

# Lieferketten von Rohwaren

## Prozessanalysen für Tees und Kräutertees zur erfolgreichen Minimierung von Mineralölkohlenwasserstoffen und weiteren ausgewählten Kontaminanten

Oliver Kunder, Susanne Kühn und Erik Becker

Neue Herausforderungen zu erkennen und anzugehen sind die entscheidenden Elemente auf unserem Weg zu einem erfolgreichen Lieferantenmanagement und einer entsprechenden Kundenzufriedenheit. Die Ostfriesische Tee Gesellschaft GmbH & Co. KG (OTG) ist Europas führender Anbieter in Tee-Handelsmarken. Zur OTG gehören ebenso die Teemarken Meßmer, Milford und Onno Behrends.



Oliver Kunder

### » Zur Person

Staatl. gepr. Diplom-Lebensmittelchemiker, Leiter der Abteilung Zentrale Qualitätssicherung und Lebensmittelrecht bei der Ostfriesischen Tee Gesellschaft GmbH & Co. KG mit den Schwerpunktbereichen Risikobewertung sowie Lieferantenentwicklung und Prozessaudit. «

Mit steigenden Anforderungen des Marktes steigen auch die eigenen Anforderungen an unsere Lieferpartner. Wir bauen hier auf langjährige Lieferantenbeziehungen. Um all diesen Herausforderungen zu begegnen, haben wir eine besondere Art von Audit eingeführt – das Fokus-Audit. Wir möchten einerseits mehr über die Herausforderungen erfahren, mit denen sich unsere Lieferpartner konfrontiert sehen und wir möchten andererseits auch unsere Herausforderungen und Erfahrungen teilen. Unser Motto ist: „Von der Kontrolle zur Kooperation“.

### Fokus-Audits

Das Fokus-Audit ist eine allumfassende Stufenkontrolle direkt vor Ort im Ursprung der Rohware. Während unserer Audits begutachten wir insbesondere Felder von Anbauern unserer Lieferpartner, aber auch Felder der zuliefernden Kleinbauern (Vorbereitung der Gärten, Behandlung vor der Ernte,

Ernte), die Produktion (kompletter Prozess nach der Ernte) sowie die Verpackung und Lagerung der fertigen Rohware.

Es werden Proben aus jedem Prozessschritt entnommen, um mehr Informationen über mögliche Rückstände und Kontaminanten insbesondere aus der Umwelt zu erhalten. Für uns ist es in diesem Zusammenhang sehr wichtig, ein besseres Verständnis dafür zu bekommen, ob und inwieweit ein Prozessschritt zu einer Kontamination führen kann und inwieweit eine aktive Einflussnahme zur Minimierung der unerwünschten Substanzen gegeben ist.

Um ein klares Bild über den Zustand und die potenziellen Quellen von Rückständen und Kontaminanten zu erhalten, beziehen wir auch die Umweltbedingungen, die Wetterbedingungen und Infrastruktur vor Ort in unsere Betrachtung mit ein. Häufig führt z. B. die ubiquitäre Umweltbelastung dazu, dass bereits beim frischen Rohstoff auf dem Feld Rückstände vorliegen. Daher entnehmen wir auch Proben von Hilfs- und Betriebsstoffen, wie Schmierstoffen und Dün-

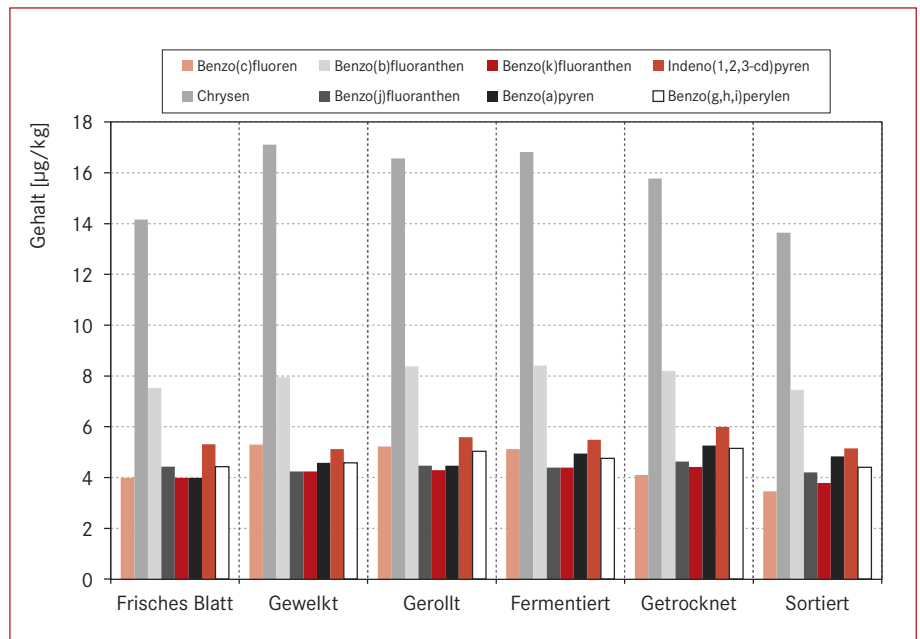
gemittelt, aber auch Umweltproben, wie Staub, Erde, etc.

Für die analytische Zusammenarbeit haben wir uns für die Institut Kirchhoff Berlin GmbH entschieden, die insbesondere in der Analytik mineralischer Kohlenwasserstoffe auf sehr profunde und langjährige Erfahrung zurückgreifen kann. Gemeinsam mit ihnen planen wir unsere Audits, legen Parameter fest und versuchen anhand der Analysenergebnisse und unseren Erfahrungen vor Ort die Ursachen der Rückstände und Kontaminanten zu ergründen.

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen teilen wir mit unseren Lieferanten und zeigen Lösungswege auf, die wir gemeinsam gehen, um dort wo es möglich ist, Verbesserungen zu erzielen.

## Analysenstrategie

Für die Analysen wurden bisher elf Teegärten/Anbauregionen in drei verschiedenen Ländern, namentlich in Indien, China und Südafrika, beprobt. Im Rahmen der Prozesskontrollen wurden die entsprechenden Rohwaren Tee und Rooibos auf ein breites Spektrum an Rückständen und Kontaminanten untersucht. Der Fokus lag auf Anthrachinon, Polyzyklischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Pflanzenschutzmitteln (PSM), Nikotin, Weichmachern, Pyrrolizidinalkaloiden (PA), Tropanalkaloiden (TA) und Mineralölkohlenwasserstoffen (MOH). Um die potenziellen Eintragungspfade der Kontaminanten zu identifizieren, wurden an der Rohware Tee jeweils frische, handgepflückte Teeblätter, gewelkter Tee, fermentierter, getrockneter sowie gesiebter Tee unterschiedlicher Größenfraktionen analysiert. Durch diese Stufenkontrollen besteht die Möglichkeit festzustellen, ob unerwünschte Stoffe bereits auf dem Feld in Kontakt mit den Pflanzen kommen oder erst nachträglich während der Verarbeitung der Teeblätter.



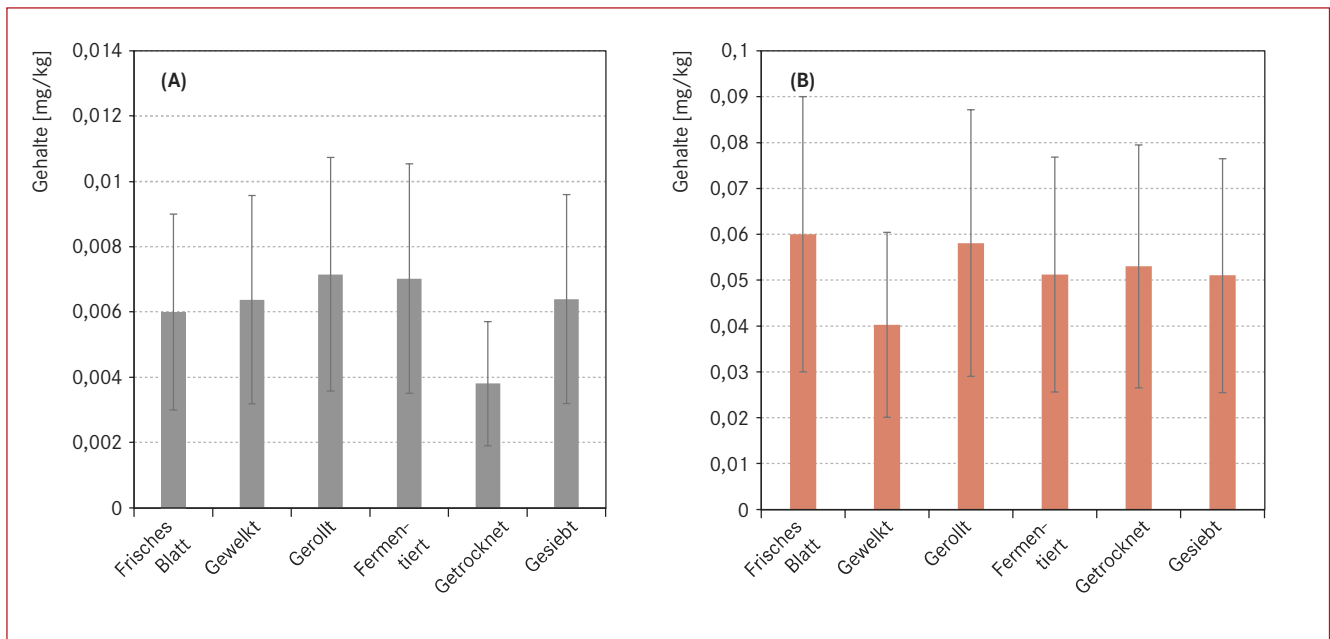
**Abb. 1** Übersicht der PAK-Gehalte in Teeblättern der einzelnen Produktionsstufen normiert auf die Trockenmasse

Für die Analyse der PAK wurde eine semi-automatisierte Methode auf Basis der LC-LC-GC-MS/MS-Technik angewendet. Die Methode erfasst alle 15 EFSA PAK mit einer Empfindlichkeit von 0,1 µg/kg bzw. 0,5 µg/kg. Die Weichmacher wurden mittels einer Multimethode bestimmt, die nicht nur GC-gängige Weichmacher wie Phthalate und Adipate, sondern z. B. auch Sebacate, Maleate und Melitate mit einer Bestimmungsgrenze von 50 µg/kg erfasst. Die Aufarbeitung von Lebensmitteln für die MOSH/MOAH-Analytik erfolgte in Anlehnung an den Entwurf der CEN-Methode (DIN EN 16995:2016) [1]. Die Gehalte der Pflanzenschutzmittel wurden nach ASU L 00.00.-115:2014 ermittelt. Für Pyrrolizidin- und Tropanalkaloide wurden die Proben mit Hausmethoden untersucht.

## Ergebnisse

Als Resultat der Untersuchungen wurden keine bzw. nur in Spuren (im Bereich der Nachweisgrenze) Weichmacher in den Rohwaren Tee und Rooibos der untersuchten Teegärten/Anbauregionen gefunden. Die

» In Zusammenarbeit mit Landwirten können Kontaminanten in Rohstoffen minimiert werden. «



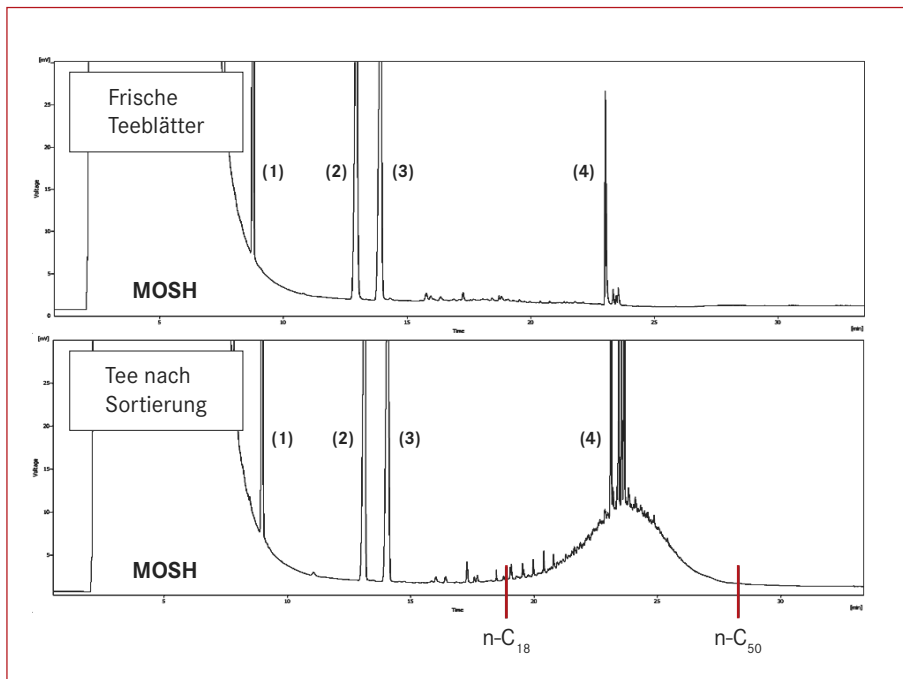
**Abb. 2** Übersicht der Anthracinon- (A) und Nikotin-Gehalte (B) in Teeblättern der einzelnen Produktionsstufen normiert auf die Trockenmasse des frischen Blattes

Befunde an Pyrrolizidin- und Tropanalkaloiden waren unauffällig. Im überwiegenden Teil der Proben konnten diese nicht nachge-

wiesen werden. Eine Beikrautprobe der Gattung Senecio aus Südafrika wies einen PAK-Gehalt (Summe BfR-28) von 2,7 g/kg auf. Hieraus ist ersichtlich, dass bereits wenige Beikrautpflanzen auf einem Feld ausreichen, um einen entsprechenden Eintrag in der Rohware zu generieren.

Auch die Gehalte an Pflanzenschutzmitteln bewegten sich innerhalb des rechtlichen Rahmens. Nur in einem Fall, einer Rooibos-Rohware, kam es zur Abdrift des für Zitrusfrüchte zugelassenen Pestizids Diflubenzuron. Es wurde mit einem Hubschrauber auf einer benachbarten Zitrusplantage versprüht und gelangte so in die Rohware.

Einige Teeproben enthielten PAK. Eine Hauptquelle für PAK ist die Trocknung des Tees in holzkohlebefeueten Öfen, wenn aufgrund von nicht ausreichend getrennten Luftführungen eine Vermischung von Trocknungsluft und Verbrennungsabgasen stattfindet. Bei ordnungsgemäß voneinander getrennten Luftführungen bzw. einer



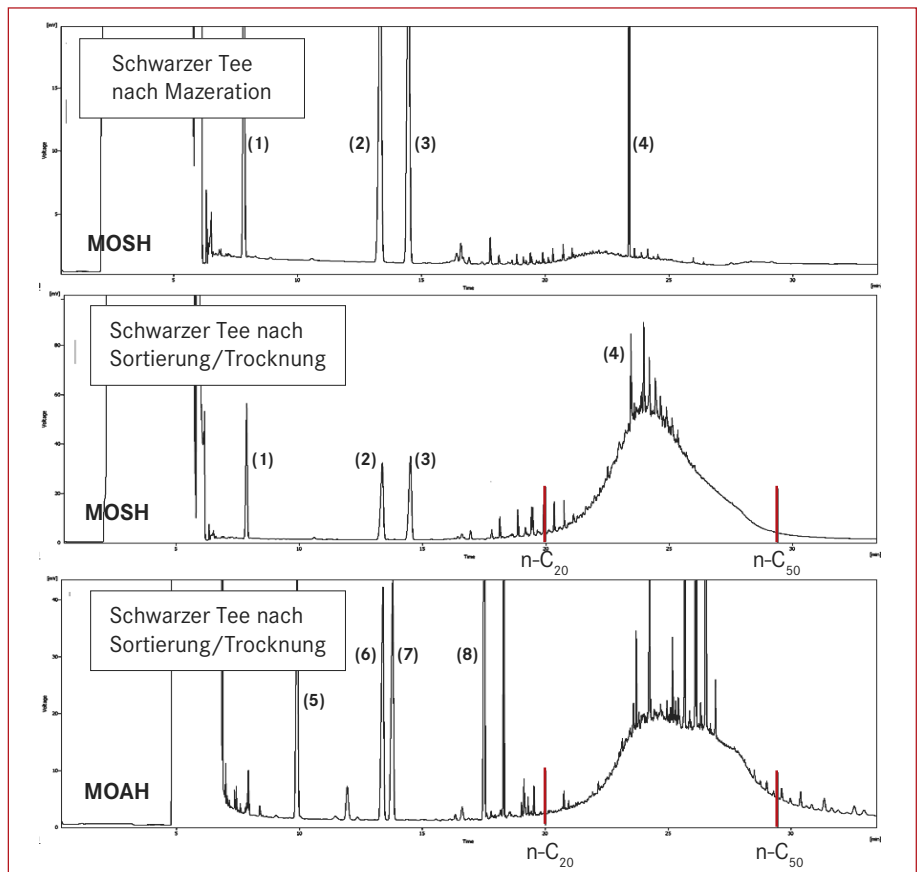
**Abb. 3** LC-GC-FID-Chromatogramme von unbelastetem Tee (oben) und derselben Teecharge nach der Sortierung (unten) mit 6 mg/kg gesättigte Mineralölkohlenwasserstoffe (MOSH); Ursache war ein von der NSF zugelassenes H1-Schmieröl; interne Standards: (1) Undecan, (2) Bicyclohexyl, (3) Tridecan, (4) 5- $\alpha$ -Cholestan.

Anpassung der Anlagen auf den neuesten Stand der Technik, wie z. B. der Umstellung auf eine indirekte Trocknung oder auf gasbeheizte Öfen, konnten die PAK-Konzentrationen deutlich verringert werden. Es ist hier jedoch zu erwähnen, dass rein infrastrukturell es z. B. in Darjeeling nicht flächendeckend möglich ist, Teegärten mit Gas zu versorgen. In Assam sind mittlerweile einige Teegärten an die Gasversorgung angeschlossen.

Jedoch gab es auch positive PAK-Befunde aus Teegärten mit modernen Trocknungsöfen. Ein Beispiel waren Teeproben aus Südindien. Bezieht man die Gehalte auf die Trockenmasse des Tees, sieht man, dass sich die Konzentrationen der einzelnen PAK über den gesamten Herstellungsprozess nicht verändern (siehe Abb. 1). Die Kontamination muss damit bereits auf der Teeplantage stattgefunden haben. Fungizide oder Pflanzenschutzmittel konnten als Kontaminationsquelle ausgeschlossen werden.

Die Ursache für die PAK-Kontamination liegt in der für Indien üblichen Inversionswetterlage. Durch die Verbrennung von Festbrennstoffen, wie z. B. Kohle, Holz, etc., gelangen PAK in die Atmosphäre und die vorherrschenden, klimatischen Bedingungen verhindern, dass der Wind die Kontaminanten weiträumig verteilen kann. Letztendlich kommt es zur Deposition der PAK auf den Teepflanzen. Rein durch den Wasserverlust während der Verarbeitung der Teeblätter wird eine PAK-Grundbelastung von 10 µg/kg aufkonzentriert auf über 80 µg/kg im gesiebten Tee.

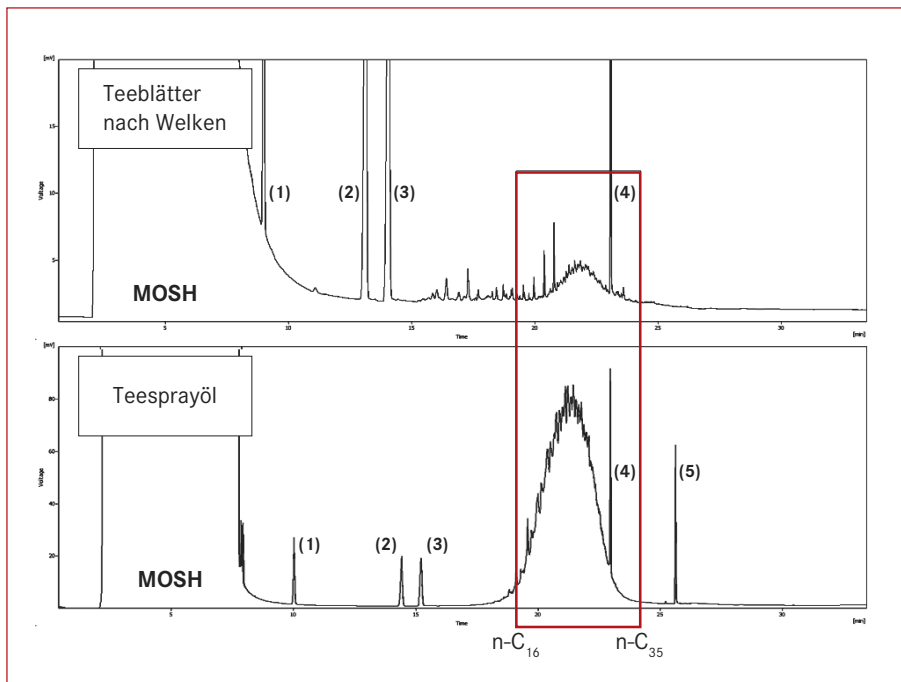
Ein weiteres Indiz für diese Theorie sind die unterschiedlichen Analyseergebnisse je nach Jahreszeit. Während vor der Regenzeit (Probenahme im Mai) hohe PAK-Gehalte quantifiziert wurden, konnten nach dem Monsun (Probenahme im September) nur noch geringe Mengen an PAK in den Teeproben nachgewiesen werden. Ähnlich verhielten sich die Gehalte an Anthrachinon (einem



**Abb. 4** LC-GC-FID-Chromatogramme von unbelastetem Tee (oben) und demselben Tee nach der Sortierung (unten). Es wurden nach der Verarbeitung 50 mg/kg MOSH und 7,5 mg/kg aromatische Kohlenwasserstoffe (MOAH) aus technischem Schmieröl gefunden; interne Standards: (1) Undecan, (2) Bicyclohexyl, (3) Tridecan, (4) 5- $\alpha$ -Cholestan, (5) Pentylbenzol, (6) 2-Methylnaphthalin, (7) 1-Methylnaphthalin, (8) Tri-*tert*-butylbenzol.

Oxidationsprodukt des Anthracens [2]) im Tee. Anthrachinon ist eine weitere Kontaminante, die als Verbrennungsprodukt entsteht. Auch für Nikotin verdichten sich die Hinweise, dass durch die Verbrennung von Tabakresten Nikotin in die Atmosphäre aufsteigt. Aufgrund der vorherrschenden Luftströmungen gelangt es in die bis zu über 500 km entfernten Teeanbaugebiete und lagert sich bei Inversionswetterlage wieder auf Oberflächen ab. Dies ergaben auch Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe von Romanotto et al. [3]. Unsere Befunde für Anthrachinon und Nikotin unterstützen die Theorie des exogenen Eintrags dieser Stoffe in die Tee-Rohwaren. Neben den Gehalten an PAK sind auch die Gehalte an Anthrachinon und Nikotin über den Produktionspro-

» Die Anbauregion kann durch ihre klimatischen Besonderheiten Einfluss auf den Kontaminantengehalt von Tee haben. «



**Abb. 5** LC-GC-FID-Chromatogramm von 1 mg/kg MOSH in Teeblättern (oben); Ursache war ein sogenanntes Teasprayöl, das zu 90 % aus MOSH besteht (unten); interne Standards: (1) Undecan, (2) Bicyclohexyl, (3) Tridecan, (4) 5- $\alpha$ -Cholestan, (5) Tetracontan.

zess konstant, wenn man sie auf die Trockenmasse normiert (siehe Abb. 2). Gehalte an Nikotin und Anthrachinon waren bereits auf dem frischen Teeblatt nachweisbar.

Dies bedeutet, dass die frischen Teeblätter auf der Plantage bereits eine Grundbelastung durch die Umwelt aufweisen und der jeweilige Produzent keinen Einfluss auf die

sen Umstand hat. Es konnte kein Anstieg insbesondere nach der Trocknung festgestellt werden. Somit gibt es nur bedingt einen direkten Zusammenhang zwischen der Trocknung und den oben angesprochenen unerwünschten Stoffen.

Im Gegensatz zu Anthrachinon und Nikotin, bei denen im Zuge der Minimierungsbemühungen nur eine eingeschränkte Einflussnahme durch die Produzenten besteht, eröffnen die Stufenkontrollen für Mineralölkohlenwasserstoffe gute Möglichkeiten für Minimierungsansätze.

Die frischen Teeblätter waren in den von uns untersuchten Teegärten überwiegend frei von MOH. Bei positiven Befunden im gesiebten, fertig abgepackten Produkt waren häufig Schmiermittel die Ursache für eine Kontamination. Die Qualität der eingesetzten Schmiermittel ist je nach Produktionsbetrieb verschieden. Es wurden von der NSF zugelassene H1-Schmiermittel nachgewiesen – dies sind Schmiermittel, die für den unbeabsichtigten Lebensmittelkontakt zugelassen sind (siehe Abb. 3), aber auch technische Schmiermittel (siehe Abb. 4). Die technischen Schmiermittel enthielten nicht nur gesättigte, sondern auch aromatische Kohlenwasserstoffe. Sie sind nicht für den Ein-

## Information in eigener Sache

Liebe Leserinnen und liebe Leser,

aufgrund der aktuellen Situation kann es bei der Auslieferung der nächsten Ausgaben der Deutschen Lebensmittel-Rundschau (DLR) zu Verzögerungen kommen. Wir bitten, dies zu entschuldigen.

Damit Sie dennoch schnellstmöglich an die aktuellen Inhalte gelangen: Nutzen Sie doch einfach den in Ihrem Abonnement enthaltenen Onlinezugang zur DLR!

Zusätzlich haben Sie hier die Möglichkeit der Volltextsuche und können die Inhalte als PDF-Datei herunterladen und ausdrucken. Außerdem finden Sie hier stündlich aktualisierte Meldungen und Warnungen!

Falls Sie Ihren Onlinezugang noch nicht genutzt haben:

- Registrieren Sie sich unter [www.behrs-online.de](http://www.behrs-online.de)
- Geben Sie unter „Mein Konto“ Ihren Freischaltcode ein. Diesen finden Sie auf Ihrer Rechnung oder auf Ihrem Lieferschein.

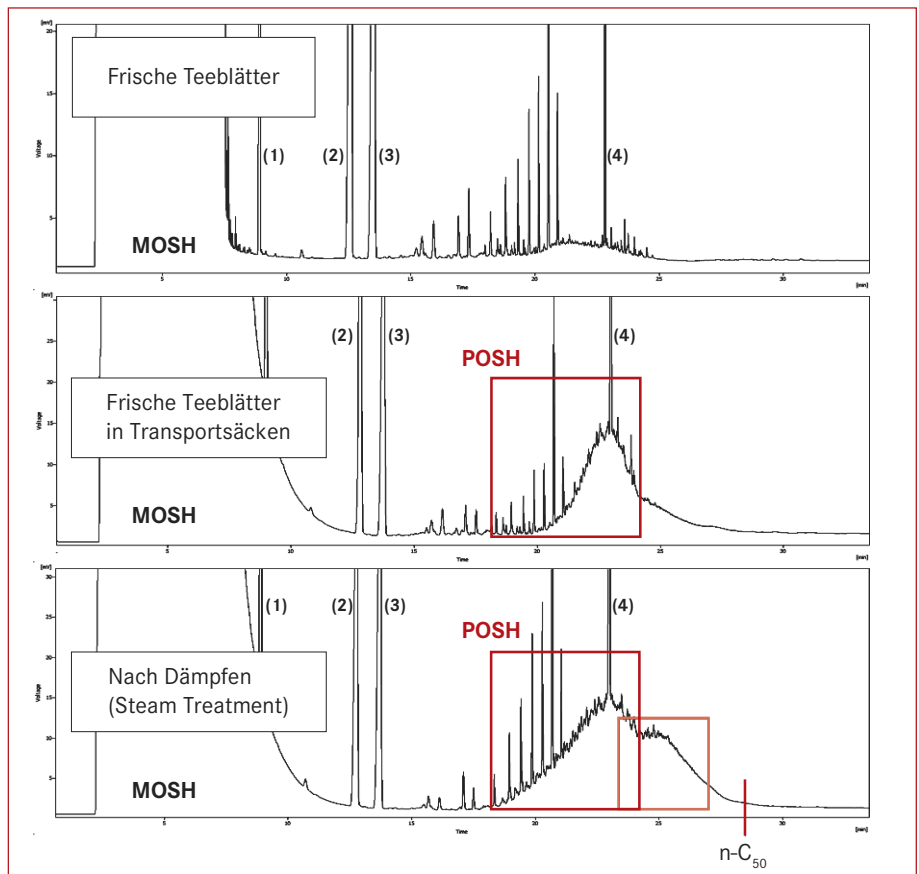
Bei Fragen zu Registrierung oder zur Freischaltung hilft Ihnen unser Kundenservice unter der Nummer

Tel.: (040) 22 70 08-58 bzw. der Mailadresse [online@behrs.de](mailto:online@behrs.de) gerne weiter!

satz im Lebensmittelbereich geeignet und verfügen für diesen Anwendungsbereich auch über keine Zulassung.

In beiden Fällen bestehen Möglichkeiten zur Minimierung. Technische Schmieröle wurden durch H1-Schmieröle ersetzt. Maschinen, die den Tee unbeabsichtigt mit H1-Schmierölen kontaminieren können, wurden konstruktiv verbessert (gekapselte Lager) oder wo möglich auf Bioschmierstoffe umgestellt. Die Schmierung mit Teesamenöl ist in China bereits durchaus gängige Praxis. Damit wird ein weiterer natürlicher Rohstoff der Teepflanze genutzt, der nachhaltig und umweltfreundlich ist und der zur Minimierung einer Kontamination mit MOH beiträgt.

Eine weitere Möglichkeit zur Minimierung ergibt sich durch den Verzicht auf paraffinbasierte Pflanzenschutzmittel, die sog. Teasprayöle (Abb. 5). Durch Teasprayöl wurden bis zu 1 mg/kg MOSH in den Tee eingetragen. Die Formulierung dieses Öls basiert auf hochgradig aufgereinigten Paraffinen. Durch wiederholte Hydrie-



**Abb. 6** LC-GC-FID-Chromatogramm von unbelastetem Rooibos (oben); derselbe Rooibostee nach Transport in Plastiksäcken (Mitte, 3,6 mg/kg MOSH) und nach Steam Treatment (unten, 7,4 mg/kg MOSH); Aufsummierung der Kontamination von POSH aus dem Plastiksack und dem H1-Schmieröl während der Dampfbehandlung; interne Standards: (1) Undecan, (2) Bicyclohexyl, (3) Tridecan, (4) 5- $\alpha$ -Cholestan, (5) Tetracontan.

## Damit Sie wissen, was drin ist!

Hrsg. von der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie.  
 Bearbeitet von Dr. Gaby Andersen und Katrin Soyka.  
 5. Auflage 2011. XX, 484 Seiten. Format 11,5 x 16,5 cm.  
 Kunststoff flexibel. ISBN 978-3-8047-2679-6. € 26,80 [D]  
**E-Book, PDF:** € 26,80 [D].  
 ISBN 978-3-8047-2939-1



Ob Kalorien, Vitamine oder Aminosäuren, in Austern, Parmesan, Nudeln, Pastinake oder Truthahn – hier steht's. Der kleine Bruder des bewährten „großen SFK“ liefert wissenschaftlich fundierte, mehrfach geprüfte und verlässliche Daten zu über 50 Inhaltsstoffen in über 340 Lebensmitteln, gegliedert nach Lebensmittelgruppen. Nährwerte, Energiegehalt, Hauptbestandteile und Inhaltsstoffe in einheitlicher Systematik und handlichem Format – schlagen Sie einfach nach!

**WVVG** Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart  
 Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart  
 Birkenwaldstraße 44 | 70191 Stuttgart  
 Telefon 0711 2582 -341 | Telefax 0711 2582 -390  
 www.wissenschaftliche-verlagsgesellschaft.de

Alle Preise inklusive MwSt. (D), sofern nicht anders angegeben. Lieferung erfolgt versandkostenfrei innerhalb Deutschlands. Lieferung ins Ausland zuzüglich Versandkostenpauschale von € 7,95 pro Versandstück. E-Books sind als PDF online zum Download erhältlich unter [www.dav-medien.de](http://www.dav-medien.de)



**Dr. Susanne Kühn**  
Chemikerin, Laborleiterin am Institut Kirchhoff Berlin, verantwortlich für die Bereiche MOSH/MOAH-Analytik und Kontaminanten

nung werden während der Aufreinigung aromatische Verbindungen entfernt. Paraffinöle sind nach der VO (EG) 396/2005 für den Einsatz als Pflanzenschutzmittel zugelassen und wirken als Schutz vor verschiedenen Insekten. Eine alternative Möglichkeit bietet Neemöl [4]. Dieses pflanzliche Öl wird aus den Samen des Neembaumes gepresst und als wässrige Emulsion erfolgreich als Insektizid eingesetzt.

Den großen Nutzen der Stufenkontrollen demonstriert das in Abbildung 6 dargestellte Beispiel. Während der frisch vom Feld geschnittene Rooibos nicht mit Mineralölkohlenwasserstoffen belastet ist, finden sich bereits nach dem Transport zur Fabrik 3,6 mg/kg MOSH-Analoga, sogenannte polyoligomere Kohlenwasserstoffe (POSH), im Produkt, die aus den Kunststofftransport-säcken stammen. Nach der Dampfbehandlung (Steam Treatment) steigt der MOSH-Gehalt auf 7,4 mg/kg, da in diesem Prozessschritt eine weitere Kontamination mit einem H1-Schmieröl stattfindet. Durch die reine Analyse des Fertigprodukts Rooibostee wäre diese Differenzierung der Quellen der MOSH und MOSH-Analoga nicht möglich.

### Fazit

Abschließend kann festgehalten werden, dass Stufenkontrollen ein probates Mittel darstellen, um mögliche Quellen und Eintragungspfade von Rückständen und Kontaminationen auf die Spur zu kommen. Hier gilt es nicht nur den Prozess an sich zu beleuchten, sondern auch die Umgebungsbedingungen mit zu berücksichtigen. Denn wie die Beispiele oben anschaulich zeigen, kann die Rohware bereits durch die Umwelt vorbelastet sein. Dies lässt ebenso den Schluss zu, dass nicht jeder Positivbefund im Spurenbereich ein Indiz für nicht GMP-konforme Prozesse darstellt. Ein Fokus-Audit allein genügt in der Regel nicht; wichtig ist es auch Re-Audits durchzuführen, um die Maßnahmen entsprechend zu verifizieren, aber auch den Kontakt mit den Lieferpartnern zu pfle-

gen und sich über neue Ereignisse und Erkenntnisse eng auszutauschen.

Es bleibt hier ebenso zu erwähnen, dass wir als Teehersteller auf bis zu 200 Rohwaren aus über 70 Ländern zurückgreifen und diese Art der Audits nicht vollumfänglich umsetzen können. Hier bauen wir auf ein durchdachtes Risikomanagement, mit dem wir die Audits steuern. Zudem versuchen wir Gemeinsamkeiten zu ergründen und als Best-Practice mit allen Lieferpartnern zu teilen. Nur so kann man unseres Erachtens das Motto „von der Kontrolle zur Kooperation“ umsetzen und eine langfristige und nachhaltige Liefersituation sicherstellen.

### Literatur

- [1] Biedermann M, Fiselier K, Grob K (2009): Aromatic hydrocarbons of mineral oil origin in foods: Method for determining the total concentration and first results. *J Agric Food Chem* **57**, 8711–8721.
- [2] Klaper M, Wessid P, Linker T (2016): Base catalysed decomposition of anthracene endoperoxide. *Chem Commun* **52**, 1210–1213.
- [3] Romanotto A et al. (2018): Tabakanbau als Quelle einer Nicotinbelastung indischer Tees. *Lebensmittelchemie* **72**, 143–145.
- [4] EU: SANCO/10311/2011, Report für die aktive Substanz Azadirachtin. ■

›› **Durch die Wahl der in der Produktion eingesetzten Verpackungs- und Schmiermittel können die Mineralölgehalte im Endprodukt gesenkt werden.** ‹‹

### Kontakt

#### Oliver Kunder

Ostfriesische Tee Gesellschaft  
GmbH & Co. KG  
Bosteler Feld 6  
21218 Seevetal  
oliver.kunder@lsh-ag.de

#### Dr. Susanne Kühn

#### Dr. Erik Becker

Institut Kirchhoff Berlin GmbH  
Oudenarder Straße 16  
Carrée Seestraße  
13347 Berlin  
suk@institut-kirchhoff.de