



Merkblatt

über die Vermeidung des Vorkommens von Hydroxymethylfurfural in Futtermitteln für Honigbienen

(Stand: 1. Juni 2018)

Merkblatt über die Vermeidung des Vorkommens von Hydroxymethylfurfural in Futtermitteln für Honigbienen

Hydroxymethylfurfural (HMF), auch 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyd, ist ein Abbauprodukt aus Einfachzuckern, insbesondere Fructose. HMF kommt in kohlenhydrathaltigen Lebens- und Futtermitteln vor, z. B. in Futterzuckern, die in der Winterfütterung von Honigbienen eingesetzt werden.

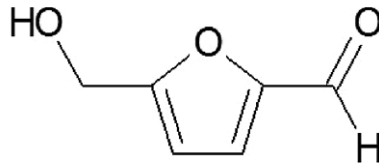


Abbildung I: Chemische Struktur von Hydroxymethylfurfuralⁱ

Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass erhöhte Gehalte an HMF für Honigbienen toxisch sind, besonders wenn eine lang andauernde Fütterungsperiode (Überwinterungszeit) eine langfristige Exposition mit HMF bedingt. Dieses Merkblatt zeigt Möglichkeiten auf, die Entstehung von HMF in industriell hergestellten Futtermitteln für Honigbienen bei der Herstellung, beim Transport sowie bei der Lagerung (beim Händler und Imker) zu minimieren.

1. Allgemeine Anforderungen an Futtermittel für Honigbienen

1.1. Grundlagen zu Futtermitteln für Honigbienen

Futtermittel für Honigbienen werden in der Regel für die Phase der Überwinterung eingesetzt, um den im Sommer entnommenen Honig durch ein äquivalentes Futter zu ersetzen. Honigbienen können nur Mono- und Disaccharide und in gewissen Mengen auch deren Metaboliten (z. B. Zitronensäure, Essigsäure) metabolisch gut nutzen. Asche, Oligosaccharide, Karamellisierungs-, Umwandlungs- und Zerfallsprodukte von Kohlenhydraten sind für den Honigbienenorganismus nicht nutzbar und ggf. schädlich. Ihre Aufnahme sollte daher möglichst gering gehalten werden. Andernfalls können diese Stoffe über den Kot zu einer Überlastung der Kotblasen der Honigbienen, bei ungünstigen Wetterbedingungen zu einem Abkoten im Honigbienenvolk und damit einhergehend ggf. zum Verlust des Volkes führen.

1.2. Anforderungen an Zuckersirup als Futtermittel für Honigbienen

Industriell hergestellte Futtersirupe für Honigbienen sollten folgende Anforderungen erfüllen¹⁾:

- **Geeignete Zuckerarten:** Sie müssen aus Sacchariden bestehen, die Honigbienen im Stoffwechsel gut verarbeiten können. Dies sind insbesondere die Monosaccharide Fructose (Fruchtzucker), Glucose (Traubenzucker) sowie die Disaccharide Saccharose (Rohr- oder Rübenzucker) und eingeschränkt auch Maltose (Malzzucker, siehe Punkt 4.1).
- **Mikrobiologisch stabil:** Sie müssen mikrobiologisch stabil sein. Dies erfordert hoch konzentrierte Lösungen mit gleichzeitig geringem a_w -Wert (Wasseraktivität). Die Gefahr des Verderbens (z. B. Bildung von Schleimpilzen, Gärung) wird somit verringert.

- **Kristallisation vermeiden:** Die hochkonzentrierten Sirupe dürfen nicht auskristallisieren. Besonders Glucose neigt zum Auskristallisieren in den Waben. Einerseits können Honigbienen kristallisiertes Futter nicht in Lösung bringen und somit nicht nutzen, andererseits ist anzunehmen, dass sich infolge der Kristallisation der Glucose das vorhandene HMF in den noch flüssigen Anteilen des Futters anreichert.²⁾ Um hochkonzentrierte, nicht kristallisierende Sirupe zu erhalten, benötigt man Fructose. Allerdings neigt besonders Fructose zur Umwandlung in HMF.
- **Minimierung unverdaulicher Stoffe:** Sie sollten möglichst geringe Gehalte an Asche und Oligosacchariden sowie an Karamellisierungs- und Zerfallsprodukten von Kohlenhydraten aufweisen. Dies schließt Sirupe aus, die unter Einfluss von Säuren oder hoher Temperatureinwirkung hergestellt werden. Auch teilraffinierte (braune) Rohstoffe sollten nicht eingesetzt werden.

1.3. Zusammensetzung von Futtersirup

Die Zusammensetzung von industriell gefertigten Futtersirupen für Honigbienen orientiert sich am Zuckerspektrum von Nektar und Blütenhonigen. Fructose, Glucose und Saccharose bilden mit jeweils etwa einem Drittel ein geeignetes Mischungsverhältnis dieser Zucker im Sirup. Dabei ist es wegen der Gefahr des Auskristallisierens vorteilhaft, wenn der Fructoseanteil höher ist als der Glucosegehalt.

Empfehlungen, die sich aus den genannten Anforderungen an Futtermittel für Honigbienen hinsichtlich der Herstellung, des Transports, des Handels und für den Imker ergeben, werden unter Punkt 4 aufgeführt.



Abbildung II: Bis Honigbienen im Frühjahr wieder ausfliegen, können neun Monate Winterfütterung nötig sein.ⁱⁱ

2. Sicherheit von Futtermitteln für Honigbienen mit Gehalten an Hydroxymethylfurfural

2.1. Auswirkungen von HMF im Futtersirup auf die Mortalität von Honigbienen

Bisher durchgeführte Studien zeigen unterschiedliche Ergebnisse zu dosisabhängigen Effekten von HMF auf die Mortalität von Honigbienen.

EU-rechtliche Höchstgehalte an unerwünschten Stoffen werden bezogen auf ein Futtermittel mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 12 % angegeben, was einem Trockensubstanzgehalt von 88 % entspricht. Da Futtersirup bei diesem hohen Trockensubstanzgehalt kristallisiert, beziehen sich die im Folgenden angegebenen HMF-Gehalte auf den für Futtersirup handelsüblichen Trockensubstanzgehalt von 72 %. In experimentellen Situationen eingesetzte Futtersirupe haben teilweise abweichende Trockensubstanzgehalte. Um einen direkten Vergleich von Forschungsergebnissen zu ermöglichen, erfolgte hier eine Umrechnung der HMF-Gehalte auf 72 % Trockensubstanz im Futtersirup. Entsprechend ist zu berücksichtigen, dass die im Merkblatt angegebenen HMF-Gehalte von den in Literaturquellen angegebenen abweichen können.

In Versuchen aus den 1970er Jahren wurde über eine Dauer von 20 Tagen die Mortalität von Honigbienen untersucht, die Futtersirup mit 50 % Trockensubstanz mit nicht nachweisbaren Gehalten von HMF, sowie mit Konzentrationen von 30 mg, 150 mg bzw. 750 mg HMF/kg Futtersirup aufnahmen. Bezogen auf einen Trockensubstanzgehalt von 72 % als vergleichenden Maßstab ergeben sich Werte von ca. 43 mg, 216 mg bzw. 1080 mg HMF/kg Futtersirup. Die Mortalität von Honigbienen, die 216 mg HMF/kg Futtersirup erhielten, war mit 58,7 % signifikant höher als die Mortalität von Honigbienen, die Rationen mit nicht nachweisbaren Gehalten von HMF (Mortalität: 12,5 %) oder mit Konzentrationen von 43 mg HMF/kg Futtersirup (Mortalität: 15,0 %) erhielten. Wurde Futtersirup mit HMF-Gehalten von 1080 mg/kg gefüttert, betrug die Mortalität der Honigbienen sogar 98,8 %.³⁾

Aktuelle Werte ermittelte das Institut für Bienenkunde des Niedersächsischen Landesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) in einer Studie mit drei Teiluntersuchungen, die in den Jahren 2015 und 2016 im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft durchgeführt wurden. Dabei wurde, um durch den verwendeten Zucker kein HMF einzutragen, reine Saccharose mit 50 % Trockensubstanz in einer wässrigen Lösung verwendet. Aufgrund des Sättigungskonzentrationswertes von Saccharose war es nicht möglich, eine Saccharoselösung mit 72 % Trockensubstanz einzusetzen.

Die Testkonzentrationen lagen zwischen 20 und 3840 mg HMF/kg. Die Mortalität war ab Konzentrationen von 480 mg/kg gegenüber der Kontrolle signifikant erhöht. Der errechnete EC_{10}^* lag bei 440,25 mg HMF/kg (Weibull Analyse).⁴⁾ Dies entspricht **635 mg HMF/kg Futtersirup** mit einer Trockensubstanz von 72 %.

2.2. Ableitung und Empfehlung eines Orientierungswertes von HMF in Futtermitteln für Honigbienen

Wieviel HMF eine Honigbiene ohne gesundheitliche Beeinträchtigung aufnehmen kann, hängt vermutlich von den Umweltbedingungen und der Gesamtverträglichkeit des Futters ab. Die unter 2.1 genannten Studien untersuchten die Wirkung von erhöhten HMF-Gehalten über eine Dauer von 20 bzw. 30 Tagen. Da in verschiedenen Untersuchungen für Winterbienen eine Lebensdauer von 170 bis 243 Tagen angegeben wird⁵⁾, somit Winterbienen bis zu neun Monate vom Spätsommer bis zum Frühjahr überleben können, ist in der Praxis zu erwarten, dass ein Honigbienenvolk über mehrere

* EC_{10} : Errechnete mittlere effektive Konzentration von HMF im Futtersirup, die voraussichtlich zum Tode von 10 % der exponierten Honigbienen innerhalb des Versuchszeitraums führt.

Monate erhöhten HMF-Gehalten ausgesetzt ist bzw. die HMF-Gehalte während dieser Zeit weiter ansteigen (Tabelle 1). Außerdem sind Sicherheitsmargen für die unvermeidbare HMF-Bildung beim Transport und der Lagerung bis zur Verfütterung des Futters zu berücksichtigen.

Abgeleitet von den aktuellen Ergebnissen der unter 2.1 aufgeführten Untersuchungen ($EC_{10} = 635$ mg HMF/kg Futtersirup) wird unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 10 ein **Orientierungswert von maximal 60 mg HMF/kg Futtersirup** (mit einem Trockensubstanzgehalt von 72 %) zum Zeitpunkt der Auslieferung des Futters empfohlen.

3. Identifikation und Bestimmung von Hydroxymethylfurfural (HMF) in Futtermitteln für Honigbienen

Um Gehalte von HMF im Lebensmittel Honig zu identifizieren und quantitativ zu bestimmen, sind gemäß amtlicher Sammlung für Untersuchungsmethoden an Lebensmitteln zwei Verfahren anerkannt:

- **HPLC** (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie) nach DIN 10751 L40.00 10/3

Die HPLC ist aus heutiger Sicht die spezifischste Methode. Sie wurde vom Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) für die Beurteilung der HMF-Gehalte in Zuckersirupen für den Einsatz als Einzelfuttermittel für Honigbienen überprüft und als geeignet befunden. Die relative erweiterte Messunsicherheit der HPLC lag bei 6 %. Die meisten Labore geben als Nachweisgrenze 2 mg/kg und als Bestimmungsgrenze 5mg/kg an.

Bei der HPLC wird die zu untersuchende Substanz zusammen mit einer sogenannten mobilen Phase durch eine Trennsäule, die sogenannte stationäre Phase, gepumpt. Je nachdem, wie lange ein Bestandteil der zu untersuchenden Substanz mit der stationären Phase interagiert, erscheint er zu einem anderen Zeitpunkt am Ende der Trennsäule und kann dort nachgewiesen werden. Während bei der Untersuchung von Honig eine Proteinfällung/Klärung mit Carrez-Lösung notwendig ist, kann hierauf bei der Analyse von reinem Zuckersirup verzichtet werden.

- **Photometrisches Verfahren** („Winklermethode“) nach DIN 10751 L40.00 10/1

Diese photometrische Methode wurde bis in die 1980er Jahre häufig genutzt. Sie ist schneller durchzuführen als die HPLC, erfordert jedoch den Einsatz kanzerogener Reagenzien (*p*-Toluidin) weshalb die Methode nicht mehr zur Anwendung kommt.

Zurzeit steht kein Schnelltest zur Verfügung, mit dem Imker vor Ort ihren Zuckersirup vor der Fütterung auf ihren HMF-Gehalt testen können.

Bei der Lagerung von Futtermittelproben sollte beachtet werden, dass diese bis zur Analyse keinen Temperaturen von über 25 °C ausgesetzt sind (besser: Raumtemperatur oder kühler) und im Dunkeln gelagert werden, um eine Zunahme des HMF-Gehaltes nach der Probenahme zu verhindern bzw. zu verringern (siehe Punkt 4.2).

4. Präventive Möglichkeiten der Verantwortlichen in der Kette im Hinblick auf die Reduzierung von Hydroxymethylfurfural (HMF) in Futtermitteln für Honigbienen

HMF entsteht durch Dehydration von Zuckern infolge der Einwirkung von Wärme oder von für die Zuckerinversion verwendeten Säuren. Außerdem entsteht HMF über nicht enzymatische Reaktionen von reduzierenden Zuckern mit Aminosäuren (sogenannte Maillard-Reaktion).

Fructose ist in Lösung nur begrenzt stabil und die Hauptquelle für die Bildung von HMF. Fructose erfüllt jedoch in Futtermitteln für Honigbienen die essentielle Funktion, das Auskristallisieren des Futtermittels in den Waben zu verhindern. Daher lässt sich die Bildung von HMF in Futtermitteln für Honigbienen nicht vollständig vermeiden. Um die HMF-Gehalte zu minimieren ist es wichtig, die Produktions-, Transport- und Lagerbedingungen für den Zuckersirup zu optimieren.

Entscheidende Einflussfaktoren auf die Bildung von HMF sind Ausgangsmaterial, Temperatur, pH-Wert und Zeit. Vor allem die Temperatur bei der Lagerung beeinflusst maßgeblich die Bildung von HMF. Sie sollte daher unter 25 °C, besser sogar unter 20 °C liegen. Noch bei Raumtemperatur findet eine – wenn auch sehr langsame – Zersetzung von Fructose statt. Selbst bei 4 °C lässt sich ein leichter Anstieg von HMF nachweisen. Bei Umgebungstemperaturen von über 40 °C steigt der HMF-Gehalt drastisch an (Tabelle 1).

4.1. Herstellung von Futtermitteln für Honigbienen

Als Grundbaustein für die Herstellung von Futtersirup dient Saccharose, die hierfür in ihre Bestandteile Fructose und Glucose gespalten werden muss. Die industrielle Herstellung geschieht nach dem Stand der Technik bei niedrigem pH-Wert und Temperaturen zwischen 60 °C und 80 °C mittels **Ionen-tauscher**-Harze. Des Weiteren kann Saccharose **enzymatisch** mittels Zusatz von Invertase oder (kostengünstiger) durch **Säureeinwirkung** (z. B. Oxalsäure, Salzsäure) invertiert werden. Durch den Zusatz von Säure entsteht jedoch infolge einer Herabsetzung des pH-Wertes als Nebenprodukt HMF.

Alternativ kann Futtersirup auf Basis von Stärkehydrolysat (Weizen, Mais) hergestellt werden. Dieser Sirup enthält neben Fructose und Glucose hohe Mengen an Maltose; letztere wird durch das im HonigbienenSpeichel enthaltende Enzym Invertase in Glucose aufgespalten. Dies führt zu einem unerwünscht hohen Glucosegehalt im eingelagerten Futter, der bei der Handhabung und Fütterung beachtet werden sollte (siehe Punkt 4.3).

Unmittelbar nach der Herstellung liegen die HMF-Gehalte in der Regel zwischen 15 und 25 mg/kg. Bei Auslieferung des Futtermittels für Honigbienen sollte der HMF-Gehalt unter 60 mg/kg Futtersirup mit einer Trockensubstanz von 72 % liegen.

Um dies zu gewährleisten, erhalten Hersteller folgende Empfehlungen für die Praxis:

- ✓ Eine definierte Zusammensetzung der Zuckerarten sicherstellen. Herstellerbedingte Variationen sollten weniger als 10 % der Trockensubstanz betragen. Abweichende Zusammensetzungen vor Markteinführung prüfen.
- ✓ Aschegehalte unter 0,5 g/kg Trockensubstanz im Sirup (errechnet aus der Leitfähigkeit).
- ✓ Futtermittel für Honigbienen ohne den Zusatz von Säure herstellen.
- ✓ Erhitzung während der Herstellung vermeiden.
- ✓ Jede Charge eines Futtermittels für Honigbienen mit einem Haltbarkeitsdatum versehen (üblicherweise 18 Monate).
- ✓ Hinweise zu Transport- und Lagerbedingungen angeben (trocken, dunkel, Temperaturen unter 25 °C).

4.2. Handel, Transport und Lagerung von Futtermitteln für Honigbienen

Die Zuckerzusammensetzung und der HMF-Gehalt des Futtersirups verändern sich mit der Zeit und vor allem temperaturabhängig (Tabelle 1): Die Glucose- und Fructose-Gehalte steigen allmählich an, während gleichzeitig der Saccharose-Gehalt abnimmt. Der HMF-Gehalt kann von normal niedrigen Ausgangswerten von 25 mg/kg auf mehr als 350 mg/kg Sirup ansteigen. Diese Veränderungen sollten möglichst minimiert werden.

Tabelle 1: Anstieg der HMF-Gehalte in Saccharose-basiertem Futtersirup während der Lagerung bei verschiedenen Umgebungstemperaturen.

Temperatur	Lagerdauer	Anstieg des HMF-Gehalts	Datenquelle
4 °C	5 Wochen	Zunahme um 4,0 %	VDLUFA Validierungsringversuch 166/2015/M
25 °C	5 Wochen	Konstant ($\Delta=-0,4$ %)	VDLUFA Validierungsringversuch 166/2015/M
41 °C	5 Wochen	Zunahme um 134 %	VDLUFA Validierungsringversuch 166/2015/M
20 °C	12 Monate	Typischer Anstieg additiv rund 10 ± 5 mg HMF/kg ¹	Verein der Zuckerindustrie e. V.
30 °C	12 Monate	Typischer Anstieg additiv 50-100 mg HMF/kg ¹	Verein der Zuckerindustrie e. V.
10-25 °C ²	24 Monate	Additiv rund 10 ± 5 mg HMF/kg ¹	Verein der Zuckerindustrie e. V.

¹ abhängig von Gebindegröße und Material

² gemessener Innentemperaturverlauf in gut gedämmter, nicht temperierter Halle

Der Zuckersirup sollte demnach möglichst nicht in Tanks oder Gefäßen außerhalb von Gebäuden gelagert werden, da es durch Sonneneinstrahlung zu einer Erwärmung des Sirups kommen kann, die einen Anstieg des HMF-Gehaltes begünstigt. Die Lagerstabilität zeigte sich auch abhängig von der Gebindegröße, wobei der HMF-Gehalt in kleineren Gebinden etwas stärker ansteigt als in großen Gebinden.

Folgende Empfehlungen gelten beim Handel, dem Transport und der Lagerung von Futtermitteln für Honigbienen:

- ✓ Die Produktspezifikation der Zuckerfabrik auf niedrige Ausgangsgehalte von HMF prüfen.
- ✓ Kurze Transportwege wählen, sofern Einflussnahme möglich.
- ✓ Lagerbedingungen optimieren: trocken und temperiert (Temperatur möglichst unter 25 °C).
- ✓ Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden.
- ✓ Lange Lagerdauern vermeiden.
- ✓ Beachtung der Haltbarkeit des Produktes (üblicherweise Mindesthaltbarkeit 18 Monate).
- ✓ Wird der Sirup aus den Originalgebinden umgefüllt, auf eine saubere Handhabung achten (Abgabe in geschlossenen Gebäuden; Abfüllstutzen nach jeder Nutzung reinigen).
- ✓ Die HMF-Gehalte sollten bei Auslieferung unter 60 mg/kg Futtersirup (72 % Trockensubstanz) betragen.

4.3. Handhabung und Fütterung von Futtersirup durch den Imker

Auch im Honigbienenstock kann es zu einer weiteren Erhöhung von HMF-Gehalten im Futter kommen. Folgende Faktoren beeinflussen potentiell, wieviel HMF sich bildet bzw. von den Honigbienen aufgenommen wird:

- **Dauer der Winterfütterung:** Je nach Verlauf des Winters kann die Aufnahme des Winterfuttermittels für Honigbienen bis zu neun Monate andauern. Die Honigbienen sind demnach unter Umständen sehr lange HMF-haltigem Futter ausgesetzt. Über diesen Zeitraum kann der HMF-Gehalt des Futtermittels auch im Honigbienenstock weiter ansteigen.
- **Startzeitpunkt der Winterauffütterung:** Ist eine Zufütterung bereits im August/ September notwendig, geschieht die Auffütterung während die Honigbienenstöcke noch brüten. Die Brutaktivität kann in einem geringen Maße noch bis zu länger andauerndem Frost bestehen bleiben oder zum Jahreswechsel bereits wieder beginnen. Die hohe Temperatur im Brutnestbereich kann dann zu einem Anstieg der HMF-Gehalte führen. Auch Außentemperaturen über 25 °C können einen Anstieg des HMF-Gehaltes bewirken.
- **Zugabe weiterer Stoffe:** Werden dem Futterzucker weitere Stoffe zugegeben, z. B. Honig, der zuvor erhitzt wurde, kann dies den HMF-Gehalt weiter erhöhen.
- **Varroa-Behandlung:** Indirekt kann der HMF-Gehalt durch eine Varroa-Behandlung im Honigbienenstock beeinflusst werden. Die dafür eingesetzten Säuren (z. B. Milchsäure, Oxalsäure, Ameisensäure) können den pH-Wert des eingelagerten Futtermittels senken, was einen Anstieg des HMF-Gehalts zur Folge haben kann.
- **Futtersirup auf Basis von Stärkehydrolysat:** Gelangen in dieses eingelagerte und umgewandelte Futter zusätzlich der glucosereiche Nektar spätblühender Pflanzen (z. B. Senf, Örettich, Efeu) oder wird eingelagerter Honig umgetragen und mit dem Futtersirup vermischt, kann sich dadurch der Glucosegehalt weiter erhöhen; auch Kristallisationskeime können in das eingelagerte Futter gelangen. Insbesondere bei langen Wintern kann dieses Futter so stark auskristallisieren, dass den Bienen nicht mehr genügend flüssiger Anteil zur Verfügung steht.⁵⁾

Daraus ergeben sich folgende Handlungsempfehlungen für Imker:

- ✓ Vom Lieferanten eine Analyse über die Zuckerartenzusammensetzung, den HMF-Gehalt sowie den Aschegehalt des Futters anfordern.
- ✓ Auf einen möglichst geringen HMF-Gehalt im Ausgangsfutter achten, um einen Sicherheitsfaktor vorzuhalten: Orientierungswert **nicht über 60 mg HMF/kg Sirup**.
- ✓ Anwendungshinweise auf der Verpackung beachten.
- ✓ Den Futtersirup vor der Fütterung nicht lange lagern und möglichst frisch verfüttern.
- ✓ Frischen Sirup nicht mit altem, überlagertem Futtermittel für Honigbienen vermischen.
- ✓ Auch bei kurzer Lagerdauer die Empfehlungen unter Punkt 4.2 beachten.

4.4. Reduzieren von HMF-Gehalten im Zuckersirup mittels Ultraviolett-C (UV-C)-Behandlung

Es gibt Behandlungsmethoden, die bereits entstandene HMF-Gehalte in Zuckersirup reduzieren können. In einer Studie wurde die Wirkung von UV-C-Behandlungen auf durch thermische Behandlung erzeugte HMF-Gehalte in Zuckersirup untersucht.⁷⁾ Bei den untersuchten Sirupen handelte es sich um handelsüblichen fructosereichen Maissirup (HFCS[†]; 55 % Fructose) sowie eine Zuckerlösung mit 55 % Fructose. Tatsächlich konnte eine UV-C-Behandlung den HMF-Gehalt im Fructosesirup (Ausgangsgehalte 12,75 mg bzw. 6,16 mg HMF/l) um 43 %, im HFCS (Ausgangsgehalt 29,03 mg HMF/l) sogar um 63 % reduzieren. Allerdings wich die Zusammensetzung der für die Studie verwendeten Zuckersirupe von für die Honigbienenfütterung geeigneten Sirupen ab. Die Praxistauglichkeit für die Anwendung in der Honigbienenfütterung sowie ggf. der richtige Einsatzzeitpunkt einer solchen Methode sind bisher fraglich, da die HMF-Gehalte bei schlechter fachlicher Praxis auch erst kurz vor der Fütterung beträchtlich steigen können. Die beste Möglichkeit, den HMF-Gehalt des Futtersirups bis zur Verfütterung gering zu halten, bleibt daher, der HMF-Bildung während der Produktion, des Transports sowie der Lagerung vorzubeugen (siehe Punkte 4.1 bis 4.3).

Insgesamt gilt:

Je höher die Temperatur oder je niedriger der pH-Wert und je länger die Einwirkzeit, umso stärker steigt der HMF-Gehalt an.

5. Rechtsgrundlagen für Futtermittel für Honigbienen und ihre HMF-Gehalte

Honigbienen sind Tiere, die der Lebensmittelgewinnung dienen. Für Futtermittel für Honigbienen gelten daher die entsprechenden europäischen und deutschen futtermittelrechtlichen Regelungen, insbesondere die Vorschriften zu den Anforderungen an die Futtermittelsicherheit. Futtermittel für Honigbienen, die im Hinblick auf die tierische Gesundheit nicht sicher sind, dürfen nicht in Verkehr gebracht oder an Honigbienen verfüttert werden.

Bei Futtersirup, der aus Saccharose gewonnen wird, handelt es sich um ein Einzelfuttermittel im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 767/2009, das unter Nr. 4.1.12 des Anhangs Teil C der Verordnung

[†] High Fructose Corn Sirup - stark fructosehaltiger Maissirup

(EU) Nr. 68/2013 unter der Bezeichnung „Zuckersirup“ gelistet und beschrieben ist als „*Erzeugnis, das aus der Verarbeitung von Zucker und/oder Melasse gewonnen wird*“. Dagegen handelt es sich bei Futtersirup, der aus Stärkehydrolysat (Mais, Weizen) gewonnen wird, und bei Futterteigen jeweils um Mischfuttermittel.

HMF in Futtermitteln ist als unerwünschter Stoff im Sinne des § 3 Nummer 18 des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuchs einzuordnen. Ein rechtlich verbindlicher Höchstgehalt ist bislang nicht festgelegt worden. Bei der Feststellung von HMF-Gehalten in Futtermitteln durch eine analytische Untersuchung ist daher im Einzelfall zu prüfen, ob die Anforderungen an die Futtermittelsicherheit nach Artikel 15 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 erfüllt sind.

6. Überarbeitung des Merkblattes

Das Merkblatt wird nach einem angemessenen Zeitraum auf seine Aktualität überprüft sowie bei Bedarf angepasst.

Merkblatt in Zusammenarbeit mit:

Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Sicherheit in der Nahrungskette, Max-Dohrn-Str. 8-10, 10589 Berlin

Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) - Institut für Bienenkunde Celle, Herzogin-Eleonore-Allee 5, 29221 Celle

Verein der Zuckerindustrie e. V., Friedrichstraße 69, 10117 Berlin

Weiterführende Literatur

- 1) Kożianowski, G. (2016): 5-Hydroxymethylfurfural in Bienenfutter. *Sugar Industry* 141, 575-583.
- 2) Wilmart, O., Reybroeck, W., De Meulenaer, B., de Graaf, D. C., Nguyen, B. K., Huyghebaert, A., Saegerman, C. (2011): Analyse du risque posé en santé animale par la présence de l'hydroxyméthylfurfural dans les sirops de nourrissage des abeilles domestiques. *Annales De Médecine Vétérinaire* 155, 53-60.
- 3) Jachimowicz, T. & Sherbiny, G.E. (1975): Zur Problematik der Verwendung von Invertzucker für die Bienenfütterung. *Apidologie* 6 (2), 121-143.
- 4) Lüken, D.J., van der Ohe, W. (2016): Aufklärung der Wirkung des Gehaltes an Hydroxymethylfurfural (HMF) in Futtermitteln für Bienen hinsichtlich der Tiergesundheit und des Carry overs von HMF in Honig. Schlussbericht zum Forschungsauftrag, BLE-Projekträger-Datenbank, Projektnummer 314-06.01-2815HS002.
- 5) Imdorf, A., Ruoff, K., Fluri, P. (2008): Volksentwicklung bei der Biene. *ALP forum* 2008, Nr. 68d, Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, S. 7.
- 6) von der Ohe, W. (2017): Bienengerechter Futterzucker (Futtersirup und Futterteig). Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) - Institut für Bienenkunde Celle.

- 7) Ros-Polski, V., Popović, V., Koutchma, T. (2016): Effect of ultraviolet-C light treatment on Hydroxymethylfurfural (5-HMF) content in high fructose corn syrup (HFCS) and model syrups. *Journal of Food Engineering* 179, 78-87.
- 8) Ceksteryte, V. & Racys, J. (2006): The quality of syrups used for bee feeding before winter and their suitability for bee wintering. *Journal of Apicultural Science* 50 (1), 5-14.
- 9) Henry, M., Béguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.-F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S., Decourtye, A. (2012): A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science* 336, 348-350.
- 10) Zirbes, L., Nguyen, B.K., Graaf, D.C., De Meulenaer, B., Reybrock, W., Haubruge, E., Saegerman, C. (2013): Hydroxymethylfurfural: A possible emergent cause of honey bee mortality? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 11865-11870.

Quellen der Abbildungen

- i. Abbildung I: Zirbes, L., Nguyen, B.K., Graaf, D.C., De Meulenaer, B., Reybrock, W., Haubruge, E., Saegerman, C. (2013): Hydroxymethylfurfural: A possible emergent cause of honey bee mortality? *J. Agric. Food Chem.* 61, 11865.
- ii. Abbildung II: Copyright Fotolia, Fotograf: Aubord Dulac

Fundstellen Rechtsgrundlagen

Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013 (BGBl. S. 1426), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2147)

Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zu Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit (ABl. L 31 vom 1.2.2002, S. 1), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 2017/745

Verordnung (EG) Nr. 183/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene (ABl. L 35 vom 8.2.2005, S. 1), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2015/1905

Verordnung (EG) Nr. 767/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates, 93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der Kommission (ABl. L 229 vom 1.9.2009, S. 1, L 192 vom 22.7.2011, S. 71), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) Nr. 2017/2279

Verordnung (EU) Nr. 68/2013 der Kommission vom 16. Januar 2013 zum Katalog der Einzelfuttermittel (ABl. L 29 vom 30.1.2013, S. 1), geändert durch Verordnung (EU) 2017/1017

Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung (ABl. L 140 vom 30.5.2002, S. 10), zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2017/2229