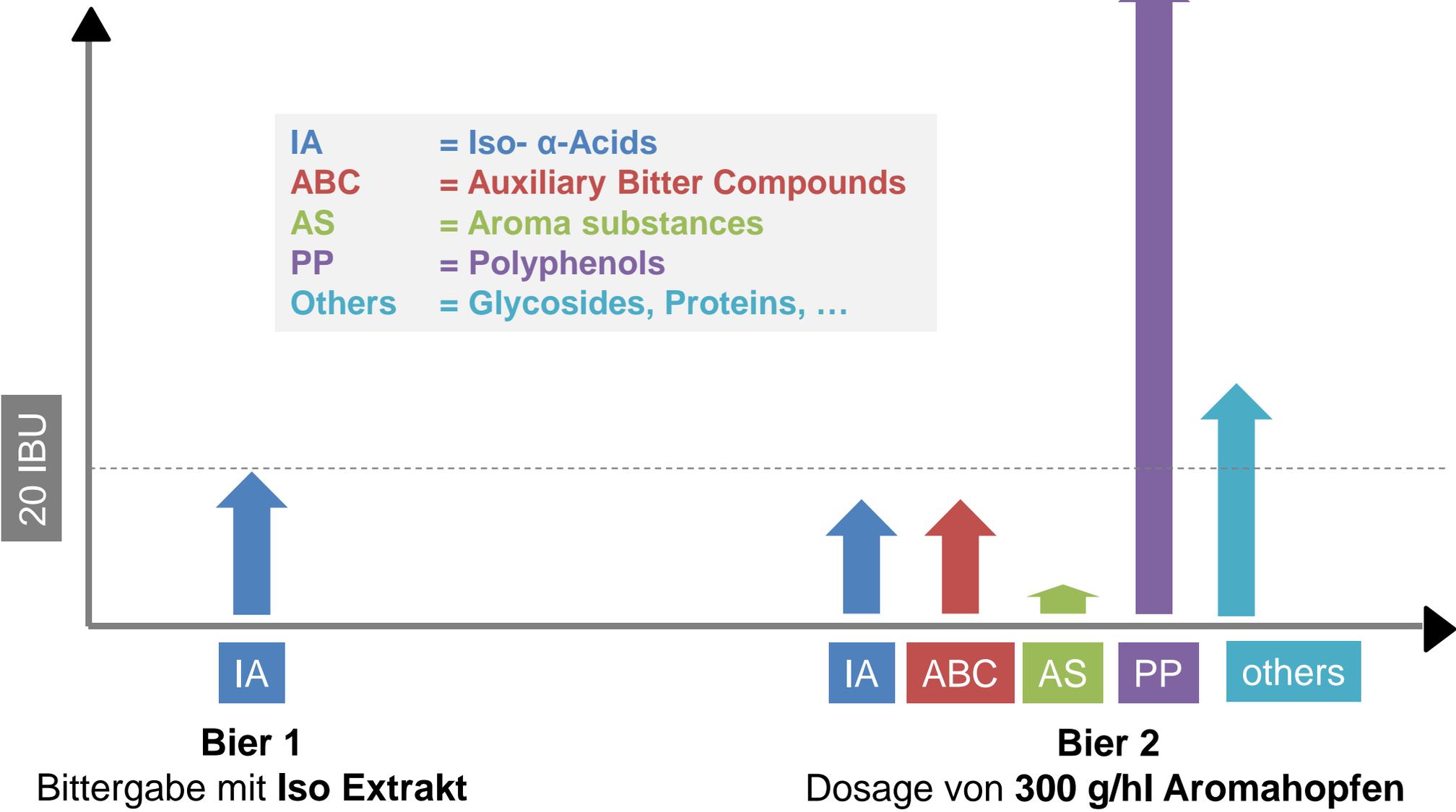
- Jede Form von **Iso-Alpha-Produkten** (vorisomerisiert)
- nur **eine Gabe** mit Hopfen mit **hohem Alpha-Gehalt**
(Beta: Alpha \sim 0,4)

Positiv:

- **Verwendung von Aromahopfen** (Beta: Alpha $>$ 0,7)
 - Landrassen (Beta: Alpha = 1.3 - 2.4)
 - Saphir (Beta: Alpha = 1.9)
 - Andere (Beta: Alpha = 0,8 - 1,0)
- **Mehrere Hopfenzugaben** von Aromahopfen verteilt über den Sudprozess

Hopfenbitterstoffe und komplexe Hopfengaben

Vergleich von 2 kommerziell gebrauten Bieren



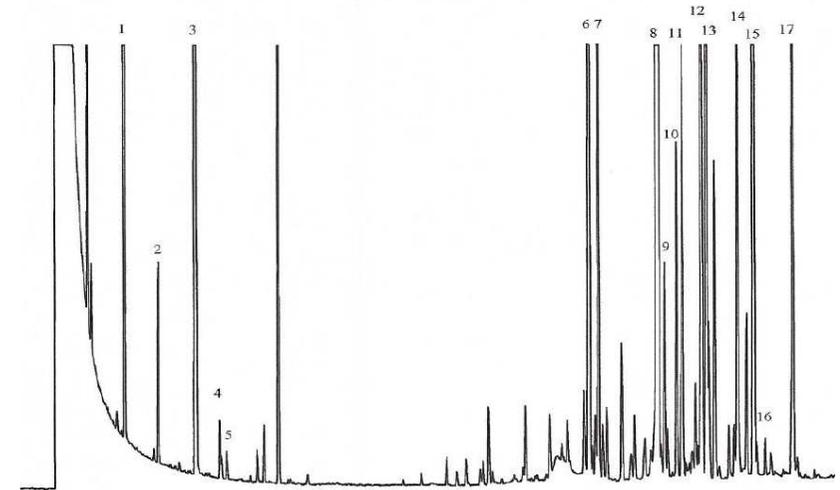
Was ist Hopfenöl?

- **Hopfenöl ist die Summe aller wasserdampfflüchtigen Substanzen.**
- Die Gewinnung im Labor erfolgt über eine Wasserdampfdestillation (Hydro- oder Trägerdampfdestillation).
- Je nach **Hopfensorte, Jahrgang, Anbauort, Reifegrad** und Nacherntebehandlung beträgt die **Hopfenölmenge 0,2 bis 4,0 ml pro 100 g Trockenhopfen.**
- Je nach **Flüchtigkeit** einer Substanz gehen bei der **Trocknung des Hopfens** von 75 Gew.-% Wasser auf 10 % etwa **20 bis 60 % des Gehaltes im Grünhopfen** relativ **verloren**. Insgesamt kann das Hopfenöl also bis auf die Hälfte abnehmen.
- Ich muss aber trocknen:
Ungetrockneter Grünhopfen verdirbt in wenigen Stunden.
- 1 ml Hopfenöl entspricht je nach Zusammensetzung etwa 0,85 g.

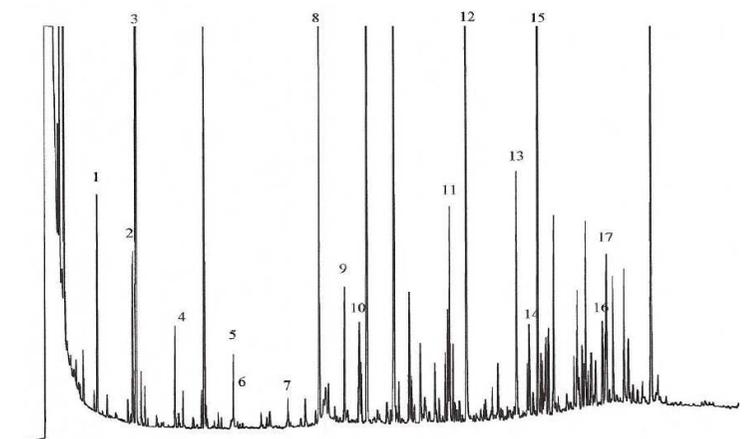
Analyse der Hopfenaromakomponenten bei der Nateco₂

- Die Hopfenaromen werden durch eine schonende Wasserdampfdestillation (Büchi-Destille) aus Hopfen, Pellets oder Extrakt gewonnen.
- Über Kieselgelchromatographie werden die Aromastoffe in eine Kohlenwasserstoff- und eine Sauerstofffraktion (KWF und SF) getrennt, um Co-Elutionen im Gaschromatogramm zu verringern.
- Nach schonender Einengung der beiden Fraktionen in einer Zymark-Abdampfvorrichtung werden die Aromen über Gaschromatographie (GC) getrennt und mittels eines Flammenionisationsdetektors (FID) bestimmt.
- **Insgesamt können die wesentlichen Komponenten, nämlich 22 Substanzen der KWF und 43 der SF identifiziert und quantitativ bestimmt werden.**

Kohlenwasserstofffraktion



Sauerstofffraktion



Wesentliche Komponenten des Hopfenaromas

Komponenten des Hopfenaromas

10 Monoterpene

mit Myrcen als Hauptkomponente, ferner α - und β -Pinen, Limonen, α - und β -Ocimen, α -Cubeben

12 Sesquiterpene mit den

Hauptkomponenten β -Caryophyllen, Farnesen, α -Humulen, α - und β -Selinen, α -, γ - und δ -Cadinen, Germacren

10 Carbonsäureestern

wie Isobutylisobutyrat, Isoamyl-2- und 3-methylpropanoat

6 Decen- bzw. Dodecensäureester

wie Methyl-4,7- und -4,8-Decadienoat

9 Ketone

wie 2-Undecanon, 2-Dodecanon, 2-Pentadecanon

2 Aldehyde

4 Monoterpenalkohole

Linalool, α -Terpineol, Geraniol, Nerol, β -Citronello

2 Monoterpenalkohol-ester

Geranylacetat, Methyl-ethyl-Geraniat

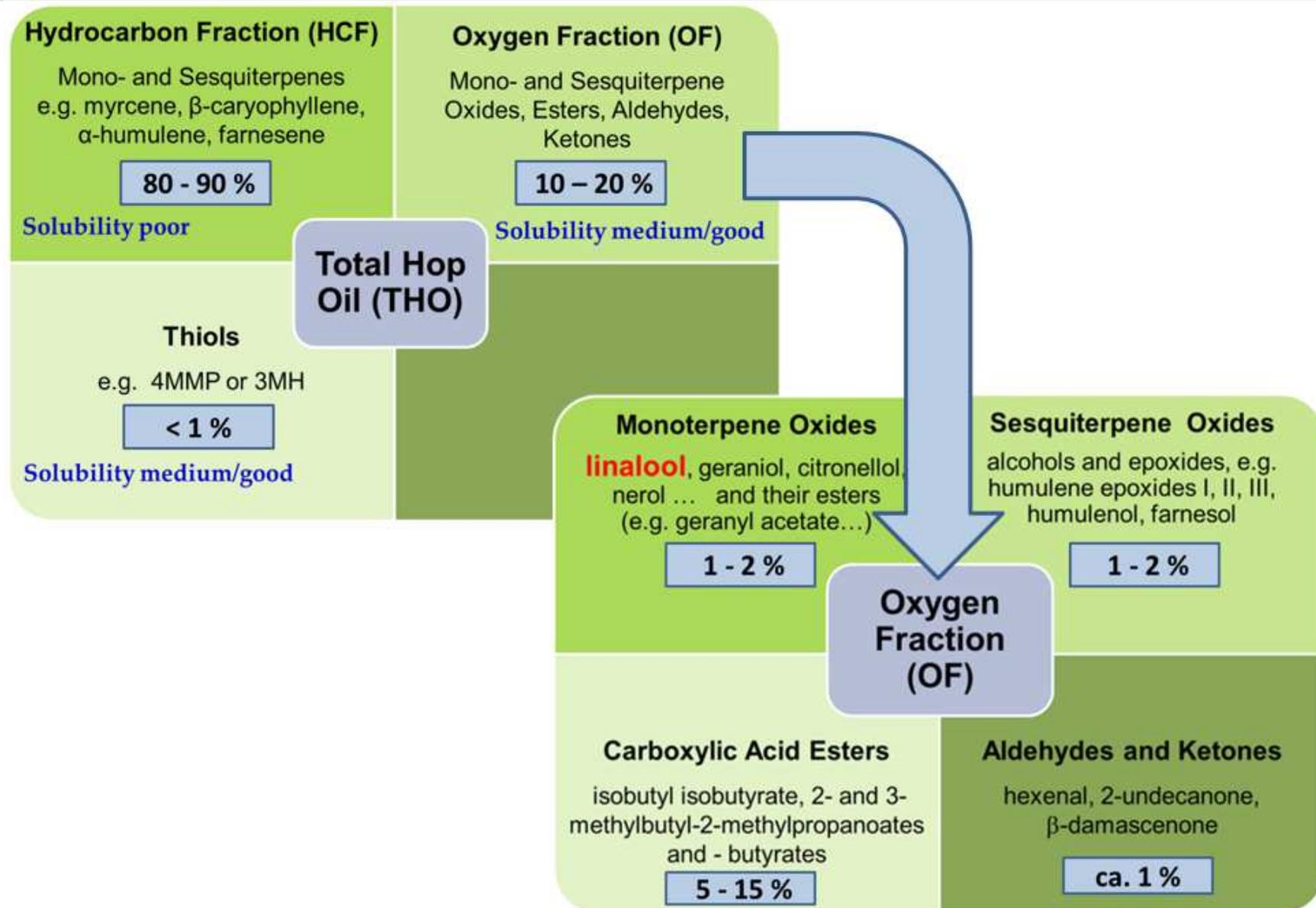
6 Sesquiterpenalkohole

β -Eudesmol, Humulen-2-ol, Farnesol

4 Sesquiterpenepoxide

Caryophyllen oxid und Humulenepoxid I bis III

Zusammensetzung des Hopfenöls [% rel. vom Gesamtöl]



Erläuterung des Begriffes “Aromapotential”

Es werden zwei Aromasubstanzen des Hopfens verglichen:

Myrcen ist eine **Hauptkomponente** nahezu aller Hopfensorten, **Linalool** dagegen liegt meist nur in **1/100 der Menge von Myrcen** in Hopfen vor.

Trotzdem ist **Linalool** eine wichtigere Komponente für ein Hopfenaroma im Bier.

		Myrcen	Linalool
Gehalt im Hopfen	mg/100g	1.000	10
Transferrate vom Hopfen ins Bier	% rel.	<1	> 30
Gehalt im Bier	µg/l	<100	30
Schwellenwert im Bier	µg/l	>120	10-15
Aromapotential vorhanden		nein	ja

Aromapotential von Hopfenaromastoffen

Um das Aromapotential einzelner Aromastoffe abzuschätzen sind 2 Infos notwendig:

1) **Geschmacksschwellenwert in Bier** (Schwierigkeit: synergistische Effekte)

2) **Transferraten von Hopfenaromastoffen**

Bsp für Transferraten von Aromastoffen bei einer Dosage nach Ölgehalt von:

Huell Melon: **2,4 ml ÖI/hl LATE & 1,2 ml ÖI /hl DRY**

	TR % rel.	TR % rel.	TR % rel.
	late	only dry	total
Terpene			
Myrcen	1,1	0,8	1
α -Humulen	2,1	-	2
Terpen-Alkohole			
Linalool	63	82,4	70
α -Eudesmole	8,5	30	16
Ester			
Isobutylisobutyrate	40,2	83,5	55
3-methylbutyl 2-methylpropanoate	19,2	44,8	28
2-methylbutyl 2-methylpropanoate	25,5	78,9	43

Aromapotential der Sorten Perle und Saphir

- Späte Aromagabe von 100 g/hl bei Kochende.
- Die Isomerisierungsrate der α - Säuren wird mit ca. 10 % angenommen.
- Die Ausbeute (= Transferrate) des Linalool beträgt wenigstens 30 %.

		Perle	Saphir
α-Gehalt im Hopfen	Gew.-%	7.4	4.1
Ölgehalt	ml/100g	1.3	1.1
Linaloolgehalt im Hopfen	mg/100g	4	10
Linaloolsodsage in die Würze	$\mu\text{g/l}$	40	100
Schwellenwert im Bier	$\mu\text{g/l}$	10-15	
Linalool im Bier	$\mu\text{g/l}$	12	30

 Perle hat ein geringeres Aromapotential als Saphir, obwohl α - und Ölgehalt höher sind.

Zusammenfassung der Eigenschaften von Hopfenöl

Obwohl die **Mono- und Sesquiterpene 80 - 90% des Hopfenöls** ausmachen, sind sie **sehr flüchtig** und weisen eine **geringe Löslichkeit in Würze und insbesondere in Bier** auf. Bei einer Geschmacksschwelle von $> 100 \mu\text{g} / \text{l}$ ist ihre **sensorische Wirkung** auch bei hohen Whirlpoolzugaben in der Regel **„unwirksam“**.

Substanzen, die **Sauerstoffatome** beinhalten, sind zwar auch flüchtig, aber **löslich** und aufgrund ihrer **niedrigen Geschmacksschwelle** auch **sensorisch „wirksam“** in Würze und Bier.

Ebenfalls **sensorisch relevante** Substanzen sind **Schwefelverbindungen** (Thiole), die jedoch analytisch schwer zu quantifizieren sind.



Die volumetrische Analyse von Hopfenöl (ml Öl / 100 g Hopfen / Pellets) dient daher nur als Hilfe bei der Beurteilung des Hopfenaromas, das man bei Bier erwarten sollte.

Zusammenfassung: Hopfen Aroma Komponenten in Bier

Aroma Substanzen im Hopfen und ihre Zusammensetzung in Bier sind nicht identisch



Von
>400 Aromakomponenten
in Hopfen

werden im Brauprozess
> 300
verdampft, absorbiert

In Bier sind:
Identische und chemisch
veränderte (Hefe)
Hopfenaromastoffe zu
finden

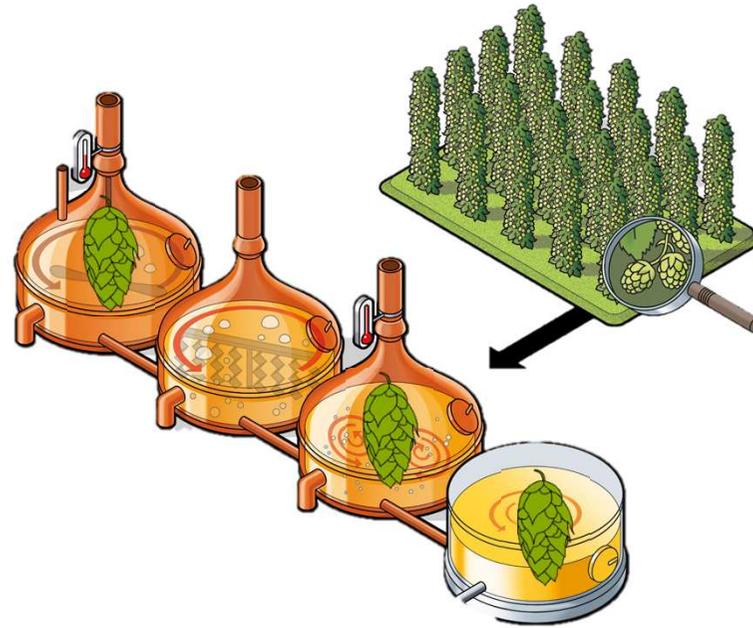
Einflussfaktoren auf das Hopfenaroma in Bier

Sudhausgabe

- Zeitpunkt
- Temperatur
- Sudhaustechnik (Vakuum, Innen- Außenkocher)

Stichworte:

Verdampfung/Lösung von Aromastoffen



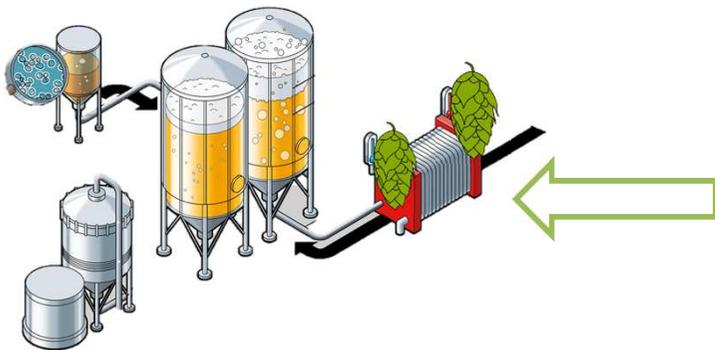
Hopfenaroma:

- Sorte
- Jahrgang
- Erntezeitpunkt

Quelle Grafik: Schweizer Brauereiverband

Gärung / Lagerung / Filtration

- Dry Hopping: Methode; Temperatur; Dauer; Dosagezeitpunkt (Hauptgärung, Reifung, Lagerung)
- Bierklärungstechnik (Zentrifuge; Membran; Kieselgur)
- Hefe: Transformation und Absorption von Aromastoffen



Einflussfaktoren auf das Hopfenaroma im Sudhaus

Zeitpunkt der Hopfengabe

1

Maischehopfung?

Hopfen werden beim Maischen nicht gekocht:

- Keine Isomerisierung der alpha Säuren
- Hopfenaromastoffe gehen beim anschließenden Kochen verloren.

Stichworte: Polyphenole; Hopfenbegleitbitterstoffe

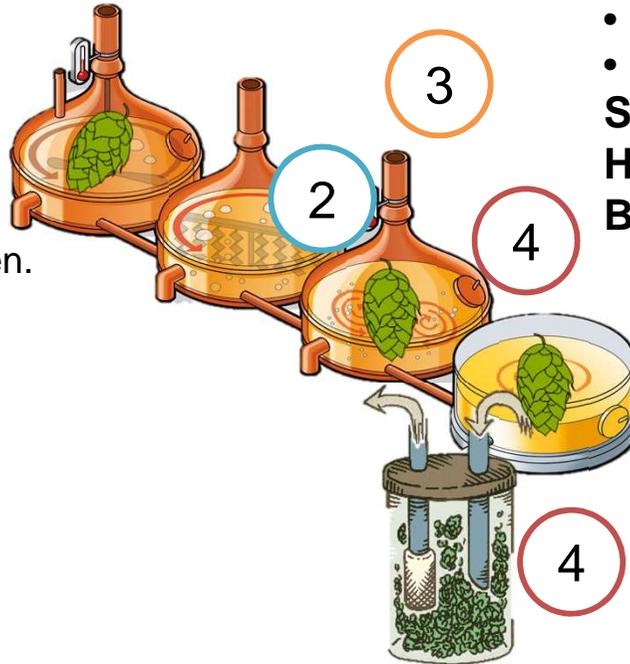
2

Vorderwürzehopfung?

- Im Gegensatz zu Maischehopfen wird der Hopfen mitgekocht und trägt daher zur Iso-alpha Bitterkeit bei.
- Die meisten Öle gehen aber verloren.

Stichworte: Polyphenole; Hopfenbegleitbitterstoffe; Isomerisierung der Bitterstoffe, Kettle Hop Aroma

1



3

Bittergabe

- Ziel: Isomerisierung der alpha Säuren
- Die meisten Öle gehen verloren.

Stichworte: Polyphenole; Hopfenbegleitbitterstoffe; Isomerisierung der Bitterstoffe, Kettle Hop Aroma

4

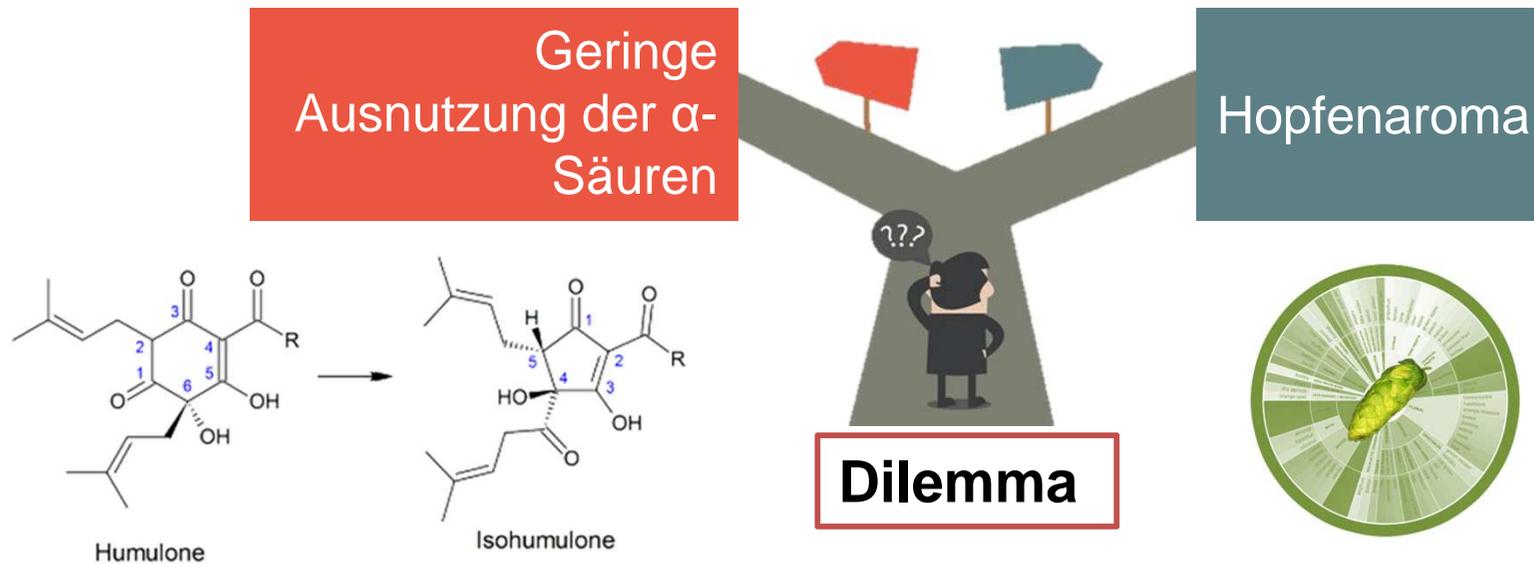
Späte Hopfengabe!!

- Von 20 Minuten vor Kochende über Whirlpoolgabe bis hin zu Hopback ist alles möglich.
- **Einfache Regel:** Je später im Prozess, je niedriger die Temperatur (Grenze 85°C) und höher die Gabe, umso intensiver das Aroma

Stichworte:

Polyphenole; Hopfenbegleitbitterstoffe; kaum Isomerisierung der Alphasäuren, ein gewisser Teil der flüchtigen Aromastoffe bleibt erhalten

Ausbeuten von α -Säuren und Linalool je nach Dosagezeitpunkt in die Würze in % rel.



	α – Säuren	Linalool
Kochbeginn	30 bis knapp 50	Unter 3
Kochmitte	10 bis 20	1 bis 5
Kochende	5 bis 10	10 bis 30
Whirlpool	3 bis 8	20 bis 60

Zweck einer späten Gabe von Aromahopfen in die Würze

- Erzeugung eines **deutlichen Hopfenaromas** im Bier
- Lösung besonders von **niedermolekularen Polyphenolen** zur Verbesserung der **Vollmundigkeit** des Bieres und seiner **Geschmacksstabilität**
- Lösung von **angenehm bitteren Hopfenbegleitbitterstoffen**



Variable Größen bei einer späten Aromagabe

- **Verschiedene Partien einer Sorte innerhalb eines Jahrganges:**
Die Schwankungsbreiten der relevanten Inhaltsstoffe, z.B. Öl : Alpha variieren in einem noch engen Rahmen:
Die Dosage ist denkbar nach **Menge (mangelhaft)** oder **Alpha (besser)**.
- **Verschiedene Jahrgänge einer Sorte:** Das Verhältnis von Öl : Alpha schwankt je nach Witterung erheblich, wie am Beispiel Saphir innerhalb der letzten 10 Jahre gezeigt.

Substanz		minimum	Ø	maximum	max:min
α-Säuren	Gew.-%	2.5	3.8	5.3	2.1
Hopfenöl	ml/100g	0.8	1.1	1.4	1.8
Linalool	mg/100g	7	10	12	1.7

Die Dosage ist denkbar nach **Menge (ungeeignet)**, **α-Säuren (mangelhaft)**, oder **Öl (besser)**.

- **Verschiedene Sorten:**
Das Verhältnis von Öl oder Linalool: α schwankt beträchtlich; Auch das Kriterium Öl kann nicht befriedigen, allenfalls die Dosage nach Linalool hilft weiter.

Wie schaffe ich es ein gleichbleibendes Hopfenaroma in mein Bier zu bekommen?

Wenn sonst alle **Einflussgrößen konstant** bleiben (Dosagezeitpunkt, Kochdauer, Temperatur, pH, Stammwürze....)

⇒ entscheidet neben den Jahrgangsunterschieden, **allein die Menge an Hopfen über das Aromaprofil und die Intensität:**

Als mögliche Dosagekriterien kommen in Frage:

- Dosage nach **Hopfenmenge** in g/hl oder g/l
- Dosage nach **α -Säuren** in g/hl oder mg/l
- Dosage nach **Hopfenöl*** in ml/hl
- Dosage nach **Linalool**** in mg/hl oder $\mu\text{g/l}$

*Analyse mit problematischer Reproduzierbarkeit und großer Varianz zwischen Labors; Genauigkeit +/- 10 % rel

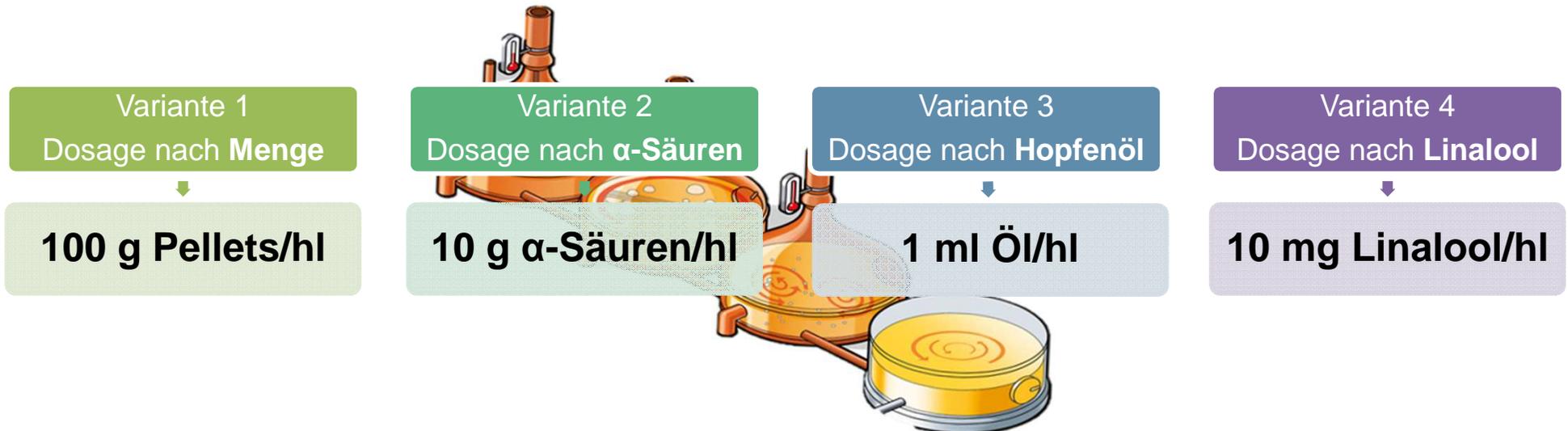
** Gaschromatographische Analyse erforderlich

Vergleich von 4 Dosagekriterien anhand von 3 Sorten

* Langjähriger Schnitt aus dem Hopfenbuch; ** Schnitt aus den 3 Jahren seines Anbaus

HOPFENANALYSE		Perle*	Saphir*	Callista**
α-Säuren	Gew.-%	7.4	4.1	2.5
Hopfenöl	ml/100g	1.3	1.1	1.1
Linalool	mg/100g	4	11	11

Hopfengabe zu Kochende



Quelle Grafik: Schweizer Brauereiverband

Vergleich von 4 Dosagekriterien anhand von 3 Sorten

Variante 1
Dosage nach Menge



100 g Pellets/hl

Variante 2
Dosage nach α -Säuren



10 g α -Säuren/hl

Variante 3
Dosage nach Hopfenöl



1 ml Öl/hl

Variante 4
Dosage nach Linalool



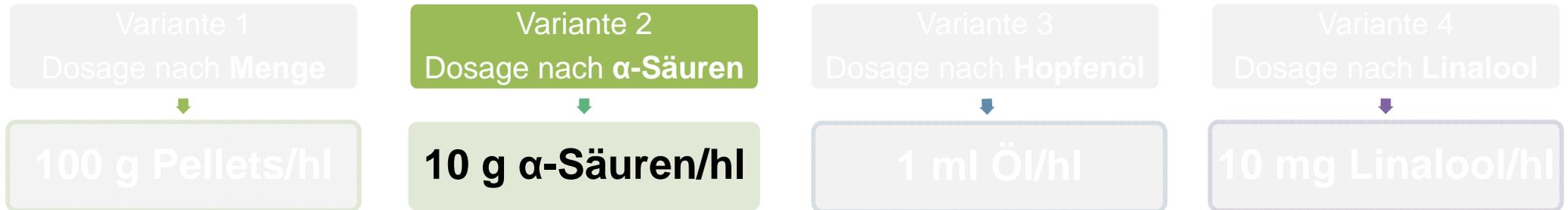
10 mg Linalool/hl

Resultierende Menge in der Würze

		Perle	Saphir	Callista
α -Säuren	g/hl	7.4	4.1	2.5
Hopfenöl	ml/hl	1.3	1.1	1.1
Linalool	mg/hl	4.0	11.0	11.0

Die Dosage von 100 g Pellets /hl hat bei Perle eine große Abweichung im direkten Vergleich zu Saphir und Callista zur Folge

Vergleich von 4 Dosagekriterien anhand von 3 Sorten



Resultierende Menge in der Würze

		Perle	Saphir	Callista
Menge	g/hl	135	244	400
Hopfenöl	ml/hl	1.76	2.44	4.40
Linalool	mg/hl	5.4	24	44

Die Dosage von 10 g alpha Säuren /hl führt generell zu großen Abweichungen von Öl- und Linalool-Dosagen

Vergleich von 4 Dosagekriterien anhand von 3 Sorten

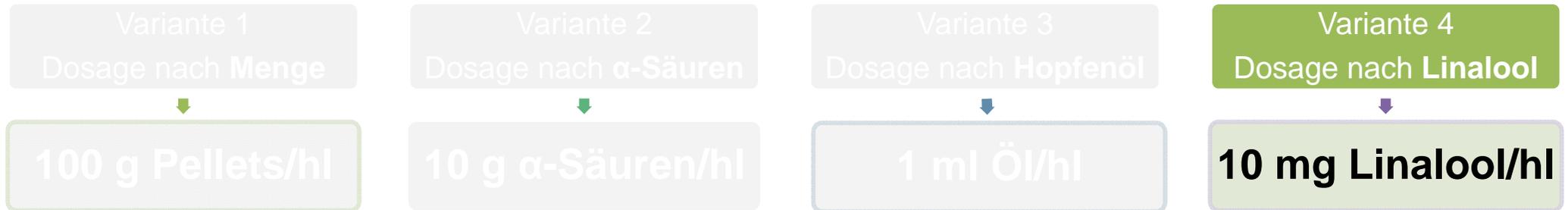


Resultierende Menge in der Würze

		Perle	Saphir	Callista
Menge	g/hl	77.0	91	91
α-Säuren	g/hl	6.0	3.7	2.3
Linalool	mg/hl	3.1	10	10

Die Dosage von 1 ml Öl / hl passt für einen Vergleich von Saphir und Callista, liegt aber bei Perle daneben.

Vergleich von 4 Dosagekriterien anhand von 3 Sorten



Resultierende Menge in der Würze

		Perle	Saphir	Callista
Menge	g/hl	250	91	91
α-Säuren	g/hl	18.5	3.7	2.3
Hopfenöl	ml/hl	3.25	1.00	1.00

Die Dosage von 10 mg Linalool / hl führt zu einer Diskrepanz bei Perle

Zusammenfassung Versuchsreihe Dosagekriterien

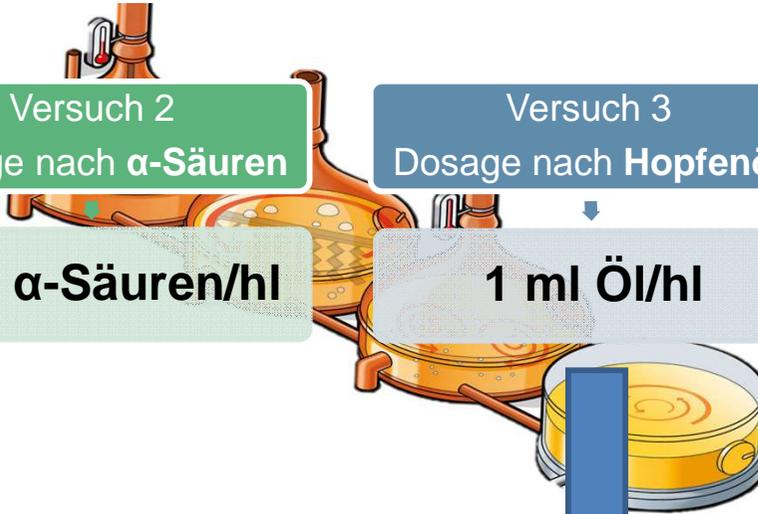
Hopfengabe zu Kochende

Versuch 1
Dosage nach Menge
↓
100 g Pellets/hl

Versuch 2
Dosage nach α -Säuren
↓
10 g α -Säuren/hl

Versuch 3
Dosage nach Hopfenöl
↓
1 ml Öl/hl

Versuch 4
Dosage nach Linalool
↓
10 mg Linalool/hl



Quelle: G... Schweizer Brauereiverband

Ausgleich der Differenzen einer späten α -Säurendosage:

Dosage noch **Öl** oder **Linalool** führt bei Hopfensorten mit einem **hohen Aromapotential** bei **gleichzeitig niedrigem α -Gehalt** zu einer **geringeren Dosage bei den späten Gaben**. Da die **Isomerisierung aber ohnehin schlecht** ist, kann die vergleichsweise geringe **Mindermenge an alpha Säuren** bei **früheren Gaben** (Kochbeginn oder Kochmitte) ohne große Mehrkosten **ausgeglichen** werden.

Zusammenfassung Dosage (1)

- **Späte Hopfengaben** dienen **nicht der Isomerisierung** der α -Säuren, sondern der **Lösung von Hopfenbegleitbitterstoffen, niedermolekularen Polyphenolen** und besonders von **Aromastoffen**.
- Werden **Jahrgänge** und **Hopfensorten** miteinander verglichen, ist eine **Dosage nach Gewicht** oder **α -Säuren nicht zielführend**.
- Nur wenn das Aromapotential eines Hopfens bekannt ist, hat der Brauer eine Chance, die quantitative Ausprägung des Hopfenaromas im Bier einigermaßen vergleichbar zu gestalten.

Zusammenfassung Dosage (2)

- Als nicht voll befriedigende **Hilfsgröße** dient derzeit das **Hopfenöl** bei einem nicht zu unterschätzenden **analytischen Vergleichs- und Wiederholfehler**.
- **Aufwändiger**, da eine gaschromatographische Analyse erforderlich ist, aber auch zielführender erscheint die **Dosage nach Linalool**.
- Derzeit prüfen wir das Kriterium „**Sauerstofffraktion**“ auf Eignung als Dosagekriterium. **Das ist die Summe aller Aromastoffe des Hopfens mit Sauerstoff im Molekül**. Diese Komponenten sind einigermaßen in **Würze** und **Bier löslich** und verfügen über **niedrige Geschmacksschwellenwerte**. Hierzu ist ebenfalls eine gaschromatographische Analyse erforderlich.

Praxisversuch I: Späte Hopfenhaben (Substitution)

Wunsch der Brauerei:

Ersatz von Hersbrucker in einer späten Gabe

- **Dosage der Pellets** nach dem **Hopfenölgehalt (ml/100g im Hopfen)** in **jeweils** einer Menge von **1,2 ml/hl** bei **Kochende und in den Whirlpool**.
- Wir rechnen mit einer Bitterstoffausbeute von 5 % bei Kochende und 3 % bei der Whirlpoolhopfung.
- Die aus den Pellets nach Öl errechneten Mengen ergeben die IBU durch die späte Hopfung, die durch eine Polarisgabe bei Kochbeginn ergänzt werden muss, um die 25 IBU zu erhalten.
- Als mögliche **Substitute** wurden **Tradition, Spalter, Hallertauer mfr., Saphir, Melon, Callista** und **Diamant** gewählt.

Analysen der Pellets

	Einsatz	α (ASBC) %	$\beta:\alpha$ (ASBC!)	HSI	Öl ml/100g
Hersbrucker	KE	1,9	2,4	0,29	0,75
Saphir	KE	3,0	1,7	0,35	1,35
Tradition	KM/KE	5,2	0,8	0,29	0,65
Hallertauer mfr.	KE	3,1	1,4	0,32	0,90
Spalter	KE	4,8	1,6	0,30	1,15
Callista	KE	2,7	2,9	0,30	1,10
Diamant	KE	4,5	1,0	0,35	1,00

Dosagen bei Kochende/Whirlpool

- Die **Polarisdosage bei Kochbeginn schwankt** zwischen **33,6 g/hl** und **44,5 g/hl**, je nach **errechneten IBU** durch die **beiden späten Dosagen** der **Aromahopfen**.
- In der **Tabelle** sind die **Gesamt mengen gelistet**; je **50 %** davon bei **KE** und **WP**
- **Dosiert** wird nach **Öl** mit jeweils **1,2 ml/hl**, in **Summe also 2,4 ml/hl**.

	g/hl
Hersbrucker	320
Saphir	178
Tradition	369
Melon	209
Hallertauer mfr.	267
Spalter	209
Callista	218
Diamant	240

Analysen der Biere – Kochende/Whirlpool

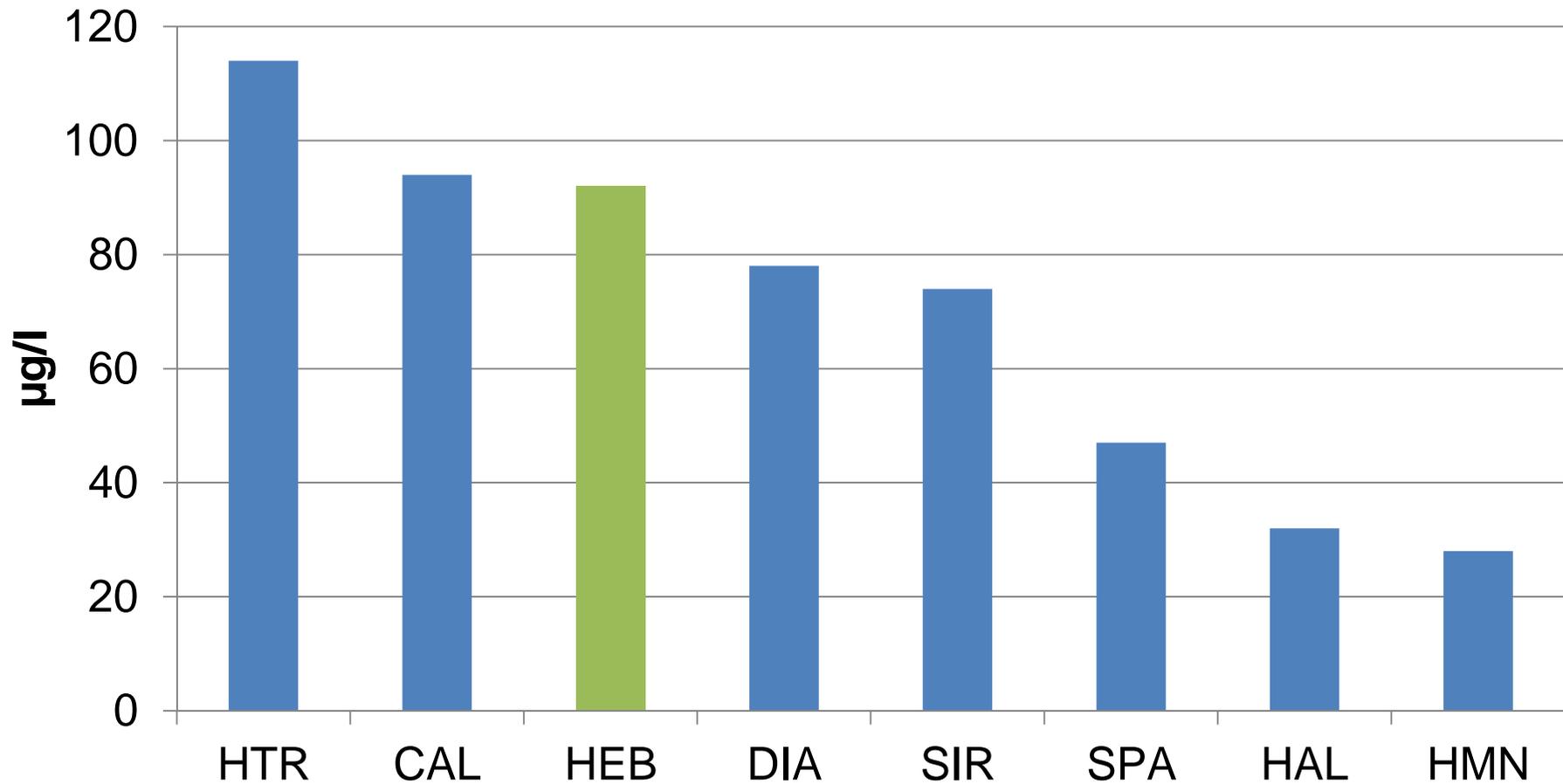
		Hersbrucker	Saphir	Tradition	Melon	Hallertauer	Diamant (89/2/25)	Spalter	Callista
Stammwürze	%	12,6	13,0	12,9	12,6	12,6	12,6	12,8	12,8
pH		4,54	4,63	4,59	4,58	4,57	4,46	4,55	4,56
Bittereinheiten	mg/l	24	21	23	24	23	21	23	22
Isohumulone	mg/l	22,0	19,5	17,9	19,7	18,4	18,0	19,5	20,1
Humulone	mg/l	2,3	2,9	4,7	4,2	3,2	2,0	3,5	3,0
Humulinone	mg/l	2,5	1,6	2,8	3,0	3,6	3,3	2,8	2,1
Hulupone	mg/l	0,3	0,1	0,2	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4
XN + Iso-X	mg/l	0,8	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	1,0
Polyphenole	mg/l	241	233	254	204	212	211	223	219
Linalool	µg/l	90	90	164	23	32	99	52	173

Kommentare zur Hopfung bei Kochende/in den Whirlpool

- Die **Unterschiede** in den **Bitterstoffen** sind **nicht bedeutsam**.
- Die **Polyphenolwerte schwanken** zwischen 204 mg/l (Melon) und 254 mg/l (Tradition) und **folgen** in etwa der **Dosagemenge**.
- Die **Unterschiede** in den **Linaloolwerten** sind **hoch**; Sie **schwanken** von
 - knapp über dem Schwellenwert(Melon und Hallertauer)
 - über 53 µg/l beim Spalter
 - um die 100 µg/l bei Hersbrucker, Saphir und Diamant
 - bis zu etwa 170 µg/l bei Tradition und Callista.

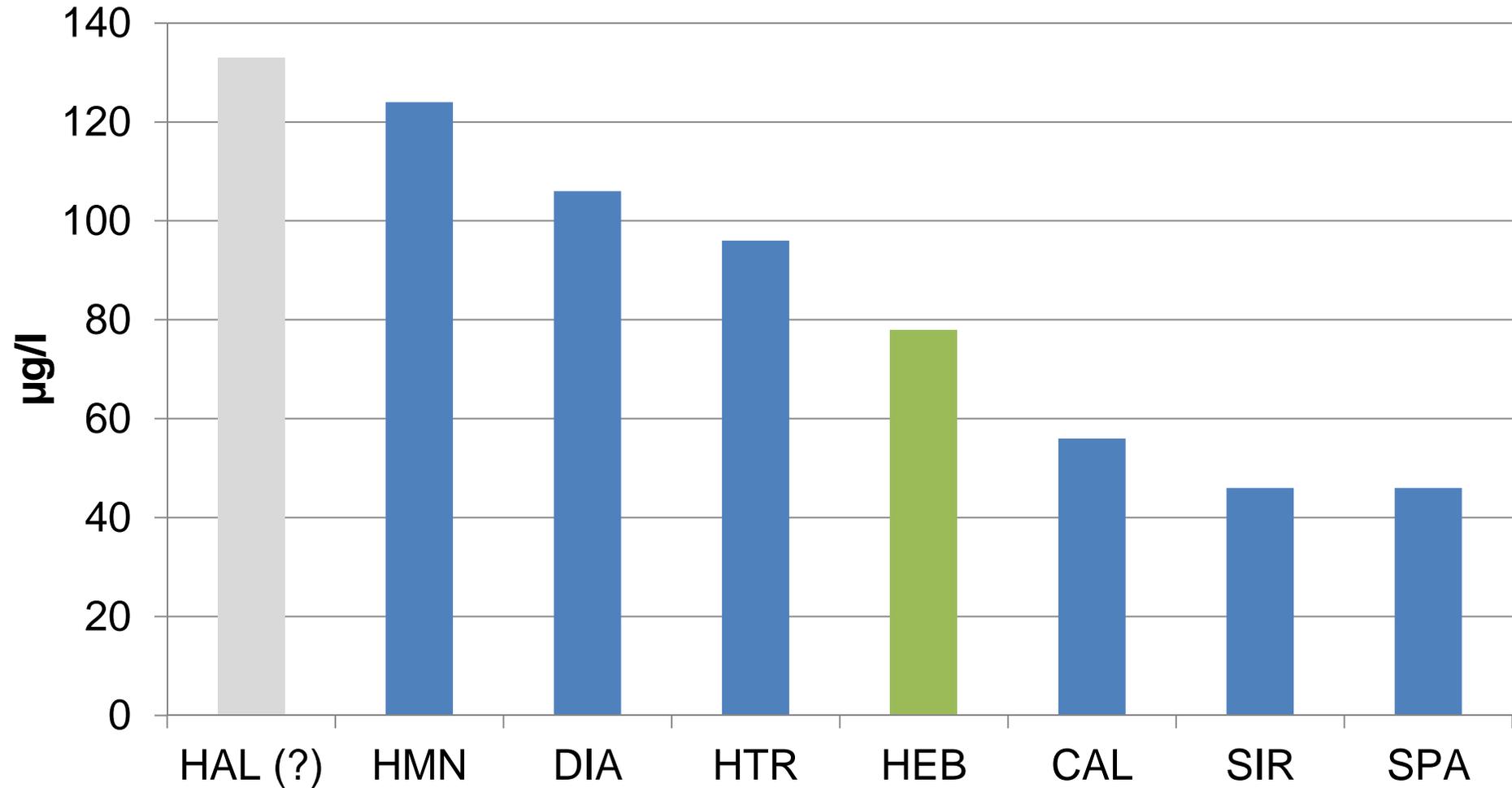
Analysen der Biere – Kochende/Whirlpool

Summe der **Monoterpenalkohole** und deren **Ester** (Hauptvertreter Linalool)



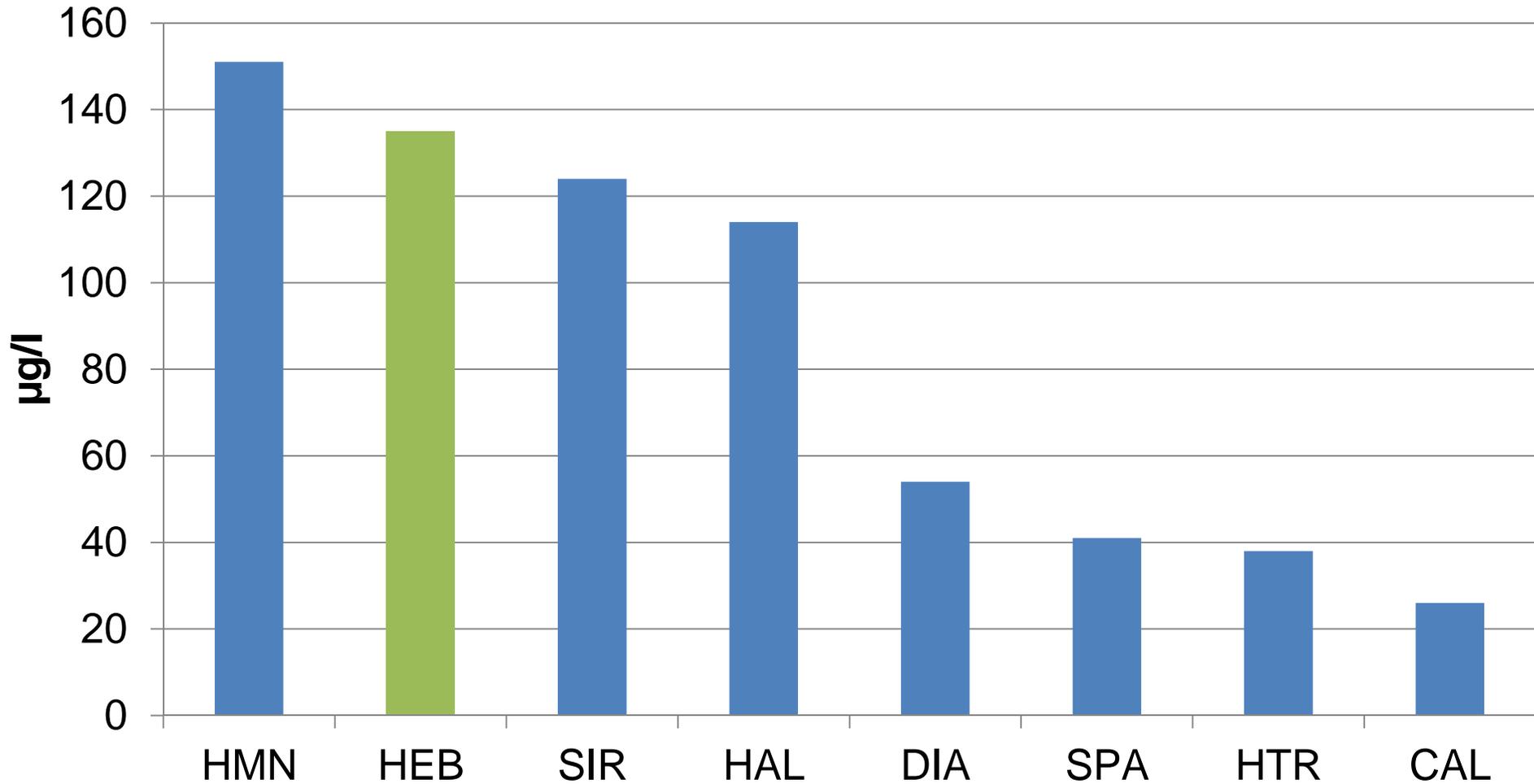
Analysen der Biere – Kochende/Whirlpool

Summe aller (Carbonsäure)-Ester



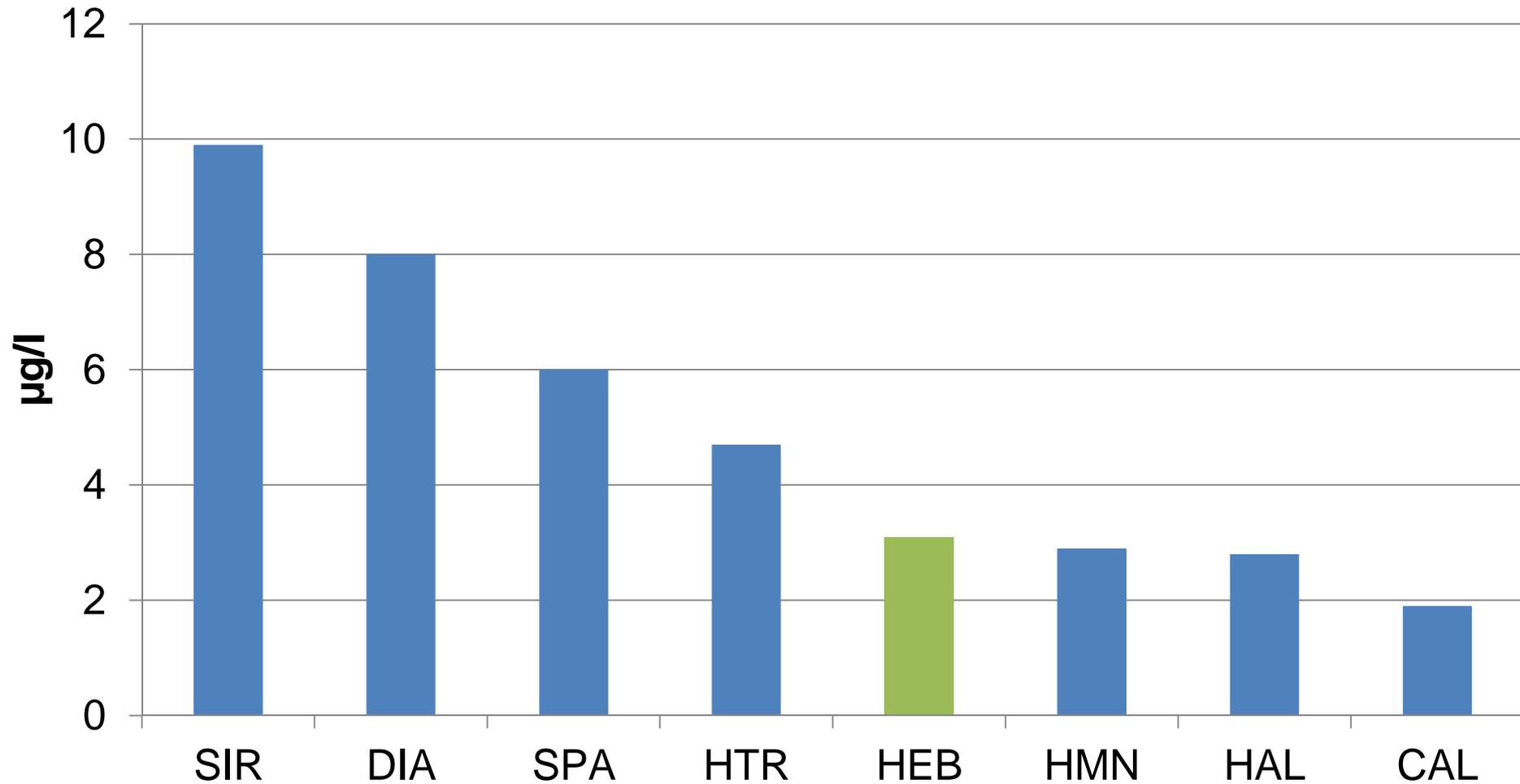
Analysen der Biere – Kochende/Whirlpool

Summe der **Sesquiterpenoxide** (Alkohole und Epoxide)



Analysen der Biere – Kochende/Whirlpool

Summe der Ketone



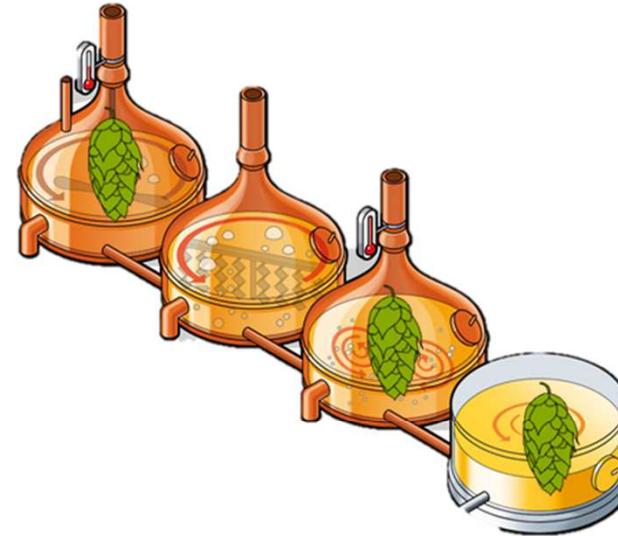
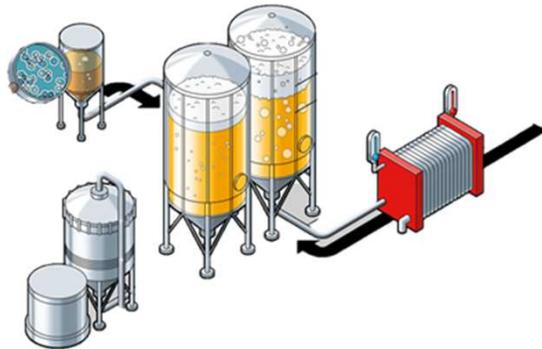
Kommentare zur Hopfung bei Kochende/in den Whirlpool

- Eine Sorte die den Hersbrucker voll ersetzen kann, sehen wir nicht.
- Unter Berücksichtigung der Aromastoffanalysen kommen die Sorten Tradition, Saphir, Callista und Diamant am nächsten.
- Eine Mischung aus diesen Sorten könnte ein Weg sein, das Hersbrucker Aroma abzubilden.
- Ein anderer Vorteil von Sortenmischungen ist die Möglichkeit, auf unterschiedliche Ernten mit variablen Mischungsverhältnissen zu reagieren.

Praxisversuch II: Alterung von Hopfenaromastoffen

Versuchsaufbau

Untergäriges Allmalzbier



Quelle Grafik: Schweizer Brauereiverband

**Späte Hopfengabe von 300 g/hl zu Kochende
und in den Whirlpool mit Huell Melon
(= 2,4 ml Öl/hl)**

Die Sude wurden nach der Hauptgärung geteilt
und die eine Hälfte zusätzlich mit 150 g/hl Hüll
Melon (\triangleq 1,2 ml Öl/hl) hopfengestopft.

Alterungsstabilität von Hopfenaromastoffen in Bier

Monoterpen Alkohole in spät gehopften Bieren [Werte in µg/l]

		0 °C		4 °C	20 °C	30 °C
	fresh	240 d	470 d	470 d	470 d	470 d
Linalool	17,1	20,6	17,8	16,4	16,9	8,2
p-menth-1-en-4-ol	2,2	2,8	3,2	2,8	2,9	2,7
α-terpineol	5,7	5,5	5,8	4,7	9,2	14,5
Citronellol	13,7	15,5	14,2	13,4	12,0	6,8
Sum	38,7	44,4	41,0	37,3	41,0	32,2

Sum 100 % 114 % 105 % 96 % 105 % 83 %

Monoterpenkohlenwasserstoffe in spät gehopften Bieren [Werte in µg/l]

		0 °C		4 °C	20 °C	30 °C
	fresh	240 d	470 d	470 d	470 d	470 d
β-myrcene	5,1	5,0	4,3	4,5	3,3	2,5
limonene	2,2	2,0	1,7	1,7	1,5	1,1
cis-ocimene	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	< 0,1
trans-ocimene	1,3	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6
terpinolene	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	< 0,1
Sum	9,0	9,2	6,9	7,2	5,8	4,2

Sum 100 % 102 % 77 % 80 % 64 % 46 %

Alterungsstabilität von Hopfenaromastoffen in Bier

Gruppe der **Hopfenester** in **spät** gehopften Bieren [Werte in µg/l]

Lagertemperatur		0 °C		4 °C	20 °C	30 °C
Lagerdauer	fresh	240 d	470 d	470 d	470 d	470 d
isobutyl isobutyrate (2-methylpropyl 2-methylpropanoate)	49,8	52,0	51,9	42	31,6	21,1
butyl isobutyrate (butyl 2-methylpropanoate)	1,2	1,4	1,5	1,2	0,8	0,5
2-methylbutyl propanoate	6,5	7,7	7,6	5,6	5,7	4,8
3-methylbutyl 2-methylpropanoate	32,5	29,7	28,7	20,7	10	7,8
2-methylbutyl 2-methylpropanoate	392	319	331	227	108	81
methyl 4-methylhexanoate	8,2	9,3	8,3	7,6	5,5	4,0
ethyl 4-methylnonanoate	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,2
2-methylbutyl 3-methylbutanoate	8,1	7,3	7,9	5,1	2,6	0,9
2-methylbutyl 2-methylbutanoate	6,1	5,7	5,9	4,0	2,7	0,8
unidentified ethyl ester (fermentation ester?)	18,5	24,2	22,6	19,9	17,1	5,0
ethyl 4-methyloctanoate	1,9	2,6	2,4	2,1	1,6	0,3
ethyl 4-decanoate (fermantation ester?)	4,4	9,0	9,4	8,7	6,0	1,7
Sum	530	468	478	345	192	128
Ohne 2 Gärungs-Ester (Nur Hopfen-Ester)	507	435	446	316	169	121

Sum 100 % 88 % 90 % 65 % 36 % 24 %

Alterungsstabilität von Hopfenaromastoffen in Bier

Gruppe der **Hopfenester** in **spät- und hopfengestopften** Bieren [Werte in µg/l]

Lagertemperatur		0 °C		4 °C	20 °C	30 °C
Lagerdauer	fresh	240 d	470 d	470 d	470 d	470 d
isobutyl isobutyrate (2-methylpropyl 2-methylpropanoate)	152	165	146	155	152	117
butyl isobutyrate (butyl 2-methylpropanoate)	4,2	4,3	4,4	4,8	3,0	2,4
2-methylbutyl propanoate	12,3	9,9	8,7	7,1	4,1	5,9
3-methylbutyl 2-methylpropanoate	108	105	94,5	96,1	35,6	34,3
2-methylbutyl 2-methylpropanoate	1109	980	945	915	337	319
methyl 4-methylhexanoate	19,5	21,5	28,7	24,5	15,7	13,2
ethyl 4-methylnonanoate	0,7	1,2	1,7	2,7	1,5	0,9
2-methylbutyl 3-methylbutanoate	25,9	30,1	28,7	29,4	18,4	6,7
2-methylbutyl 2-methylbutanoate	18,9	21,9	21,2	22,5	19,4	6,8
unidentified ethyl ester (fermentation ester?)	36,7	54,2	49,6	46,1	36,1	8,6
ethyl 4-methyloctanoate	3,8	6,6	7,1	7,9	4,4	0,7
ethyl 4-decanoate (fermentation ester?)	8,1	18,6	16,5	19,8	11,5	3,1
Sum	1499	1418	1352	1331	639	519
Ohne 2 Gärungs-Ester (Nur Hopfen-Ester)	152	165	146	155	152	117

Sum 100 % 94 % 90 % 88 % 42 % 34 %

Alterungsstabilität von Hopfenaromastoffen in Bier

- **Monoterpene** waren bei **kalter Lagerung (0 und 4°C) relativ stabil**, verloren jedoch bei **20°C etwa 25 %** und bei **30°C etwa 50 %** ihres Ausgangswertes.
- Die **Carbonsäureester** des Hopfens nehmen bei **0°C um etwa 10 %** ab. Die relativen Verluste steigen auf **60 bis 70 % bei 20°C** und über **70 % bei 30°C**.
- Das **Gesamtlinalool** litt **nur bei 30°C deutlich**. Dagegen stieg α -Terpineol an. **Citronellool** erlitt erst bei **30°C spürbare Verluste**.
- Die Racemisierung vom flavor-aktivem R- zum inaktiveren S-Linalool war besonders bei 20 und 30 °C zu erkennen.

**Das Aroma ändert sich und geht teilweise verloren -
wenn auch in geringerem Umfang als allgemein angenommen.
Die größten Antreiber für die Bieralterung waren schon immer und werden es
auch immer bleiben: Temperatur und Sauerstoff!**



Your German Hopportunity

Danke!

Florian Schüll

Technical Manager

f.schuell@hvg-germany.de

“MAKE USE OF HOPS IN ITS NATURAL FORM!”