

Mögliche Umweltkontaminanten im Hopfen

VERUNREINIGUNGEN | Zu den unerwünschten Stoffen im Hopfen gehören umweltbedingte Verunreinigungen wie z. B. Schadmetalle, Dioxine, polychlorierte Biphenyle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Mykotoxine und Radionuklide. In der vorliegenden Übersicht werden aktuelle Daten zu den genannten Kontaminanten im Hopfen präsentiert und bewertet.

NEBEN WASSER UND MALZ spielt der Rohstoff Hopfen im Brauprozess eine bedeutende Rolle. Seine besonderen Bestandteile verleihen dem Bier die gewünschte Bittere, das charakteristische Aroma und tragen positiv zur Haltbarkeit sowie zur Schaumstabilität bei. Er wird nach der Ernte zügig getrocknet und verarbeitet, um Qualitätseinbußen zu vermeiden. Während der gesamten Vegetation des Hopfens kann aber eine ungewollte Kontamination mit Schadstoffen durch Standort- und Umweltbedingungen oder später durch thermische

Reaktionsprodukte beim Trocknen erfolgen. Im Gegensatz zu den Rückständen an Pflanzenschutzmitteln, die in diesem Artikel nicht diskutiert werden (siehe dazu [1]), lassen sich derartige Umweltkontaminanten durch den Hopfenpflanzer nur wenig beeinflussen.

Ein sensibilisiertes Umwelt- und Gesundheitsbewusstsein der Verbraucher bei Lebensmitteln aller Art und der Wunsch nach schadstoffarmen sowie kontrollierten Rohstoffen macht eine genaue Kenntnis des Gehaltes an unerwünschten Stoffen notwendig.

Die Qualität des Hopfens wird vor seiner Vermarktung intensiv überprüft. Ein kontrollierter Vertragsanbau, aufwändige Qualitätskontrollen während des gesamten Verarbeitungsprozesses und anerkannte Qualitäts- und Umweltmanagementsysteme gewährleisten ein hohes Maß an Lebensmittelsicherheit.

Aus den Kontrollen verschiedenster Hopfensorten der Ernte 2012 im Rahmen eines von der „Arbeitsgruppe Hopfenanalytik“ (AHA) initiierten Screenings ergibt sich eine aktuelle Übersicht zu möglichen Umweltkontaminanten im Hopfen. Es ist eine konsequente Fortsetzung der Untersuchungen aus den Ernten 1995 und 2002 [2,3]. Dieser umfangreiche Datensatz erlaubt somit auch eine Bewertung der Schadstoffbelastung über einen langen Zeitraum von nahezu 20 Jahren. Darüber hinaus sind in den jetzigen Analysen noch mehr relevante Parameter berücksichtigt als in den bisherigen Screenings.



Autoren: Dr. Bernhard Ramsauer (Foto), Hopfenveredlung St. Johann GmbH & Co. KG, St. Johann; Roland Schmidt, Nateco₂ GmbH & Co. KG, Wolnzach; Dr. Martin Biendl, HHV GmbH, Mainburg, im Auftrag der Arbeitsgruppe Hopfenanalyse (AHA)

Neben den Angaben zu verschiedenen Schadmetallen (Screening 1995 und 2002), Radionukliden und Mykotoxinen (Screening 2002), berücksichtigt das aktuelle Screening erstmals auch Analysen auf polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) sowie polychlorierte Biphenyle (PCB).

■ Probenmaterial

Die untersuchten Hopfen wurden aus Pflanzler-Partien der Handelsfirmen HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft e.G., Wolnzach, Joh. Barth & Sohn GmbH & Co. KG, Nürnberg, und Simon H. Steiner, Hopfen, GmbH, Mainburg, zu Lots zusammengestellt, die jeweils eine Hopfenmenge von rund 25 t repräsentierten.

Elf der analysierten Hopfenproben stammen aus dem Anbaugebiet Hallertau (H). Daneben wurden noch neun weitere Partien beprobt, die aus den anderen deutschen Anbaugebieten – Elbe-Saale (E), Tettwang (T), Spalt (S) – stammen, sowie aus Slowenien (SI), Tschechien (CZ) und Polen (PL).

Diese insgesamt 20 Proben wurden alle auf Metalle analysiert. Umfangreichere Untersuchungen auf zusätzliche Parameter wurden an vier ausgewählten Hopfenlots aus Deutschland durchgeführt. An der TU München-Weihenstephan erfolgten die Untersuchungen auf Metalle (BLQ) und Mykotoxine (ZIEL), beim Institut Fresenius, Taunusstein, auf Radionuklide, bei der PhytoLab GmbH & Co. KG, Vestenbergsgreuth, auf PAK sowie bei der Sofia GmbH, Berlin, auf PCDD, PCDF und PCB.

■ Metalle

Seit der Industrialisierung ist der Mensch einer höheren Belastung an Schadstoffen ausgesetzt. Zu den am weitesten verbreiteten anorganischen Kontaminanten in Lebensmitteln zählen die Schwermetalle (Farb- und Rostschutzmittel, Verwendung

EINZELERGEBNISSE DER METALLGEHALTE (MG/KG)

Anbaugbiet und Sorte	As	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mo	Ni	Hg	Se
H Herkules	<0,04	0,08	<0,04	0,10	<0,4	89	<0,4	1,92	<0,01	<0,04
H Magnum	<0,04	0,06	<0,04	0,14	<0,4	107	<0,4	1,06	<0,01	<0,04
H Nugget	<0,04	0,06	<0,04	0,10	<0,4	105	<0,4	1,32	<0,01	<0,04
H Taurus	0,05	0,11	<0,04	0,19	<0,4	126	<0,4	1,46	<0,01	<0,04
H Tradition	0,05	0,13	<0,04	0,17	<0,4	129	<0,4	1,18	<0,01	<0,04
H Hallertauer	0,05	0,19	<0,04	0,16	<0,4	159	<0,4	1,29	<0,01	<0,04
H Hersbrucker Spät	0,05	0,20	<0,04	0,33	<0,4	130	<0,4	1,95	<0,01	<0,04
H Northern Brewer	0,05	0,14	<0,04	0,29	<0,4	113	<0,4	1,08	<0,01	<0,04
H Perle	<0,04	0,09	<0,04	0,27	<0,4	99	<0,4	0,86	<0,01	<0,04
H Spalter Select	0,05	0,19	<0,04	0,15	<0,4	151	<0,4	1,02	<0,01	<0,04
H Saphir	0,08	0,23	<0,04	0,27	<0,4	198	<0,4	1,23	<0,01	<0,04
E Magnum	<0,04	0,12	<0,04	0,09	<0,4	120	<0,4	1,67	<0,01	<0,04
E Herkules	<0,04	0,09	<0,04	0,11	<0,4	77	<0,4	1,53	<0,01	<0,04
S Spalter	0,05	0,14	<0,04	0,14	<0,4	98	<0,4	0,85	<0,01	<0,04
T Hallertauer	<0,04	0,14	<0,04	0,13	<0,4	114	<0,4	1,28	0,01	<0,04
T Tettnanger	<0,04	0,11	<0,04	0,15	<0,4	85	<0,4	1,33	<0,01	<0,04
CZ Saazer	0,08	0,19	<0,04	0,20	<0,4	150	<0,4	0,90	<0,01	<0,04
PL Lubliner	<0,04	0,23	<0,04	0,23	<0,4	78	<0,4	0,78	<0,01	<0,04
SI Aurora	<0,04	0,17	<0,04	0,04	<0,4	95	0,42	0,72	<0,01	<0,04
SI Golding	<0,04	0,16	<0,04	0,06	<0,4	94	<0,4	1,19	<0,01	<0,04

Tab. 1 H = Hallertau E = Elbe-Saale S = Spalt T = Tettnang CZ = Tschechien PL = Polen SI = Slowenien

VERGLEICH DER SCREENING-RESULTATE AN METALLGEHALTEN AUS DEN ERNTEJAHREN 2012, 2002 UND 1995 (ANALYSENERGEBNISSE IN MG/KG)

Ernte	As	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mo	Ni	Hg	Se
2012 Ø	0,048	0,142	<0,04	0,166	<0,4	116	<0,4	1,231	<0,01	<0,04
2012 Minimum	<0,04	0,06	<0,04	0,04	<0,4	77	<0,4	0,72	<0,01	<0,04
2012 Maximum	0,08	0,23	<0,04	0,33	<0,4	198	0,42	1,95	0,01	<0,04
2012 „sR“	0,012	0,052	*)	0,079	*)	30,7	*)	0,348	*)	*)
2012 „vkR“	25,4%	37,1%	*)	47,4%	*)	26,5%	*)	28,3%	*)	*)
2002 Ø	0,034	0,219	<0,01	0,230	0,060	106	0,168	1,860	0,035	0,033
2002 Minimum	0,02	0,05	<0,01	0,14	0,01	64	0,08	0,94	0,02	0,01
2002 Maximum	0,07	0,57	<0,01	0,41	0,14	194	0,40	3,40	0,05	0,05
2002 „sR“	0,014	0,114	*)	0,068	0,028	31,7	0,087	0,630	0,021	0,012
2002 „vkR“	42,2%	51,8%	*)	29,6%	46,6%	29,9%	51,7%	33,9%	60,6%	36,5%
1995 Ø	0,070	0,340	0,014	0,350	<0,1	n.a.	n.a.	1,620	0,050	<0,05
1995 Minimum	0,03	0,17	0,01	0,16	<0,1	n.a.	n.a.	1,01	<0,02	<0,05
1995 Maximum	0,22	0,52	0,031	0,84	<0,1	n.a.	n.a.	2,49	0,07	<0,05
1995 „sR“	0,04	0,08	0,01	0,12	*)	*)	*)	0,41	0,01	*)
1995 „vkR“	61,40%	24,70%	38,40%	34,90%	*)	*)	*)	25,30%	25,90%	*)

Tab. 2 n.a. = nicht analysiert *) nicht auswertbar

THEORETISCHER EINTRAG DURCH HOPFEN INS BIER IN RELATION ZU DEN GRENZWERTEN AUS DER DEUTSCHEN TRINKWASSERVERORDNUNG (MG/L)

A	As	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mo	Ni	Hg	Se
B	0,000048	0,000142	< 0,00004	0,000166	< 0,0004	0,116	< 0,0004	0,001231	< 0,00001	< 0,00004
C	0,01	0,01	0,003	0,05	*)	0,2	*)	0,02	0,001	0,01
D	210,6	70,8	> 75	301,2	–	1,7	–	16,2	> 100	> 250

Tab. 3 A = untersuchtes Metall B = Eintrag von A (Durchschnittswerte 2012 aus Tabelle 2) in mg/L bei einer Hopfengabe von 100 g/hl Bier C = Grenzwert Trinkwasserverordnung D = Faktor TrinkwV: Hopfeneintrag *) kein Grenzwert in TrinkwV

von Klärschlamm, Verbrennung von fossilen Rohstoffen).

Zur Klärung der Begrifflichkeit sei darauf hingewiesen, dass die Bezeichnung Schwermetall per Definition nicht mit einer Gesundheitsgefährdung in Zusammenhang steht. Schwermetalle sind rein über deren Stoffdichte definiert. Wenn eine gesundheitliche Gefährdung bekannt ist, spricht man besser von Schadmetallen. Dazu zählen zum Beispiel die Schwermetalle Blei (Pb), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg) und das Halbmetall Arsen (As).

Die Einzelergebnisse aus dem Screening der Ernte 2012 für die genannten Schadmetalle sowie für die Metalle Chrom (Cr), Cobalt (Co), Eisen (Fe), Molybdän (Mo), Nickel (Ni) und das Halbmetall Selen (Se) sind in Tabelle 1 dargestellt. Die ermittelten Konzentrationen beziehen sich auf handelsüblichen (getrockneten) Hopfen. Für die Ernte 2012, 2002 und 1995 wird in Tabelle 2 jeweils eine Übersicht mit den jährlichen Mittelwerten sowie den Minimal- und Maximalgehalten inklusive statistischer Kennzahlen präsentiert.

Bei Betrachtung aller Einzelergebnisse (Tab. 1) ergeben sich bei den Metallgehalten keine auffälligen Schwankungen zwischen den einzelnen Sorten. Diese Beobachtung deckt sich mit den bisherigen Kontaminanten-Screenings. Es liegt also kein erkennbarer Zusammenhang zwischen Hopfenanbaugbiet/-sorte und den gemessenen Metallgehalten vor. Das Fehlen von Ausreißern deutet darauf hin, dass in keiner Region eine besonders hohe Belastung mit Schwermetallen unterschiedlicher Herkunft herrscht.

Bei der Gegenüberstellung aller Resultate aus den Jahren 1995, 2002 und 2012 in Tabelle 2 fällt vor allem eine kontinuierliche Abnahme der Gehalte an Blei, Chrom und Quecksilber auf. Für Blei kann man dies u. a. auf die Einführung von bleifreiem Kraftstoff zurückführen. Allgemein lässt sich die re-

duzierte Belastung mit einem zunehmenden Verzicht auf Klärschlammdüngung erklären.

Für die Beurteilung der Ergebnisse dient ein Bezug zu den gesetzlichen Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Es wird eine übliche Hopfengabe von durchschnittlich 100 g Hopfen pro hl Bier zugrunde gelegt. Dies entspricht einem Verdünnungsfaktor von 0,001. Der daraus bei einem hundertprozentigen Transfer resultierende Metallgehalt im Bier (mg/l) ist in Tabelle 3 ebenso angegeben wie das Verhältnis zum Grenzwert aus der TrinkwV. Die vom Hopfen stammenden theoretisch möglichen Maximalkonzentrationen von Metallen im Bier sind um den Faktor 1,7 bis über 300 geringer als die erlaubten Höchstwerte der TrinkwV [4].

■ Mykotoxine und Radionuklide

Die bekanntesten in Lebensmitteln vorkommenden Schimmelpilzgifte sind Aflatoxine und Ochratoxin A. Die stark lebertoxisch und kanzerogen wirkenden Aflatoxine unterteilt man aufgrund ihrer blauen bzw. grünen Fluoreszenz in die Gruppen B und G. Für Lebensmittel und Rohwaren sind in der EU Höchstgehalte festgesetzt sowohl für die Summe an Aflatoxinen $B_1+B_2+G_1+G_2$ als auch für das Aflatoxin mit der höchsten Toxizität, Aflatoxin B_1 [5].

Bezogen auf den Hopfen gibt es keine vorgeschriebenen Höchstwerte. Wegen seiner antimikrobiellen Wirkung reduziert sich das Risiko eines Pilzbefalls bekanntermaßen. Zur Bestätigung sind in Tabelle 4 die Ergebnisse der Analysen von vier ausgewählten Hopfenlots auf Aflatoxine $B_1+B_2+G_1+G_2$ und Ochratoxin A präsentiert. In keiner Probe konnten Konzentrationen an Aflatoxinen $B_1+B_2+G_1+G_2$ und Ochratoxin A detektiert werden, die oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze von 0,3 bzw. 0,5 µg/kg lagen.

Neben dem Hauptanteil an natürlicher Radioaktivität (v. a. Kalium-40) haben auch künstlich erzeugte Radionuklide aus den oberirdischen Kernwaffentests und dem Reaktorunglück von Tschernobyl 1986 praktische Bedeutung für die Belastung des Menschen. Vor allem die Spaltprodukte Cäsium-134 und Cäsium-137 treten seit dem Unglück verstärkt auf. Erschreckende Aktualität hat diese Art der Kontamination plötzlich wieder nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima 2011 erhalten. Um die Sicherheit von Nahrungsmitteln bei der Einfuhr aus Drittländern zu gewährleisten, sind europaweit einheitliche Grenzwerte für Radioaktivität festgesetzt [6].

Aus Tabelle 4 geht eindeutig hervor, dass vom Hopfen sowohl bezüglich der betrachteten Mykotoxine als auch der Gehalte an Cäsium-134 und Cäsium-137 keine Gefährdung ausgeht. Der theoretische Eintrag durch Hopfen ins Bier wäre um mehrere Größenordnungen geringer als zulässig. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen des Hopfenscreenings aus dem Jahr 2002 und den Betrachtungen von Biendl [7] überein und erlaubt diesbezüglich den uneingeschränkten Gebrauch von Hopfen und Hopfenprodukten.

■ Dioxine und PCB

Dioxine sind hochgiftige Verbindungen, die sich in zwei Klassen unterschiedlicher polychlorierter Kongenere unterteilen. Insgesamt existieren 75 PCDD- und 135 PCDF-Stammverbindungen mit ähnlichen Eigenschaften. Sie entstehen hauptsächlich als unerwünschte Nebenprodukte von Verbrennungsprozessen, wohingegen die dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle (PCB) für verschiedene Anwendungen speziell hergestellt wurden (Weichmacher in Lacken und Kunststoffen, elektrische Kondensatoren und Transformatoren). Über Abwässer gelangten diese Stoffe in die Nahrungskette und können heute ubiquitär

RESULTATE DER MYKOTOXIN- UND RADIONUKLIDBESTIMMUNGEN

Anbaugbiet und Sorte	Mykotoxine					Radionuklide	
	Aflatoxin B ₁ µg/kg	Aflatoxin B ₂ µg/kg	Aflatoxin G ₁ µg/kg	Aflatoxin G ₂ µg/kg	Ochratoxin A µg/kg	Cäsium 137 Bq/kg	Cäsium 134 Bq/kg
H Herkules	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 3	< 3
E Magnum	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 3	< 3
T Tettnanger	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 3	< 3
H Perle	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 3	< 3

Tab. 4 Nachweisgrenze Mykotoxine < 0,3 bzw. < 0,5 Bestimmungsgrenze Radionuklide < 3
EU-Grenzwerte für direkt verzehrte Lebensmittel: 2,0 (Aflatoxin B₁) bzw. 4,0 (B₁+B₂+G₁+G₂); 2,0 (Ochratoxin A); 10 (Radiocäsium)

RÜCKSTANDSANALYSE VON DIOXINEN UND POLYCHLORIERTEN BIPHENYLEN

Anbaugbiet und Sorte	H Herkules	E Magnum	T Tettnanger	H Perle	Höchstgehalt*
	TEQ (µg/g)				
WHO(2005)-PCDD/F	0,155	0,158	0,189	0,162	4,0
WHO(2005)-PCB	0,087	0,104	0,098	0,105	-
WHO(2005)-PCDD/F + PCB	0,242	0,262	0,287	0,267	8,0

Tab. 5 PCDD = polychlorierte Dibenzodioxine PCDF = polychlorierte Dibenzofurane PCB = polychlorierte Biphenyle
* für Muskelfleisch von Fischen/Fischereierzeugnissen; Vergleich mit einem direkt verzehrten Lebensmittel

RÜCKSTANDSANALYSE VON POLYZYKLISCHEN AROMATISCHEN KOHLENWASSERSTOFFEN (PAK)

Anbaugbiet und Sorte	BG	H Herkules	E Magnum	T Tettnanger	H Perle
	µg/kg				
5-Methylchrysen	0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo(a)anthracen (PAK4)	0,2	n.n.	n.n.	0,3	n.n.
Benzo(a)pyren (PAK4)	0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo(b)fluoranthren (PAK4)	0,2	0,5	0,5	0,8	0,5
Benzo(c)fluoren	0,2	0,3	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo(g,h,i)perylen	0,2	0,3	0,6	0,7	0,3
Benzo(j)fluoranthren	0,2	n.n.	0,3	0,3	n.n.
Benzo(k)fluoranthren	0,2	n.n.	n.n.	0,2	n.n.
Chrysen (PAK4)	0,3	0,4	0,4	0,7	0,5
Cyclopenta(cd)pyren	0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dibenzo(a,e)pyren	0,4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dibenzo(a,h)anthracen	0,3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dibenzo(a,h)pyren	0,5	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dibenzo(a,i)pyren	0,4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dibenzo(a,l)pyren	0,4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,6	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PAK4		0,9	0,9	1,8	1,0

Tab. 6 BG = Bestimmungsgrenze
PAK4 = Summe von Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren und Chrysen strenger EU-Höchstgehalt (Säuglingsnahrung): BaP = 1,0; PAK4 = 1,0

nachgewiesen werden. Die unterschiedliche Giftigkeit der Dioxine und PCB werden von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in Form von Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) ausgedrückt. Die Toxizität des giftigsten bekannten Dioxins wird mit 1 bewertet („Seveso-Gift“). Ausgehend davon kann die Toxizität von Gemischen in Form von Dioxinäquivalenten (TEQ) zusammengefasst werden.

Die Konzentrationen an Dioxinen in Lebens- und Futtermitteln unterliegen strengen Vorschriften. Für eine aktuelle Bewertung wurden die vier ausgewählten Hopfenlots auf 17 PCDD/F und 12 dioxinähnliche PCB untersucht. Die Summen von WHO-PCDD/F und WHO-PCDD/F-PCB sind analog zu den europaweit gültigen Höchstmengen [5] in Tabelle 5 als TEQ zusammengefasst.

Die untersuchten Proben aus drei verschiedenen Anbaugebieten zeigen ähnliche Ergebnisse, die alle deutlich unter den für verschiedene Lebensmittelerzeugnisse zulässigen Höchstgehalten liegen, z. B. für Muskelfleisch von Fischen und Fischereierzeugnissen. Bei einem Verdünnungsfaktor von 0,001 im Bier wird selbst der vorgesehene EU-Höchstwert für Säuglings- und Kleinkindernahrung von 0,2 pg/g weit unterschritten. Nach der vom wissenschaftlichen Ausschuss für Lebensmittel der EU-Kommission (SCF) festgelegten wöchentlichen tolerierbaren Aufnahmemenge von 14 pg WHO-TEQ pro Kilogramm Körpergewicht könnte eine Person mit 60 kg Körpergewicht lebenslang 840 pg Dioxine oder dioxinähnliche PCB wöchentlich aufnehmen, ohne gesundheitlichen Schaden zu nehmen [8].

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe PAK

Die Diskussion über die gesundheitsschädliche Wirkung von Acrylamid in stark erhitzten Lebensmitteln rückte die mögliche Bildung von prozessbedingten Schadstoffen (thermische Reaktionsprodukte) wie zum Beispiel PAK in den Fokus der Lebensmittelüberwachung. Deshalb wurde speziell der Gehalt an 16 verschiedenen Stoffen dieser Klasse in Hopfen analytisch untersucht. Aufgrund deren Entstehung aus der Verbrennung von kohlenstoffhaltiger Materie wie Erdöl oder Kohle sind PAK in der Umwelt weit verbreitet. Über Oberflächengewässer oder das Erdreich

können diese Verbindungen von Pflanzen aufgenommen werden. Auch durch direkte Trocknung über offener Flamme oder beim Räuchern können hohe Belastungen im Lebensmittel entstehen. Von den etwa 250 nachgewiesenen PAK gelten rund 25 Prozent als krebserregend.

Für die analytische Beurteilung der Belastung von Lebensmitteln wurde in der Vergangenheit ausschließlich Benzo(a)pyren (BaP) als Marker verwendet. Aus heutiger Sicht ist aber der Summenparameter PAK4 der folgenden vier Marker für die Indikation einer Lebensmittelbelastung vorzuziehen: BaP, Benzo(a)anthracen, Chrysen und Benzo(b)fluoranthen. Ihre Konzentration sollte so niedrig wie möglich gehalten werden (Höchstmengen-Regelung). Mit einer EU-Verordnung sind diesbezüglich neben BaP neue Höchstmengen für PAK4 veröffentlicht worden [9].

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich war der Marker BaP in keiner der vier Hopfenproben nachweisbar. Bei Verwendung von PAK4 als Summenparameter ergibt sich eine sehr geringe Belastung von maximal 1,8 µg/kg Rohhopfen, die z. B. deutlich unter dem Grenzwert für geräucherte, direkt verzehrbare Lebensmittel liegt. Sogar der strengste EU-Höchstgehalt für Säuglingsnahrung wird bei Hopfen als nicht direkt verzehrtes Lebensmittel nahezu eingehalten.

Die TrinkwV 2001 weist einen Grenzwert für BaP von 0,01 µg/l aus. Der theoretisch mögliche Eintrag von Hopfen ins Bier in Bezug auf diesen Grenzwert ist unter den gleichen Bedingungen wie die Metallgehalte berechnet. Demnach läge die Belastung des Bieres durch Hopfen mindestens um den Faktor 30 unterhalb des strengsten Höchstgehaltes der TrinkwV. Der Grenzwert des Summenparameters aus den Substanzen Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren beträgt laut TrinkwV 0,1 µg/l. Dieser ist um den Faktor 60 höher als der durch die Hopfung theoretisch mögliche Eintrag ins Bier.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Kontaminanten-Screenings aus den Jahren 1995 und 2002 den aktuellen Resultaten aus der Ernte 2012 gegenübergestellt und um Untersuchungen zusätzlicher unerwünschte Stoffe erweitert. Es ist festzustellen, dass erneut keine Hopfenproben mit Aflatoxinen B₁+B₂+G₁+G₂ sowie Ochra-

toxin A oder den Radionukliden Cs-134 und Cs-137 kontaminiert waren. Die Belastung mit Metallen ist weiterhin sehr niedrig und tendenziell rückläufig. Eine umfassende Übersicht weiterer nicht erwünschter Stoffe rundet dieses aktuelle Screening ab. Umweltrelevante Rückstände aus der Klasse der polychlorierten Dioxine und dioxinähnlichen polychlorierten Biphenyle sind im Hopfen ebenso als unbedenklich einzustufen wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Der für den Endverbraucher relevante Eintrag der untersuchten Kontaminanten ins Bier liegt zumeist weit unter den national oder europaweit festgelegten Grenzwerten der Trinkwasserverordnungen. ■

Literatur

1. Biendl, M.; Brunner, W.; Hörmansperger, L.; Schmidt, R.: Hopfen-Rundschau International 2012/2013, S. 8-18.
2. Forster, A.; Schmidt, R.; Senften, H.; Pfenninger, H.: Brauerei- und Getränke-rundschau 107, Nr. 6, 1996, S. 127-128.
3. Schmidt, R.; Anderegg, P.; Biendl, M.: „Umweltkontaminanten in Hopfen“, BRAUWELT 143, Nr. 45, 2003, S. 1493-1497.
4. Trinkwasserverordnung TrinkwV 2001, Art. 1 ÄndVO vom 5. Dezember 2012.
5. Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln, 19. Dezember 2006.
6. Verordnung (EG) Nr. 733/2008 des Rates über die Einfuhrbedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Ursprung in Drittländern nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl, 15. Juli 2008.
7. Biendl, M.: „Hopfenprodukte frei von Aflatoxinen und Ochratoxin A“, BRAUWELT 139, Nr. 35, 1999, S. 1558-1559.
8. Bundesinstitut für Risikobewertung, Geplanter EU-Höchstgehalt für Dioxine in Säuglings- und Kleinkindernahrung – Bewertung des Vorschlags des Diätverbandes, Stellungnahme Nr. 028/2011 des BfR vom 16. Dezember 2010.
9. Verordnung (EU) Nr. 835/2011 der Kommission zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 im Hinblick auf die Höchstgehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmitteln, 19. August 2011.