

Neue deutsche Hopfen – ein Vergleich zu etablierten Sorten

von Adrian Forster

Einleitung:

Es gibt kein Thema der Brauereitechnologie, das dermaßen kontrovers diskutiert und behandelt wird wie die Bewertung von Hopfen und sein Einsatz. Als Minimalanforderung an die Hopfung gilt die Erzeugung eines Bittergeschmacks in Form von Iso-Alpha-Säuren ohne Definition eines sensorischen Zusatznutzens. Gewünscht werden allenfalls Effekte wie Lichtstabilität bei bestimmten Flaschentypen oder eine Schaumverbesserung. Für einen großen Teil des Weltbiersortiments ist die Minimalanforderung gültig.

Hopfen wird aber als Gewürz für das Bier angesehen, das über die Bandbreite der zahlreichen Sorten und Anwendungstechnologien zur Charakterisierung eines Bieres wesentlich beiträgt. Das kann in einen unnachahmbaren und einmaligen Geschmackseindruck münden. Zwischen diesen Extremen sind vielerlei Varianten gegeben, den Rohstoff zu nutzen, z. B. durch den Einsatz mehrerer Hopfensorten, um neben der Bittere auch Geschmack und Aroma zu vermitteln.

Zunächst wird ein Schema vorgeschlagen, um Hopfensorten einfacher bewerten zu können. Durch permanente Züchtungsarbeit erweitert sich das Hopfensortiment zusehends. Gab es z. B. in Deutschland vor 50 Jahren vier Sorten, werden heute sieben Aroma- und sechs Bittersorten großtechnisch angebaut. Daneben warten schon drei vielversprechende Aromasorten auf das Interesse der Brauer. Die Charakterisierung eines Teils dieses Sortiments sowie Brauversuche werden behandelt.

Die drei Stoffklassen des Hopfens

Hopfen enthält drei Stoffklassen, von denen nur die Bitterstoffe, insbesondere die Alpha-Säuren, für das Bier unverzichtbar sind. Ein großer Teil des Weltbiersortiments ist ganz oder nahezu frei von Aromakomponenten und/oder Polyphenolen des Hopfens. Brauer, für die lediglich ein definierter Bittergeschmack im Bier wichtig ist, befassen sich nur am Rande mit den Eigenschaften verschiedener Hopfensorten. Eine preiswerte Alpha-Säurenquelle in Form von Hochalphasorten genügt meist ihren Bedürfnissen.

Die Hopfenbitterstoffe können mittels HPLC analysiert werden. Ausgefeilte Methoden ermöglichen die Auftrennung in bis zu 50 Substanzen. Routineverfahren beschränken sich auf vier Peaks, die als Cohumulon, n- plus Adhumulon, Colupulon und n- plus Adlupulon quantitativ bestimmt werden. Die ersten beiden ergeben in Summe die Alpha-Säuren, die letzten beiden entsprechend die Beta-Säuren. Daraus lassen sich drei Kennzahlen errechnen, nämlich der Cohumulon- und Colupulonanteil jeweils in % der Alpha- und Beta-Säuren. Ein niedriger Cohumulonanteil kann positiv gesehen werden. Ob das Coisohumulon im Bier eine etwas härtere Bittere erzeugt als die n- und Adisohumulone ist nach wie vor umstritten, aber für viele Brauer ein Qualitätskriterium. Unbestritten ist, dass das polarere Coisohumulon den Schaum etwas weniger stabilisiert als n- und Adisohumulon. Ferner bauen n- und Adisohumulon im Bier geringfügig langsamer ab als Coisohumulon. Daraus leitet sich ab, dass ein niedriger Cohumulonanteil ein positives Qualitätskriterium darstellt.

Das Verhältnis der Alpha- zu den Beta-Säuren ist ein Indikator dafür, wieviel Bitterstoffe neben den Alpha-Säuren im Hopfenharz enthalten sind. Während viele Technologen diesen Begleitbitterstoffen keine Bedeutung beimessen, gibt es Andere, die eine Abrundung der Bierbittere durch diese Substanzen beobachten.

Hopfenaromakomponenten werden mittels Gaschromatographie in bis zu 400 Einzelsubstanzen aufgetrennt. Bereits Routineverfahren erlauben die Bestimmung von den wichtigsten 100 Komponenten. Aus der Fülle der Einzelinformationen eine praxismgerechte Bewertung des Hopfenaromas abzuleiten, ist äußerst schwierig. In diesem Beitrag werden folgende Kennzahlen zur Bewertung von Hopfensorten herangezogen:

- Der Gehalt an Linalool ist eine wichtige Größe, da Linalool ein positiver Indikator für die Vermittlung eines Hopfenaromas im Bier ist.
- Summe der Monoterpene und der Sesquiterpene; beide zusammen ergeben die Kohlenwasserstofffraktion; daraus läßt sich der Sesquiterpenanteil in der Kohlenwasserstofffraktion errechnen. Die weniger flüchtigen Sesquiterpene können als Epoxide oder Alkohole mehr zum Aroma des Bieres beitragen.
- Die Summe aller Substanzen mit eingebautem Sauerstoffatom ergibt die Sauerstofffraktion. Daraus lassen sich drei Ester bestimmen, nämlich Isobutyl- und Isoamylisobutyrate sowie Methylhexanoat, die ein aufdringliches Aroma aufweisen und als Esteranteil in % der Sauerstofffraktion berechnet werden.

Die dritte wichtige Substanzgruppe des Hopfens umfaßt die Polyphenole. Über Zusammensetzung und Wirkung von Polyphenolen wird in letzter Zeit intensiv geforscht. „In-vitro“ Tests zeigen z.B. antioxidative, anticancerogene, östrogene oder entzündungshemmende Eigenschaften einiger Polyphenole. In den Medien ist von gesundheitsfördernden Potentialen die Rede, wobei gerne auf Soja, Wein, Tee und Kaffee verwiesen wird.

Hopfen ist nun besonders reich an Polyphenolen. Während einerseits die Forschung, Publikationen und Medienartikel über positive Polyphenole ständig zunehmen, ging der Gehalt an Hopfenpolyphenolen im Bier um geschätzte 80 % in den letzten 30 Jahren zurück. Ermöglicht wird dies durch neue Hoch-Alpha-Sorten und Hopfenprodukte. Diese wohl eher unbeabsichtigte Verarmung an Hopfenpolyphenolen steht im Widerspruch zur generell hohen Reputation dieser Substanzgruppe. Dabei ist es durchaus möglich, den positiven Einfluß auf den Biergeschmack zu nutzen.

Es existieren 2 Analysemethoden für Polyphenole. Einer unspezifischen Färbemethode mit beschränkter Aussagekraft steht die HPLC als Alternative gegenüber. Derzeit können etwa 100 niedermolekulare Substanzen im Hopfen getrennt, identifiziert und quantifiziert werden. Die Summe aller Einzelkomponenten schwankt je nach Hopfensorte zwischen 0,5 und 3,0 Gew-%.

Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Stoffgruppen in ihrer sortenabhängigen Spannweite. Generell sind Aromahopfen reicher an Polyphenolen als Bitterhopfen.

Tabelle 1: Polyphenolgruppen in Hopfen; Spannweite der Mengen in mg/100 g je nach Sorte

Substanzklasse	Gehalt in mg/100 g
Hydroxybenzoesäuren	1 – 10
Hydroxycimtsäuren	100 – 450
Proanthocyanidine	100 – 600
Flavanole	30 – 200
Flavonole	1 – 10
Quercetinflavonoide	50 – 250
Kämpferolflavonoide	50 – 300
Prenylflavonoide	1,000 – 10,000

Zur Bewertung der Polyphenole in verschiedenen Hopfensorten wird der Gesamtgehalt der niedermolekularen HPLC-Substanzen gebildet und zusätzlich das Verhältnis der Alpha-Säuren zu dieser Summe gebildet. Je niedriger diese Kennzahl ausfällt, desto ausgeprägter ist der polyphenolische Charakter einer Hopfensorte.

Xanthohumol ist der bedeutendste Vertreter der Prenylflavonoide und wurde bisher nur in Hopfen gefunden. Es gilt derzeit als das Polyphenol mit größtem Potential für die menschliche Gesundheit. „In-vitro-Tests“ zeigen z.B. klare entzündungshemmende, antioxidative und anticancerogene Eigenschaften. „In-vivo“-Tests verlaufen derzeit vielversprechend.

Die Prenylflavonoide mit ihrem wichtigsten Vertreter Xanthohumol werden separat gelistet. Das Verhältnis der Alpha-Säuren zum Xanthohumol ist ein vergleichbares Qualitätskriterium zu dem der Polyphenole.

Für die vier genannten Kriterien – Bitterstoffe, Aromakomponenten, Polyphenole und Prenylflavonoide - werden Qualitätspunkte von 1 – 3 vergeben, wobei Tabelle 2 die Abgrenzungen aufzeigt. 1 Punkt bedeutet typischen Bittercharakter, 2 ist eine Mittelstellung, 3 stellt die höchste Punktzahl mit typischem Aromahopfencharakter dar. Die Summe der Qualitätspunkte aller vier Kriterien kann minimal 4, maximal 12 betragen.

Tabelle 2: Abgrenzung der Qualitätspunkte

1 = Bitterhopfencharakter ; 2 = Mittelstellung ; 3 = Aromahopfencharakter

		1	2	3
Cohumulonanteil	% rel	> 30	25-30	< 25
Humulon		> 2-0	1 – 2.0	< 1.5
Linalool	mg/100g	< 6	6 - 8	> 8
Humulon (=Gew-%): Linalool	(mg/100 g)	> 2	1 - 2	< 1
Esteranteil in Sauerstofffraktion	% rel	> 20	5 - 20	< 5
Sesquiterpenanteil in KWF	% rel	< 40	40 - 50	> 50
Summe der HPLC-Polyphenole	Gew-%	< 0.6	0.6 – 1.2	> 1.2
Humulon (Gew-%): Polyphenole	Gew-%	> 10	5 - 10	< 5
Xanthohumol	Gew-%	< 0.3	0.3 – 0.5	> 0.5
Humulon: Xanthohumol		> 20	10 - 20	< 10

Bewertung von 10 Hopfensorten

Aus dem in Deutschland angebauten Sortiment an Hopfen werden für einen Vergleich folgende Sorten ausgewählt:

Etablierte Aromasorten sind aus dem Anbaugebiet Tettanng die Sorte Tettannger, aus der Hallertau die Sorten Hallertauer Mittelfrüh, Hersbrucker sowie der Hallertau Tradition. Während Tettannger, Hallertauer Mittelfrüh und Hersbrucker als traditionelle Landaromahopfen gelten, ist Hallertauer Tradition bereits eine Züchtung aus dem Hüller Forschungsinstitut. Vier neue Aromazüchtungen sind die Sorten Saphir, Select, Smaragd und Opal. Saphir und besonders Select sind bereits großtechnisch eingeführt. Smaragd und Opal sind dagegen nur begrenzt verfügbar. Auf dem Hochalpha-Bitterhopfensektor hat das Institut Hüll mit neuen Sorten wie Taurus und Herkules vorzeigbare Erfolge, die respektable Erträge und Eigenschaften aufweisen.

Neben der Qualitätsbewertung sind für den Erfolg einer Sorte der Ertrag und die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten wichtig. Der wirtschaftliche Erfolg einer Sorte hängt vom Produkt aus Ertrag und Alpha-Säuren ab. Tabelle 3 gibt entsprechend Gewichtserträge (kg/ha), Alpha-Säurenwerte (Gew-%) und daraus errechnet den jeweiligen Alpha-Säurertrag (kg Alpha / ha) wieder. Soweit möglich liegen mehrjährige Durchschnittszahlen zu Grunde, bei den jüngsten Züchtungen ohne ausreichend abgesicherte Daten müssen die Angaben aus der CMA-Sortenmappe genügen.

Tabelle 3 zeigt die Ertragswerte. Die klassischen Landsorten liegen bei etwa 50 kg Alpha-Säuren pro Hektar, die Züchtungen bringen gut 70 kg Alpha/ha (Saphir) bis deutlich über 100 kg Alpha/ha.

Tabelle 3: Erträge von 10 Hopfensorten in Menge (kg/ha) und Alpha-Menge (kg Alpha/ha)

Sorte	Ertrag kg/ha	Alpha-Wert Gew-%	Alpha-Ertrag Kg Alpha / ha
Tettnanger	1300	4.0	52
Hallertauer mfr.	1250	3.9	49
Hersbrucker	1700	2.8	48
Hall. Tradition	1800	6.0	108
Saphir*	1950	4.1	80
Select	1900	4.8	91
Smaragd*	1850	6.1	113
Opal*	1850	7.4	137
Taurus	1850	15.5	287
Herkules	2300	16.0	368

* vorläufige Angaben

Zur Einstufung der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten dient ebenfalls die CMA-Sortenmappe. Betrachtet werden darin Welke, Peronospora und Mehltau. Die verbale Beschreibung von gering über mittel bis gut wird von null über 1 bis 2 Resistenzpunkte eingestuft. Diese Angaben befinden sich in Tabelle 4. Erwähnt sei, dass eine gute Widerstandsfähigkeit gegen eine Krankheit nicht gleichbedeutend mit einer absoluten Resistenz ist.

Bekanntermaßen sind die Krankheitsresistenzen bei den klassischen Aromahopfen schwach ausgeprägt. Entsprechend häufig müssen sie mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden. Die neuen Züchtungen sind erheblich widerstandsfähiger, was ja eines der wesentlichsten Zuchtziele ist. Tabelle 4 gibt die Einstufung der Resistenzen wieder.

Tabelle 4: Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten
0 = gering ; 1 = mittel ; 2 = gut

Sorte	Welke	Peronospora	Mehltau
Tettnanger	2	0	1
Hallertauer mfr.	0	0	1
Hersbrucker	1	0	0
Hall. Tradition	2	2	1
Saphir	2	1	2
Select	2	2	1
Smaragd	2	2	0
Opal	2	2	2
Taurus	2	2	0
Herkules	2	2	2

Die Tabelle 5 enthält für die Bitterstoffe die entsprechenden Kennzahlen und Qualitätspunkte, wobei die Aromahopfen bis auf der Sorte Hallertauer Tradition alle die Bestnote erzielen. Die Bittersorten fallen zwangsläufig ab. Die neuen Aromasorten Saphir, Smaragd und Opal weisen besonders niedrige Cohumulonanteile auf.

Tabelle 5: Kennzahlen der Bitterstoffe mit Qualitätspunkten (Qp)
Alpha : Beta = Alpha-Säuren : Beta-Säuren

Sorte	Cohumulonanteil	Alpa : Beta	Qp
Tettnanger	25	0.76	3
Hallertauer mfr.	22	0.80	3
Hersbrucker	21	0.38	3
Hall. Tradition	27	1.19	2
Saphir	17	0.57	3
Select	23	0.96	3
Smaragd	18	1.13	3
Opal	16	1.34	3
Taurus	24	3.04	2
Herkules	35	3.09	1

Bei den Aromakennzahlen und Qualitätspunkten (Tabelle 6) liegen die neuen Sorten Saphir und Select mit den klassischen Aromahopfen gleichauf. Hersbrucker erhält trotz des niedrigen Linaloolgehaltes 3 Punkte, da das Verhältnis Humulon zu Linalool positiv hervorsteht. Die Sorte Hallertauer Tradition weist einen höheren Esteranteil auf. Auffällig ist der hohe Linaloolgehalt des Opal, was trotz des niedrigeren Sesquiterpenanteils 3 Punkte rechtfertigt. Bei einer sensorischen Bewertung zeigen besonders die neuen Zuchtsorten interessante individuelle Geruchsnoten.

Taurus erzielt immerhin 2 Qualitätspunkte. Herkules ist ein typischer Bitterhopfen mit niedrigem Linaloolwert und einem entsprechend hohem Alpha : Linaloolverhältnis. Ein geringer Sesquiterpenanteil geht mit einem hohem Esteranteil einher. Beide Bitterhopfen sind sensorisch allerdings nicht zu beanstanden.

Tabelle 6: Kennzahlen der Aromakomponenten mit Qualitätspunkten (Qp)

Sorte	Linalool mg/100g	Alpha:Linalool Gew%: mg/100g	Ester %rel.	Sesquit. %rel.	Qp
Tettnanger	6	0.67	1.5	55	3
Hallertauer mfr.	9	0.43	6.0	58	3
Hersbrucker	5	0.56	2.0	67	3
Hall. Tradition	9	0.68	15.0	45	2
Saphir	6	0.67	3.0	58	3
Select	9	0.53	4.5	60	3
Smaragd	8	0.76	4.0	47	2
Opal	12	0.62	4.0	42	3
Taurus	15	1.00	8.0	49	2
Herkules	6	2.70	30.0	37	1

Tabelle 7 enthält die absoluten Polyphenolwerte und die Verhältnisse Alpha-Säuren zu Polyphenolen. Die klassischen Aromasorten sind besonders reich an Polyphenolen, aber die Aroma-Zuchtsorten Tradition und Select, sowie mit kleinem Abstand der Saphir kommen ihnen nahe. Smaragd und Opal weisen ein etwas niedrigeres Polyphenolniveau auf.

Tabelle 7: Kennzahlen der Polyphenole mit Qualitätspunkten (Qp)

Sorte	HPLC-Polyphenole Gew%	Alpha : Polyph. Gew% : Gew%	Qp
Tettnanger	2.3	1.7	3
Hallertauer mfr.	1.4	2.9	3
Hersbrucker	1.8	1.6	3
Hall. Tradition	1.2	5.0	2
Saphir	1.0	4.1	3
Select	1.7	2.8	3
Smaragd	1.0	6.1	2
Opal	0.8	9.0	2
Taurus	0.5	31.0	1
Herkules	0.8	20.0	2

Die Bittersorten liegen in den Polyphenolgehalten deutlich unter den Aromahopfen. Interessant ist der Wert von 0,8 Gew-% beim Herkules, was angesichts von ca. 16 % Alpha-Säuren relativ hoch ist.

Die Kennzahlen für die Prenylflavonoide finden sich in Tabelle 8 vor. Xanthohumol ist der einzige Polyphenoltyp der zusammen mit den Bittersäuren und dem Hopfenöl in den Lupulindrüsen vorliegt. Alle anderen Polyphenole sind in den Doldenblättern gesammelt. Damit ist die Biogenese von Xanthohumol mit der von Bitterstoffen verbunden.

Tabelle 8: Kennzahlen der Prenylflavonoide (Xanthohumol = XN) mit Qualitätspunkten (Qp)

Sorte	Xanthohumol Gew-%	Alpha : XN Gew% : Gew%	Qp
Tettnanger	0.35	11	2
Hallertauer mfr.	0.32	12	2
Hersbrucker	0.28	9	3
Hall. Tradition	0.51	14	2
Saphir	0.43	9	3
Select	0.45	11	2
Smaragd	0.32	19	2
Opal	0.43	18	2
Taurus	1.0	17	2
Herkules	0.8	21	1

Eine Zusammenfassung der hier vorgestellten Kriterien findet sich in Tabelle 9. Das ökonomische Potential wird über den Ertrag an Alpha-Säuren pro Hektar ausgedrückt. Die ökologische Bewertung geschieht durch die Einschätzung der Widerstandsfähigkeit gegen 3 Krankheiten von 0 (gering) über 1 (mittel) bis 2 (gut). Die Spannweite liegt somit zwischen 0 und 6. Die Übersicht enthält ferner die Summe aller erzielten Qualitätspunkte (minimal 4, maximal 12). Zu beachten ist, dass 4 Qualitätspunkte für Bitterhopfen normal sind. Jeder Wert über 4 bedeutet damit einen zusätzlichen Qualitätsindikator.

Tabelle 9 : Gesamtübersicht über alle 10 Hopfensorten mit Alpha-Ertrag (kg Alpha / ha), Resistenz- und Qualitätspunkten

Resistenzpunkte: 0 bis 6

Qualitätspunkte: 4 bis 12

Sorte	Alpha-Ertrag kg Alpha / ha	Resistenzpunkte	Qualitätspunkte
Tettnanger	52	3	11
Hallertauer mfr.	49	1	11
Hersbrucker	48	1	12
Hall. Tradition	108	5	8
Saphir	72	5	12
Select	91	5	11
Smaragd	113	4	9
Opal	137	6	10
Taurus	287	3	7
Herkules	368	5	5

Da für die Erarbeitung der Kennzahlen aufwändige, selektive HPLC- und GC-Analysen erforderlich sind, liegen zu allen drei Stoffgruppen umfangreiche Analysendaten vor. Zur Bewertung zählt auch eine sensorische Analyse, die gerade bei neuen Züchtungen interessante Anregungen vermitteln kann.

Brauersuche

Die CMA (= Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft) hat wesentliche Hopfensorten in einer Übersicht zusammengestellt. Darüber hinaus wurden Brauersuche in der 2 Hektoliter-Forschungsbrauerei in Sankt Johann angestellt, deren wichtigsten Ergebnisse sich in obiger Broschüre finden. 60 % der Alpha-Säuren wurden in Form von Pellets zu Kochbeginn, 40 % in den Whirlpool dosiert. Die Versuchsbiere sollten ca. 25 Bittereinheiten enthalten. Aroma- und Bittersorten wurden gleich dosiert. Das Vergleichsbier war mit einem neutralen CO₂-Extrakt der Sorte Hallertauer Magnum in einer Gabe zu Kochbeginn gehopft.

Tabelle 10 gibt einige Analysenresultate wieder, nämlich Iso-Alpha-Säuren, Bittereinheiten, Isoxanthohumol- und Linaloolgehalt, sowie Gesamtpolyphenole. Festgehalten werden sollen die folgenden Beobachtungen:

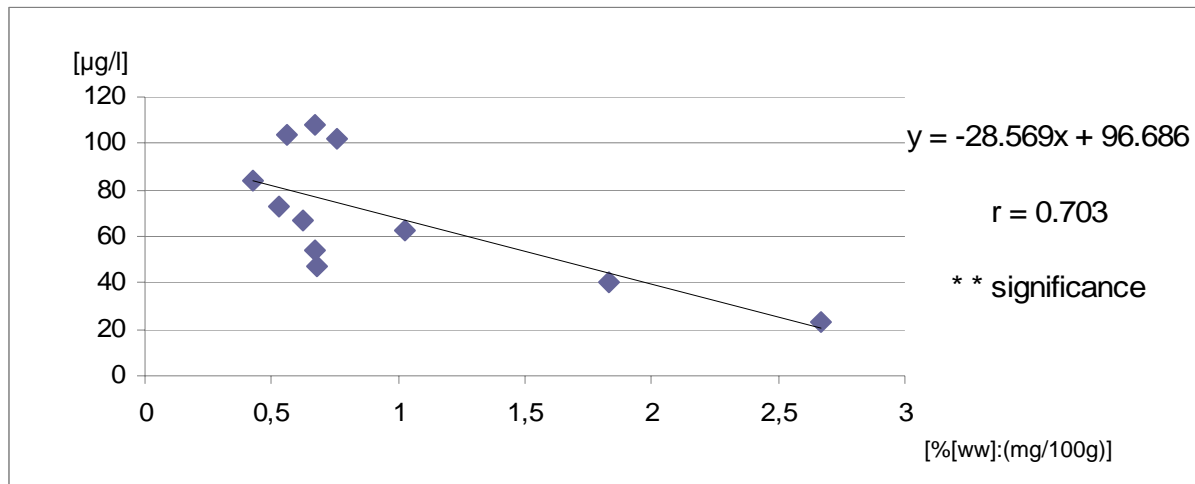
Tabelle 10: Analysendaten der Biere

1) IX=Isoxanthohumol, 2) Unspezifische Methode

Sorte	Iso- α -Säuren mg/l	Bitter- einheiten	IX 1) mg/l	Linalool μ g/l	Polyphenole 2) mg/l
Tettnanger	21,9	25	0,73	54	251
Hallertauer mfr.	22,5	28	0,62	84	247
Hersbrucker	21,8	26	0,49	104	272
Hall. Tradition	22,5	24	0,51	47	208
Saphir	21,0	28	0,85	108	283
Select	23,0	24	0,72	73	264
Smaragd	21,0	23	0,51	102	205
Opal	20,5	23	0,47	67	172
Taurus	18,5	20	0,62	63	179
Herkules	21,4	22	0,49	23	165
Vergleichsbier	26,1	25	nn	Spur	159

- Die Differenz zwischen Bittereinheiten und Iso-Alpha-Säuren beträgt bei den 8 Aromasorten im Schnitt + 16 %, bei den beiden Bitterhopfen lediglich + 5 %. Während bei den Pelletbieren mit 2 Hopfengaben also höhere Bittereinheiten als bei Iso-Alpha-Säuren entstehen, weist das Magnum-Extraktbier eine umgekehrte Relation auf. Pellets und besondere Aromapellets bringen folglich Komponenten ins Bier ein, die man als Begleitbitterstoffe bezeichnen könnte.
- Bekanntermaßen wird mit Hopfen dosiertes Xanthohumol beim Würzekochen – ähnlich den Alpha-Säuren – isomerisiert. Die Isoxanthohumolwerte liegen in den 8 Aromahopfenbieren bei 0,61 mg/l im Schnitt, in den 2 Bitterhopfenbieren bei 0,56 mg/l. Dieser Unterschied ist geringer als man ihn aus den dosierten Xanthohumolmengen erwartet hätte.
- Die Linaloolwerte in den Bieren korrelieren im begrenzten Umfang mit der Dosage. In Abb. 1 ist der Zusammenhang zwischen dem Verhältnis Humulon : Linalool (siehe Tabelle 6) mit dem Linalool im Bier aufgezeigt, woraus eine 2-Stern-Signifikanz resultiert.
- Die Polyphenole im Bier wurden mit der eingangs erwähnten unspezifischen Methode ermittelt. Gegenüber dem Magnum-Vergleichsbier können die Anstiege der Polyphenole bei den Aromahopfenbieren mit durchschnittlich 50 % relativ, bei den beiden Bitterhopfenbieren mit nur 9 % festgehalten werden. Gerade mit Aromasorten läßt sich der polyphenolische Charakter eines Bieres wirkungsvoll betonen.
- Der Isocohumulonanteil der Biere liegt um durchschnittlich 6 % über dem Cohumulonanteil der Hopfen, wofür die gegenüber n- und Adisohumulon bessere Löslichkeit verantwortlich ist.

Abb. 1: Linalool in Bier (µg/l) in Abhängigkeit des Verhältnisses Alpha-Säuren:Linalool in Hopfen (Gew-%:mg/100g)



Die Biere wurden von einem umfangreichen Verkostungspanel sensorisch bewertet. Zwangsläufig mussten die Biere in vier Sitzungen getestet werden, die Verkosterzahl schwankte zwischen 22 und 28 Teilnehmern. Von Interesse sind hier nur die mit der Hopfung zusammenhängenden Resultate.

Die Teilnehmer wurden nach 5 spezifischen Eindrücken befragt und zwar hopfig, fruchtig, blumig, citrus-artig und grün-grasig. Die Intensität dieser 5 Eindrücke mußte sowohl im Geruch als auch im Trunk von 0 (= nicht wahrnehmbar) bis 7 (= deutlich wahrnehmbar) eingestuft werden. In der CMA-Sortenmappe sind für die fünf Merkmale die durchschnittlichen Intensitätswerte getrennt für Geruch und Trunk in Spinnendiagrammen dargestellt. Zum leichteren Vergleich sind für Geruch und Trunk gemittelt die Punkte in Tabelle 11 aufgelistet. Die neuen Aromasorten Saphir, Select und Opal sind in den Merkmalen hopfig und fruchtig den klassischen Aromahopfen etwas überlegen. Besonders sticht die Sorte Saphir heraus, die in allen Kriterien einen Spitzenplatz einnimmt. Die Darstellung zeigt aber auch, dass mit verschiedenen Sorten individuelle Ziele verfolgt werden können. Hier soll die Neugierde des Brauers geweckt werden.

Tabelle 11: Spezifische sensorische Eindrücke der Biere; Bewertung von 0 (nicht wahrnehmbar) bis 7 (deutlich wahrnehmbar); Durchschnitt aus Geruch und Trunk

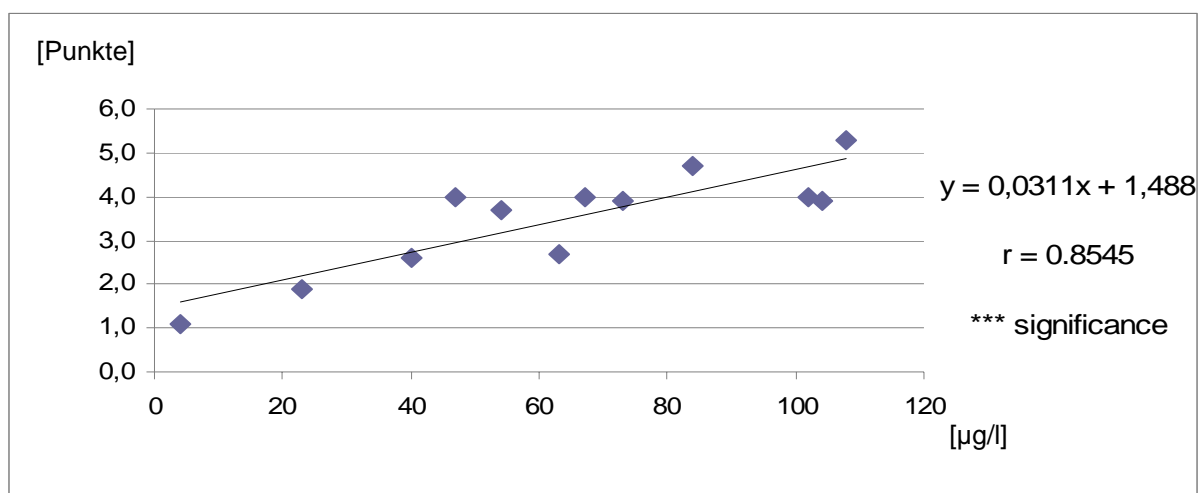
Sorte	hopfig hoppy	fruchtig fruity	blumig floral	citrus citrusy	grün-grasig herbal
Tettninger	5,0	4,3	3,0	3,3	3,0
Hallertauer mfr.	5,3	4,8	5,8	2,8	2,8
Hersbrucker	5,3	4,0	4,3	2,8	3,0
Hall. Tradition	5,0	4,0	4,3	1,8	5,0
Saphir	6,5	6,3	6,3	3,5	3,8
Select	5,8	4,8	3,8	2,8	2,5
Smaragd	5,0	5,0	4,0	2,3	3,8
Opal	5,8	4,8	3,8	2,8	2,5
Taurus	4,3	3,3	2,0	2,0	2,0
Herkules	4,5	3,5	3,3	1,8	1,5
Vergleichsbier	2,2	1,7	0,5	0,5	0,4

Tabelle 12 enthält für die 8 Aroma-, 2 Bitterhopfenbiere und das Vergleichsbier den Durchschnitt aller 5 sensorischen Merkmale. Interessant ist die Korrelationsrechnung zwischen der Intensität aller sensorischer Eindrücke (Punkte) und dem Linaloolgehalt in den Bieren ($\mu\text{g/l}$). Die 3-Stern-Signifikanz belegt hier den klaren Zusammenhang (siehe Abb. 2)

Tabelle 12: Durchschnitt aller sensorischen Eindrücke der Biere sowie Harmonie der Bittere von 0 (unharmonisch) bis 10 (sehr harmonisch)

Sorte	Intensität der Sensorik	Harmonie der Bittere
Tettnanger	3,7	6,8
Hallertauer mfr.	4,7	8,1
Hersbrucker	3,9	7,7
Hall. Tradition	4,0	6,8
Saphir	5,3	8,2
Select	3,9	8,0
Smaragd	4,0	7,0
Opal	4,0	7,0
Taurus	2,7	6,0
Herkules	1,9	7,0
Vergleichsbier	1,1	6,3

Abb. 2: Intensität der Geschmackseindrücke (Punkte) in Abhängigkeit des Linaloolgehaltes in Bier ($\mu\text{g/l}$)



Die Verkoster wurden auch nach der Bittere befragt. Auf einer Skala von 1 bis 10 mussten Angaben zur Intensität und Harmonie der Bittere abgegeben werden. Gerade die Harmonie der Bittere ist ein wichtiges Kriterium, das den Genusswert und die Drinkability eines Bieres positiv beeinflusst. Hier lassen sich folgende Feststellungen ableiten:

- Die Harmonie der Bittere beträgt beim Vergleichsbiers 6.3 und steigt über 6.5 bei den beiden Bitterpelletbieren auf 7.5 im Schnitt der 8 Aromapelletbiere.
- Die Harmonie kann gegen den Co-Isohumulonanteil der Biere verrechnet werden (Abb. 3). Immerhin resultiert eine 1-Stern-Signifikanz. Das ist angesichts der Verkostungssystematik (wechselnde Probanden an mehreren Sitzungen) doch ein wertvoller Hinweis dafür, dass dem Cohumulonanteil von Hopfensorten eine sensorische Bedeutung zukommen kann.
- Die Differenz zwischen Bittereinheiten und Iso-Alpha-Säuren ist ein Maß für Begleitbitterstoffe im Bier. Bei den Aromabieren betrug die Differenz 16 % relativ, bei den Bitterbieren lediglich 5 %. Eine Verrechnung des Wertes gegen das Verhältnis von Humulon : Lupulon in den einzelnen Hopfensorten ergibt einen mit zwei Sternen gesicherten Zusammenhang (Abb. 4) . Interessant ist nun die Frage, ob diese Begleitbitterstoffe einen Einfluß auf die Harmonie der Bittere ausüben vermögen. Abb. 5 zeigt die entsprechende Korrelation, die diesen Zusammenhang mit einer 2-Sterne-Signifikanz belegt.

Abb. 3: Harmonie der Bierbittere (Punkte) in Abhängigkeit des Cohumulonanteils (%relativ)

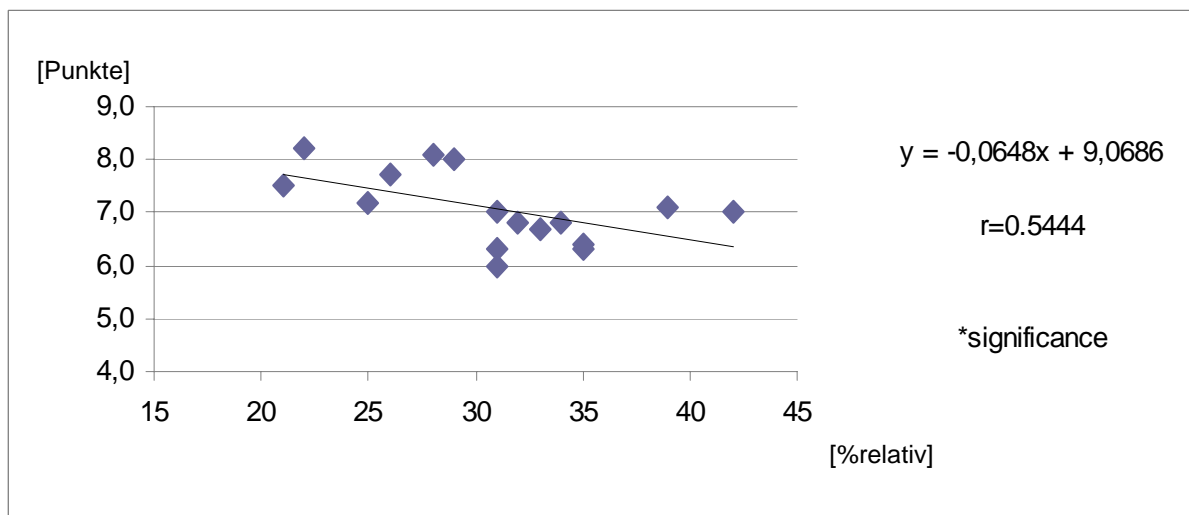


Abb. 4: Verhältnis der Bittereinheiten zu Iso-Alpha-Säuren (%relativ) in Abhängigkeit des Verhältnisses von Alpha- zu Beta-Säuren

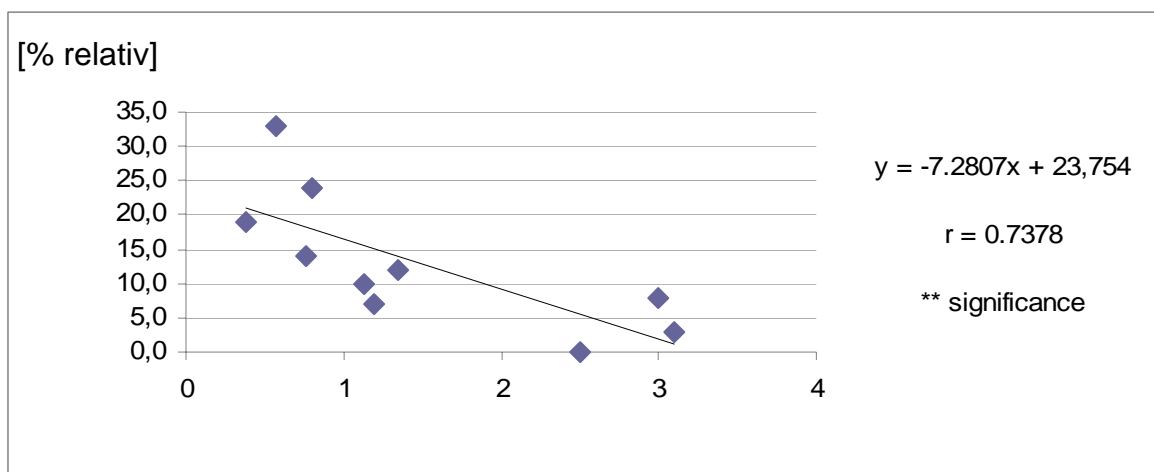
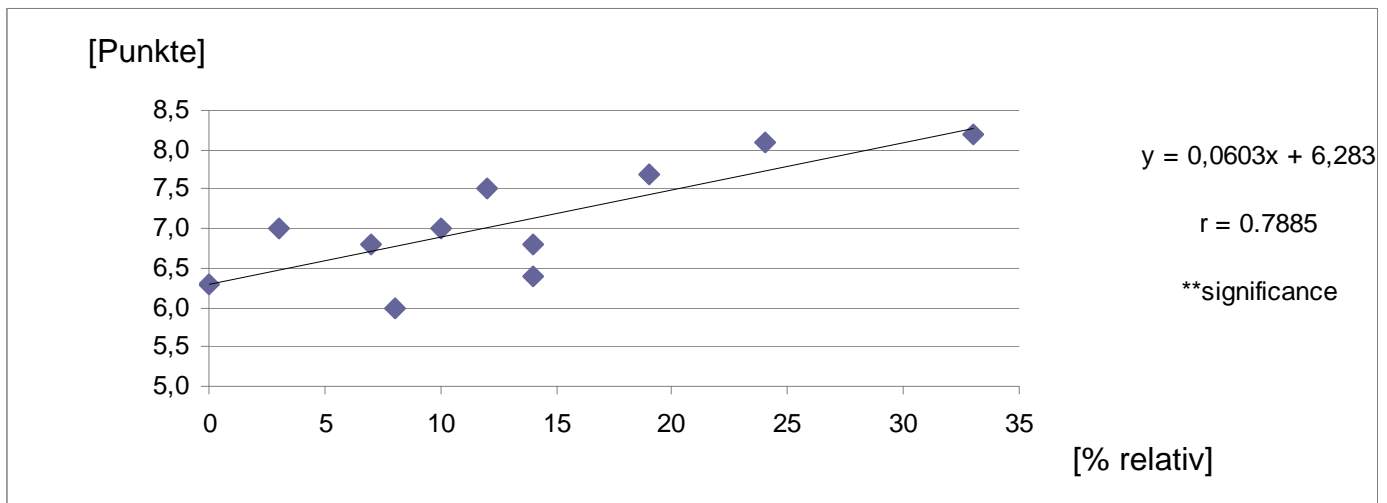


Abb. 5: Harmonie der Bierbittere (Punkte) in Abhängigkeit des Verhältnisses der Bittereinheiten zu Iso-Alpha-Säuren (%relativ)



Für die CMA-Biere sollen einige wichtige Ergebnisse festgehalten werden. Analytisch bestehen folgende Zusammenhänge:

- Dosiertes Linalool wirkt sich klar auf die Linaloolmenge im Bier aus.
- Logisch ist, dass mit Aromahopfen mehr Polyphenole dosiert werden und damit höhere Polyphenolmengen im Bier resultieren.
- Je weniger Hopfensorten Alpha-betont sind, also die Relation Alpha:Beta sinkt, desto mehr Begleitbitterstoffe im Bier finden sich.

Die wesentlichsten sensorischen Ergebnisse sind:

- Mit Aromasorten lassen sich intensivere Geruchs- und Geschmacksnoten erzielen als mit Bitterhopfen. Diese Noten unterscheiden sich je nach Sorte. Neue Zuchtsorten bieten interessante Ansatzpunkte.
- Die Intensität der Geschmacksnoten hopfig, fruchtig und blumig nimmt mit der im Bier nachgewiesenen Linaloolmenge zu.
- Die Harmonie der Bittere verbessert sich, wenn mehr Begleitbitterstoffe (BU minus Iso-Alpha) im Bier sind. Letztere nehmen mit niedrigeren Alpha:Beta-Verhältnissen zu, also mit der Verwendung von Aromahopfen.
- Die Harmonie der Bittere nimmt zu, wenn der Anteil an Co-Isohumulon sinkt. Da Co-Isohumulon zudem eine geringere Schaum- und Lagerstabilität im Bier aufweist, ist ein niedriger Cohumulonanteil in Hopfensorten vorteilhaft.

Zusammenfassung

Die Fortschritte in der Züchtung von Hopfensorten sind seit geraumer Zeit offensichtlich. Waren die Anstrengungen zunächst auf Hochalphahopfen konzentriert, gelangten in den letzten Jahren vermehrt neue Aromasorten auf den Markt. Um die Übersicht zu erleichtern, stellt dieser Beitrag zunächst einen Vorschlag vor, um Hopfen zu bewerten. 3 Kriterien sind von Bedeutung:

- Ertrag (kg/ha) und für viele Brauer der Alpha-Ertrag (kg Alpha/ha) entscheiden über die Wirtschaftlichkeit einer Sorte.
- Ökologisch ideal wäre es, Hopfen ohne Pflanzenschutzmittel anzubauen, was derzeit nicht realistisch ist. Hopfensorten unterscheiden sich trotzdem im Umfang von Resistenzen gegen Krankheiten, was zu einer ökologischen Bewertung führt.
- Eine qualitative Einstufung ist angesichts von vielen 100 Analysenzahlen schwierig. Vier Stoffgruppen werden hier einbezogen:
 1. Bitterstoffe mit den Merkmalen Cohumulonanteil und dem Verhältnis Alpha- zu Beta-Säuren.
 2. Aromastoffe mit den positiven Merkmalen Linaloolgehalt und Sesquiterpenanteil sowie dem negativen Merkmal dreier Ester.
 3. Niedermolekulare Polyphenole als Gesamtmenge und der Relation Alpha:Polyphenole.
 4. Prenylflavonoide (Xanthohumol) und dem Verhältnis Alpha:Xanthohumol. Niedrige Relationen betonen den polyphenolischen Charakter von Hopfensorten.

Aus den 4 Merkmalen leitet sich eine Gesamtpunktzahl für Qualität ab. Neue deutsche Aromazüchtungen sind Saphir, Select, Smaragd und Opal. Sie werden verglichen mit klassischen Aromasorten Tettnanger, Hallertauer mfr und Hersbrucker sowie der bereits seit mehr als 10 Jahren etablierten Zuchtsorte Hallertauer Tradition.

In Ertrag und Krankheitsanfälligkeit sind die Zuchtsorten den alten Sorten deutlich überlegen. Aber auch qualitativ können Sorten wie Saphir und Select die klassischen Aromahopfen übertreffen. Die Sorten Smaragd und Opal weisen bei der sensorischen Prüfung interessante und individuelle Geruchsnoten auf.

Ergänzt wird das Bild durch die beiden neueren Hoch-Alpha-Bittersorten Taurus und Herkules mit beachtenswerten Leistungen.

Im zweiten Teil des Beitrages werden die Ergebnisse von Brauversuchen mit den 8 Aroma- und 2 Bittersorten etwas näher beleuchtet. In der CMA-Sortenmappe befinden sich wesentliche Analysendaten und sensorische Ergebnisse, die individuelle Unterschiede aufzeigen. Folgende Korrelationen mit 1 – bis 3 – Stern - Signifikanzen können abgeleitet werden:

- Linalool- und Polyphenolgehalte der Biere entsprechen den mit einer Hopfensorte dosierten Mengen
- Je mehr Linalool in einem Bier ist, desto ausgeprägter sind Geschmackseindrücke wie hopfig, blumig oder fruchtig.
- Die Differenz von Bittereinheit (IBU) und spezifischen Iso-Alpha-Säuren nimmt mit sinkenden Alpha:Beta-Säurenverhältnis zu. Je geringer also der Alpha-Charakter einer Hopfensorte ausgeprägt ist, desto mehr Begleitbitterstoffe sind im Bier zu finden.

- Je höher die Differenz IBU minus Iso-Alpha-Säuren liegt, desto harmonischer wirkt die Bierbittere.
- Je tiefer die Iso-Cohumulonwerte sind, desto höher liegen die Harmoniepunkte für die Bierbittere. Ein niedriger Cohumulonwert im Hopfen führt somit zu einer Verbesserung der Harmonie der Bittere, sowie der Schaum- und Lagerstabilität von Bieren.

Alle genannten Beobachtungen lassen den Schluß zu, dass Aromahopfen und gerade auch die neuen Züchtungen die Bierqualität verbessern.

Einer höheren Bierqualität beim Einsatz von Aromahopfen in späteren Hopfengaben steht ein entsprechender Mehraufwand gegenüber, der bis zum mehrfachen derjenigen Hopfenmenge betragen kann, die mit Hochalphahopfen nur zu Kochbeginn bei gleicher Bierbittere benötigt wird.