

Nr. 3, März 2017

# Lebensmittelallergene

## Teil 5: Weizen und verwandte Getreide als Krankheitsursache – botanische Grundlagen

Rolf Steinmüller

### Einleitung

Getreide sind Körnerfrüchte von Süßgräsern, die seit mindestens 10 000 Jahren zur Ernährung kultiviert werden. Getreide enthält mehrere Proteine, deren Verzehr mit einer Reihe von klinischen Erkrankungen in Verbindung gebracht wird, darunter Gluten. Glutenbedingte Erkrankungen haben sich zu einem epidemiologisch relevanten Phänomen entwickelt. Die weltweite Prävalenz wird auf rund 5 % geschätzt [1]. Zöliakie, Weizenallergie und der so genannten Nicht-Zöliakie-Glutensensitivität liegen jeweils eigene pathogenetische Wege zugrunde.

Nicht nur Brot und Backwaren, auch ein Großteil der derzeit in Westeuropa und Nordamerika zum Verkauf angebotenen verarbeiteten Lebensmittel enthalten Weizenmehl, -proteine oder -stärke in einem überraschend hohen Anteil. Getreideprodukte kommen als Bindemittel (für Saucen, Suppen, Cremes), als Trägerstoff für Aromaverbindungen, als Trennmittel (für Pommes frites, geriebenen Käse oder Gummibärchenformen) oder bei der Herstellung von Medikamenten und Dragees zum Einsatz [2]. Für Personen, die an einer Lebensmittelallergie oder Unverträglichkeit gegenüber Weizen leiden, kann dies zum Problem werden.

**Außer den Konsumenten sind auch in der Mülerei-, Bäckerei- oder ganz allgemein in der Lebensmittelindustrie Beschäftigte häufig Weizenmehl in der Atmosphäre ausgesetzt und haben damit ein erhöhtes Risiko für (Atemwegs)Allergien [3].**

Ein großer Teil der Forschung hat sich in der Vergangenheit auf die durch Weizen ausgelösten Atemwegsallergien (Bäckerasthma) konzentriert, die zu den wichtigsten berufsbedingten Allergien in vielen Ländern gehören; ferner auf die Zöliakie, die etwa 1 % der Bevölkerung in Europa, Nord- und Südamerika, Nordafrika und dem indischen Subkontinent betrifft [4]. Eine Lebensmittelallergie auf Weizen ist innerhalb der erwachsenen Bevölkerung weniger weit verbreitet, kann aber bis zu 1 % der Kinder betreffen [5] und in seiner extremen Form zu Anaphylaxie und Tod führen.

Die für das Auslösen einer Lebensmittelallergie auf Weizen verantwortlichen Proteine sind weniger klar definiert als jene, welche sich für das Bäckerasthma verantwortlich zeichnen [3].

Zum besseren Verständnis der Zusammenhänge geht der erste Teil dieses Beitrags auf die botanische Verwandtschaft der Getreide ein, bevor der zweite Teil Krankheitsformen mit Bezug zu Getreideinhaltsstoffen und deren molekulare Grundlagen erläutert.

### Botanik der Getreidearten

Getreide zeichnen sich durch die Produktion essbarer trockener Früchte aus, welche als Samen oder Körner bekannt sind. Die Familie der Süßgräser wird in mehrere Tribus unterteilt. Deren Rangstufe liegt unterhalb der Familie und Unterfamilie und über der Gattung. Weizen, Roggen und Gerste zählen zum Tribus der *Triticeae*, Hafer zu den *Aveneae* und Reis zu den *Oryzae*. Die Hirsen werden mehreren Tribus zugeordnet. Die wichtige

Sorghum-Hirse gehört zu den *Andropogoneae*. Zu diesem Tribus gehört auch der Mais. Viele weitere Hirsen (*Panicum*, *Echinochloa*, *Digitaria* und *Setaria*) zählen zu den *Paniceae* (♦ Abbildung 1).

### Wirtschaftliche Bedeutung

Von den weltweit ca. 2,5 Mio. Megatonnen (mt) Getreideernte [7, 8] entfallen mehr als 70 % auf drei Getreidearten: Mais, Reis und Weizen. Damit zählt Getreide, v. a. Weizen, Reis und Mais, zu den wichtigsten Handelsgütern und macht mengenmäßig den Hauptbestandteil der menschlichen Ernährung aus [7]. Die Gesamtbilanz (♦ Tabelle 1) bezieht auch seltene Arten wie bspw. Teff ein [9].

### Weizen

Weizen (*Triticum spec.*) ist nach Körnermais und Reis das weltweit am meisten angebaute Getreide, in der Europäischen Union und in Deutschland jeweils das bedeutendste. Diese bevorzugte Nutzung liegt in dessen Fähigkeit, so genannte Kleberproteine (Gluten) zu bilden, die besondere physiko-chemische Eigenschaften besitzen und v. a. das gute Backverhalten aus Weizen hergestellter Mehle begründen [10, 11]. Neben dieser guten „Allein-Backfähigkeit“ gibt es noch weitere Gründe, warum Weizen sich gegenüber anderen Getreidearten durchsetzen konnte. So fallen die Weizenkörner beim Dreschen aus den Spelzen (Freidrusch), ohne dass ein weiterer Verarbeitungsschritt in der Mühle (Prallschäler) erforderlich wäre. Darüber hinaus ist Weizen

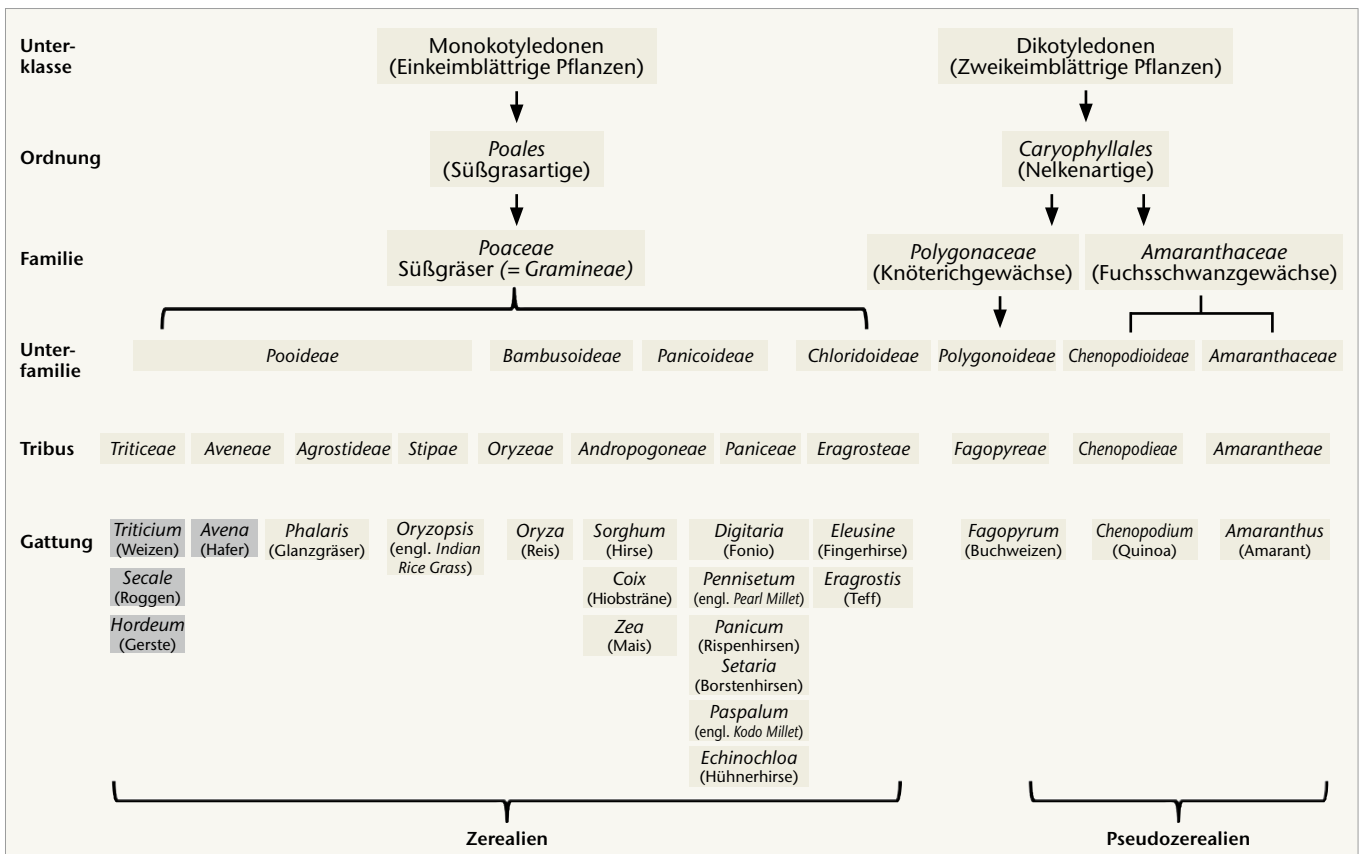


Abb. 1: Taxonomische Beziehung zwischen verschiedenen Getreidearten sowie so genannten Pseudozerealien im Rahmen von glutenbedingten Erkrankungen. Grau hinterlegt sind die glutenhaltigen Getreidearten (mod. nach [6])

als Selbstbefruchter genetisch stabil und die Sorten bleiben so über Jahre hinweg unverändert. Seine klimatische Anpassungsfähigkeit fördert ebenfalls seine Verbreitung. So findet ein Anbau von Weizen in fast allen Klimazonen statt [7]. Hauptanbauggebiete sind Nordamerika (USA, Kanada), Europa (Frankreich, Deutschland Großbritannien, Ukraine, Russland), Australien, Südamerika (Argentinien) und Asien (Indien, China, Kasachstan) [12].

Die heutigen Weizenformen haben einen langen Weg der Evolution und gezielter Selektion und Züchtung zurückgelegt. Ihre Urprünge werden geografisch im Bereich Kleinasien, Vorderasien bis zum Hochland von Iran vermutet und die Kulturpflanzenbildung aufgrund von archäologischen Funden und genetischen Befunden auf den Zeitraum von 10 000 bis 8 000 v. Chr. datiert. Weltweit sind heute mehrere Tausend verschiedene Kulturformen von Weizen bekannt [13]. Ein Großteil der Weizen-Weltproduktion dient unmittelbar der menschlichen Ernährung (Brot und andere Backwaren, Pasta). Aufgrund der weltweiten Verfügbar-

keit von Weizenmehl sowie der funktionellen Eigenschaften von Weizenstärke und Gluten-Proteinen [10, 11] sind diese außerdem als Zutat in der Lebensmittelverarbeitung weit verbreitet (s. o.).

Von den vielen kultivierten Weizenarten sind insbesondere zwei wirtschaftlich bedeutsam:

- **Saat- oder Weichweizen** (*Triticum aestivum*), der eigentliche Brotweizen wird aufgrund seiner Widerstandsfähigkeit typischerweise in den nördlichen Breiten kultiviert. Er wird weitgehend zu Mehl für die Brot- und Gebäckherstellung verarbeitet;

Die genetischen Beziehungen der Weizensorten sind sehr komplex, weitere Informationen und die Literatur zu diesem Beitrag haben wir online für Sie zusammengestellt: S. e12–e13

- **Hartweizen** (*Triticum durum*) wird v. a. in heißen und trockenen Zonen angebaut (z. B. Südfrankreich oder Italien). Er ist besonders reich an Gluten und wird verwendet, um Grießmehl und Pastaprodukte herzustellen [14].

## Die wichtigsten Weizenformen

### Alte Weizenarten: Einkorn und Emmer

Einkorn gilt als älteste Weizenart, eine Art mit einem diploiden (= zweifachen) Chromosomensatz ( $2n = 14$ ). Archäologische Funde deuten darauf hin, dass Emmer um 8 000 v. Chr. durch Kreuzungen zwischen dem Vorfahren des wilden Einkorn und einem unbekanntem Gras entstanden ist, aus welchem tetraploide ( $2n = 28$ ) Formen, der Emmerweizen (*T. turgidum* ssp. *dicocoides*, Emmer-Wildform), *T. turgidum* ssp. *dicocum* (Emmer-Kulturform) und Hartweizen oder Durum (*T. turgidum* ssp. *durum*) hervorgegangen sind. Erst um die Wende zum 3. Jahrtausend v. Chr. haben sich aus dem tetraploiden Kultur-Emmer und einem diploiden „Wildgras“ (*Aegilops tauschii*) die hexaploiden ( $2n = 42$ ) Formen *Triticum aestivum* ssp. *spelta* (Dinkel oder Spelt) und der Saat- oder Weichweizen (*T. aestivum* ssp. *aestivum*) herausgebildet (vgl. ♦ Abbildung 2, online-Seiten e12–e13).

Getreideart	Fläche in ha		ha-Ertrag in dt/ha		Getreidemenge in t	
	Welt	Deutschland	Welt	Deutschland	Welt	Deutschland
Mais	184 192 053	497 000	55,2	88,3	1 016 736 092	4 387 300
Reis	164 721 663	—	45,3	—	745 709 788	—
Weizen	218 460 701	3 128 200	32,6	80,0	713 182 914	25 019 100
Gerste	49 781 046	1 570 400	29,1	65,9	144 755 038	10 343 600
Hirse*	75 036 707	—	11,8	—	91 254 617	—
Hafer	9 758 714	131 500	24,4	47,7	23 821 207	627 700
Roggen	5 758 284	784 600	29,0	59,8	16 695 636	4 689 100
Summe	707 709 168	6 111 700			2 752 155 292	45 066 800

Tab. 1: Erntemengen nach Getreidearten 2013 [nach (8)]

\* Hirse umfasst hier Sorghum und „Millet“ („Echte Hirse“)

Das Kultur-Einkorn hat historisch eine geringe Bedeutung gespielt, wohingegen der Emmer bei zivilisierten Völkern des Altertums weit verbreitet war und lange Zeit als wichtigste Weizenart galt. Im Laufe der Zeit bedeutungslos geworden, haben beide Arten in jüngster Zeit im Rahmen einer alternativen Landwirtschaft und Ernährungsweise und dem Bemühen um den Erhalt genetischer Ressourcen eine gewisse Renaissance erfahren. Emmer- und Einkornprodukte sind heute als ganzes Korn, Mehl, Brote, Gebäcke und Nudeln im Naturkosthandel erhältlich, eignen sich aber auch zur Bierherstellung.

### Dinkel (oder Spelz)

Dinkel (*T. aestivum ssp. spelta*) ist – wie auch der Weichweizen (*T. aestivum ssp. aestivum*) – mit einem hexaploiden (sechsfachen) Chromosomensatz ausgestattet. Mit dem Vordringen der Römer wurde dieser in der Antike auch nördlich der Alpen mit Schwerpunkten in Helvetien (umfasste das heutige schweizerische Mittelland sowie Südwestdeutschland) und dem alemannischen Sprachraum verbreitet. Mit dem Anstieg der Bedeutung von Saatweizen und Roggen ging eine kontinuierliche Abnahme des Dinkelanbaus einher. Erst in jüngster Zeit wird der Dinkel wieder verstärkt angebaut. Er zeichnet sich durch Anspruchlosigkeit an Boden, Winterhärte sowie durch einen hohen Backwert aus.

Im milchreifen Zustand geerntet (etwa 2–3 Wochen vor der eigentlichen Reife), vorsichtig getrocknet (bei ca. 100–140 °C), liefert Dinkel so genannten

Grünkern, der in der Form von Graupen, Grieß oder Mehl als Suppeneinlage genutzt wird. Dinkel kann auch als Rohstoff für die Dinkelbier-Erzeugung verwendet werden.

### Kamut®

Eine Sonderstellung unter den Weizenpflanzen nimmt Khorasan-Weizen, auch Kamut® genannt, ein, nicht nur wegen seines hohen Nährwerts. Bei dem Begriff „Kamut“, vermutlich abgeleitet aus dem altägyptischen „Ka‘moet = Seele der Erde“, handelt es sich nicht um den Namen einer Weizenart, sondern um das eingetragene Warenzeichen der Firma Kamut. Es ist somit das einzige Korn, dessen Namen als eingetragenes Warenzeichen gesetzlich geschützt ist (mehr zur Historie auf den online-Seiten e12–e13). Der Weizen, der unter diesem Warenzeichen firmiert, wird auch als „Urweizen“ bezeichnet. Seine genetische Zuordnung ist jedoch umstritten. Einige Wissenschaften ordnen ihn der Gattung *Triticum* und der Unterart *turgidum* zu, was eine Verwandtschaft zum Hartweizen zur Folge hätte. Andere vermuten, dass dies *Triticum polonicum* oder *T. turanicum* ist. Als gesichert darf gelten, dass es sich um ein sehr altes Getreide handelt, welches aus der Region zwischen Ägypten, Euphrat und Tigris stammt und vermutlich auf den Feldern kleiner Bauern in Ägypten und Kleinasien überlebt hat [9]. Heute findet insbesondere in den Präriestaaten in den USA und Kanada ein begrenzter Anbau dieses mit besonderem Gesundheitswert propagierten Weizens statt.

### Saat- oder Weichweizen

Dies ist der eigentliche Brotweizen und dominiert mit ca. 90 % den Welt-Weizenanbau. Er weist eine enorme Formenvielfalt mit geschätzt 12 000 Sorten auf. In Deutschland, mit einer Jahresproduktion von über 20 Mio. t, stehen als Anbauformen Winter-, Sommer- und Wechselweizen mit einer Vielzahl von Sorten zur Verfügung, worunter die Winterweizen dominieren. Winterweizen ist ertragreicher als Sommerweizen, weist dafür aber meist einen geringeren Protein- und Klebergehalt auf. Die Unterteilung erfolgt dabei nach dem Zeitpunkt der Aussaat: Der Winterweizen wird im Herbst ausgesät und muss bedingt durch Kälte eine Periode der Blühstimulation durchlaufen, hingegen wird der Sommerweizen im Frühjahr nach dem Abklingen der Frostperiode ausgesät.

**Etwa zwei Drittel der Weizenernte werden weltweit für die menschliche Ernährung verwendet, kleinere Mengen für die Stärkegewinnung, Bierherstellung und in technischen Bereichen, der Rest in der Tierernährung. Die Gewinnung von Bioethanol oder die Nutzung als Verbrennungs-Rohstoff zur Wärmeerzeugung kommen in allerjüngster Zeit als Verwendungsalternativen hinzu.**

### Roggen

Roggen (*Secale cereale*) ist eine Kulturpflanze, die seit etwa 3 000 Jahren kultiviert wird. Um ca. 1 000 v. Chr. gelangte das Getreide vermutlich aus dem Kaukasus oder einer Region, die heute die Türkei, den Irak und Iran umfasst,

als Verunreinigung in Weizensaat und Gerste nach Europa. Daher gilt Roggen wie der Hafer als so genannte sekundäre Kulturpflanze. Für die Germanen, Slawen und Kelten war er ein wichtiges Brotgetreide, während die „vornehmen“ Römer weißes Brot bevorzugten und das dunkle, aromatische Roggenbrot nicht besonders schätzten. In Deutschland war Roggen jedoch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts das Hauptgetreide und wurde dann sukzessive vom ertragreicheren und backfähigeren Weizen verdrängt. Die gleiche Entwicklung hat sich in westeuropäischen Staaten bereits früher vollzogen [12].

Pflanzenbaulich zeichnet sich Roggen im Vergleich zu Weizen durch eine deutlich größere Winterhärte und geringere Ansprüche an Boden, Nährstoffe und Klima aus. Obgleich es Sommer- und Winterformen gibt, werden fast ausschließlich Winterroggen kultiviert. Roggen ist ein ausgesprochener Fremdbefruchter und daraus folgt eine erschwerte Züchtung sowie eine geringere genetische Stabilität. Heute wird Roggen vorwiegend in Mittel- und Osteuropa als Brotgetreide verwendet. In Deutschland werden etwa 1 Mio. t als Brotgetreide genutzt, vorwiegend für Roggen- oder Weizenmischbrote. Zusätzlich fließen etwa 2,5 Mio. t jährlich in die Futtermittelindustrie, kleinere Mengen in die Branntweinherstellung.

Die Backeigenschaften des Roggenmehls sind grundsätzlich verschieden zu denen des Weizenmehls. Zwar enthält Roggen Gluten, doch können die Glutenmoleküle durch die ebenfalls vorliegenden Pentosane (Schleimstoffe) kein Klebergerüst zur Gashaltung aufbauen [7].

## Triticale

Triticale ist ein Kreuzungsprodukt aus den Gattungen *Triticum* (Weizen) und *Secale* (Roggen), eine von Menschen geschaffene Kulturpflanze. Diese Züchtung wurde mit der Hoffnung verknüpft, dass im Bastard die positiven Eigenschaften der Eltern (z. B. Ertrag und Qualität des Weizens, Anspruchslosigkeit und Winterhärte des Roggens) ausgeprägt wür-

den. Spätestens seit den 1980er Jahren war Triticale keine botanische Kuriosität mehr, sondern hatte sich einen Platz unter den angebauten Getreidearten erworben. Triticale eignet sich besonders zum Anbau auf Standorten mit geringerer Bodengüte und kann hier den Roggen bis zu einem gewissen Grad ersetzen.

Ein Großteil der Triticaleproduktion findet ihren Absatz als Tierfutter. Vielversprechende Verwendungsmöglichkeiten zeichnen sich in der Bioethanolproduktion ab. Aufgrund bestehender Schwächen sowohl in der Kleberstruktur als auch in der -funktionalität hat Triticale bisher kaum Bedeutung in der menschlichen Ernährung, insbesondere im Bereich der Brot- und Backwarenherstellung erlangt.

## Gerste

Gerste (*Hordeum vulgare*) zählt zu den ältesten Getreidearten. Aufgrund seiner Anpassungsfähigkeit und seines schnellen Reifens fand dieses Getreide auch in Nordeuropa eine weite Verbreitung. Mit einer Welt-Jahresproduktion von ca. 150 Mio. t ist Gerste das am fünfthäufigsten angebaute Getreide der Welt. In nahezu allen Ländern wird sie als Winter- und Sommergetreide angebaut; in Ländern mit kurzen Sommern vorwiegend als Sommergerste. In Deutschland beträgt die Jahrerzeugung ca. 10 Mio. t. Damit ist die Getreideart das zweitwichtigste Körnergetreide im deutschen Anbau. Ein Großteil der Gerste findet als Tierfutter und als Braugerste Verwendung. Während für Tierfutter ein möglichst hoher Proteingehalt im Korn angestrebt wird, werden für die Malzerzeugung proteinärmere Gerstesorten benötigt. Nur eine vergleichsweise geringe Menge wird zu Lebensmitteln, meist Graupen, Grüten und Flocken, für Backmittel zu Malzmehl oder zu Kaffee-Ersatz verarbeitet [12].

## Hafer

Hafer (*Avena sativa*) ist ein weltweit angebautes Getreide, welches vergleichs-

weise feuchtere Wachstumsbedingungen bevorzugt, ansonsten aber anspruchslos ist. Es wird schwerpunktmäßig in Europa und Amerika kultiviert. Sein Anbau findet bevorzugt in den Mittelgebirgen, im Alpenvorland und in den Küstenregionen statt. Mit ca. 24 Mio. t pro Jahr rangiert es in der Reihenfolge der am häufigsten angebauten Getreide lediglich an 6. Stelle [12]. Die Hafererzeugung hat in den letzten Jahren stetig abgenommen. Weltweit bedeutendste Produzenten sind die USA, die GUS-Staaten sowie Kanada [15]. Auch in Deutschland nahm die Anbaufläche von ehemals 184 000 ha (2006) auf 126 000 ha im Jahr 2015 ab [16].

Aufgrund seiner ernährungsphysiologisch wertvollen Bestandteile (u. a. dem leicht verdaulichen Protein, dem hohen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren sowie dem hohen  $\beta$ -Glucangehalt) sind Haferprodukte jedoch wertvolle Lebensmittel, deren Produktion steigende Tendenz zeigt. Für die Verarbeitung zu Lebensmitteln sind möglichst große Körner bei gleichzeitig möglichst niedrigem Spelzenanteil erwünscht. Aus diesen Gründen werden vorwiegend Haferimporte aus Skandinavien oder Australien von der deutschen Lebensmittelindustrie verarbeitet. Der größte Anteil der heimischen Haferproduktion wird zur Tierfutterherstellung, insbesondere für Pferdefutter, verwendet [12].

**Ergänzende Online-Seiten sowie die Literatur zu diesem Beitrag finden sie unter:**  
→ [www.ernaehrungs-umschau.de](http://www.ernaehrungs-umschau.de)

---

**Dr. Rolf Steinmüller**  
Neogen Corporation  
Auchincruive Ayr KA6, 5HW Scotland/UK  
E-Mail: [r.steinmueller@neogeneurope.com](mailto:r.steinmueller@neogeneurope.com)

---

**Interessenkonflikt**  
Der Autor ist Mitarbeiter eines Anbieters für lebensmittelanalytische Produkte.

---