

# Lebensmittelchemie 2010

Andrea Büttner

Die Geruchsforschung beschäftigt sich zunehmend auch auf molekularer Ebene mit Alltagsgerüchen, die teilweise kaum wahrnehmbar sind, aber eine physiologische Wirkung haben können.

◆ Obwohl Menschen stark visuell orientiert sind, hat die Forschung der letzten Jahrzehnte die Bedeutung von Gerüchen im Alltag vor Augen geführt. Vor allem natürliche Materialien wie Früchte, Gemüse, aber auch andere duftende Stoffe sind auf molekularer Ebene intensiv erforscht. Dabei geht es beispielsweise darum, Aromen von Lebensmitteln durch Prozessschritte, bessere Lagerungsbedingungen oder durch hohe Qualität der Ausgangsmaterialien zu optimieren.

Zunehmend stehen in der Geruchsstoffentwicklung nachhaltige Prozesse und ressourcenschonende Synthesestrategien im Fokus. In diesem Zusammenhang nutzt die Geruchsstoffforschung verstärkt die weiße Biotechnik.

Man mag den Eindruck gewinnen, die Geruchsforschung sei weitgehend ausgereizt und die grundlegenden strukturellen Fragen seien beantwortet, und begründet dies unter anderem mit der Verleihung des Medizin-

nobelpreises für die Geruchsrezeptorforschung vor wenigen Jahren. Wichtige Geruchsaspekte, speziell aus dem Alltag, werden aber erst seit ein paar Jahren intensiv behandelt. Ein Grund dafür mag sein, dass viele Geruchswahrnehmungsprozesse weitgehend unbewusst ablaufen.

## Alltags- und Umweltgerüche – Störgerüche?

◆ Geht man mit offener Nase durch den Alltag, fällt auf, dass viele Gerüche nicht besonders intensiv, aber doch präsent sind. Oft ist es schwer zu entscheiden, ob wir diese Gerüche als störend oder unangenehm empfinden, da sie zu unserem gewohnten Umfeld gehören. Den angenehmen Geruch in einer natürlichen Umgebung, etwa einer Sommerwiese oder im Wald, empfinden viele bewusst als angenehm.

Die Frage für die Geruchsforschung ist nun, ob unsere olfaktorische Unaufmerksamkeit im Alltag

bloße Konditionierung ist oder ob wir uns mit den gegebenen Situationen einfach abfinden. Assoziieren wir die angenehme, stressfreie Umgebung in der Natur auch unmittelbar mit einem angenehmeren Geruchsempfinden und bewerten sie entsprechend, weil wir sie eben nicht mehr gewohnt sind?

Aus chemisch-analytischer Sicht sind viele, gerade schwache Gerüche nicht oder nur in wenigen Bereichen molekular charakterisiert: Gerüche aus Plastikmaterialien, Pigmenten, Papier- und Kartonprodukten, die beispielsweise im Lebensmittelbereich, bei Baumaterialien, Möbeln oder für elektronische Geräte relevant sind.<sup>1)</sup>

Prozesstechnische Schritte können dazu führen, dass Materialien, die zuvor geruchsarm waren, deutliche Störnoten entwickeln, wie kürzlich für die  $\gamma$ -Bestrahlung von Polypropylen oder die Prozessierung thermoplastischer Polyolefine beschrieben (Abbildung 1).<sup>2,3)</sup> Ziel von

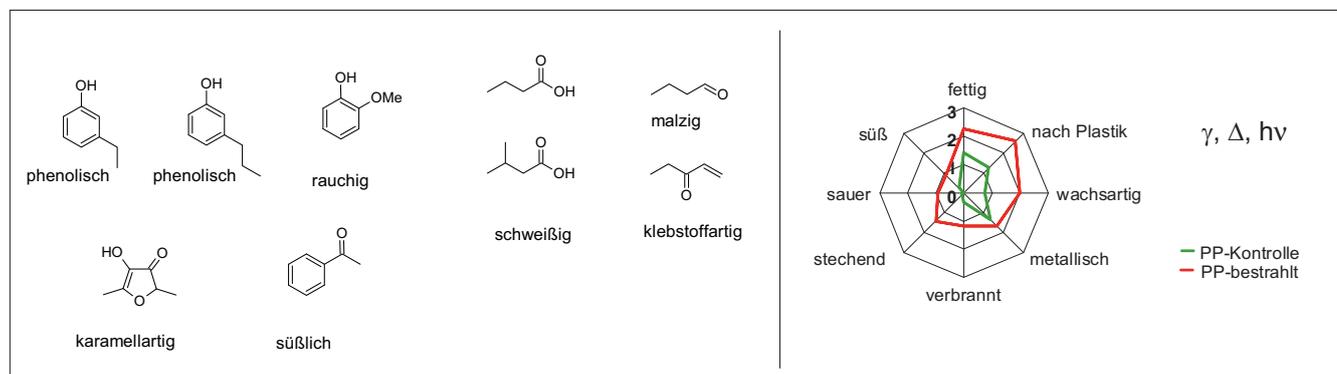


Abb. 1. Links: Beispiele potenter oder stark generierter Geruchsstoffe aus prozessierten Kunststoffen; rechts: charakteristische Veränderungen in den Geruchsprofilen prozessierten Polypropylens.<sup>2,3)</sup>

Untersuchungen ist es, die Wege aufzuklären, die zu diesen Gerüchen führen. Sie sind oft komplex und resultieren aus dem Wechselspiel der verschiedenen Materialien und Zusatzstoffe sowie den eingesetzten Prozessbedingungen. Erst wenn die Entstehungswege störender Gerüche bekannt sind, ist es möglich, sie zielgerichtet zu vermeiden.

Ein Thema, für das sich die Geruchsforschung zunehmend interessiert, ist der Übergang von Geruchsstoffen aus dem Verpackungsmaterial auf das Lebensmittel. So kann beispielsweise ein Pizzakarton, der durch seinen Inhalt feucht wird, Geruchsstoffe freisetzen, die sich auf das Lebensmittel übertragen.<sup>4)</sup> Solche Spurenübergänge von Geruchsstoffen sind durch neue Methoden

wie Gaschromatographie-Olfaktometrie oder Stabilisotopenverdünnungs-Assays heute messbar.

Häufig findet man Geruchsstoffe als Ursachen für Störnoten, die zugleich alte Bekannte sind, beispielsweise gängige Lebensmittelaromen. So können schwefelhaltige Geruchsstoffe, die üblicherweise in Zwiebeln und Knoblauch vorkommen, in Gips Störgerüche auslösen.<sup>7)</sup> Hier wie in vielen anderen Materialien bestimmt auch das Ausmaß der Geruchsstoffbildung, ob ein störender Geruchseindruck resultiert.

Jedoch kann auch die quantitative und qualitative Zusammensetzung verändert sein oder der Kontext entspricht nicht dem, worauf wir geprägt sind. Ein Beispiel dafür sind mitunter auftretende Plastiknoten in Mineralwasser, die vor allem auch deswegen auffallen, weil Mineralwasser selbst nicht riechen sollte. Deshalb sind schon geringste Spuren von Gerüchen in Wasser wahrnehmbar und verunsichern den Verbraucher.<sup>5)</sup>

Plastiknoten, ebenso wie typische Innenraumgerüche, zum Beispiel von Linoleum oder anderen Baumaterialien<sup>6)</sup> können durch Substanzen hervorgerufen werden, die man als charakteristische fettassoziierte Geruchsstoffe in Lebensmitteln kennt, etwa (*E*)-2-Nonenal oder (*E,E*)-2,4-Decadienal (Abbildung 2). Ihre Bildung erklärt sich durch oxidativen Abbau von Fettderivaten, die als Gleitmittel dienen, oder fettiger Spurenkontaminationen in den jeweiligen Materialien.

### Gaschromatographie-Olfaktometrie

◆ Oft ist nicht klar, welche Stoffe die typischen Gerüche bei Gegenständen und Geräten aus dem täglichen Um-

feld hervorrufen. Eine Methode, geruchsaktive Substanzen sicher zu erkennen, ist die Gaschromatographie-Olfaktometrie, die den menschlichen Geruchssinn als hochempfindlichen und selektiven Detektor einsetzt. Somit wurde die Geruchsstoff-Analytik in den letzten Jahrzehnten zunehmend sensibler und selektiver. Geschulte Probanden, deren Riechfähigkeiten regelmäßig getestet werden, gewährleisten hierbei durch gemeinsame Testung einen hohen Grad an Reproduzierbarkeit. Dennoch wurden diese Methoden bislang noch wenig dazu genutzt, um beispielsweise den Neuer-Kühlschrank- oder U-Bahn-Geruch aufzuklären, wengleich fast jeder sie kennt.

### Von unmittelbaren, postoralen und postinhalatorischen Effekten

◆ Die molekulare Forschung befasste sich in den letzten Jahr zwar verstärkt mit Alltagsgerüchen, beantwortet jedoch nicht die Frage nach ihrer Wirkung auf den Menschen.

Eine Schwierigkeit bei der Bewertung der physiologischen und psychologischen Wirkung von Geruchsstoffen beim Menschen liegt darin, dass die Methoden gerade erst in den Fokus rücken oder gar entwickelt werden. Besonders schwierig ist es, die Effekte von solchen Gerüchen zu beurteilen, die nicht direkt in die Nase stechen, sondern die eher dezent, aber doch unverkennbar präsent sind.

Die Literatur zur physiologischen und emotionalen Reaktion von Menschen auf intensive und aufdringliche industrielle oder andere Geruchs-Stressoren der Umwelt, zum Beispiel Schweinestallgeruch, ist umfangreich.<sup>9,10)</sup> Ist ein Geruch so aufdringlich und intensiv, dass er reizend wirkt, ist die Bewertung einfach. Ist er nur wahrnehmbar, ist man mit der Beurteilung jedes Einzelnen konfrontiert, und die fällt von Mensch zu Mensch sehr unterschiedlich aus.

Ein Beispiel ist der Geruch von Leder,<sup>8)</sup> den viele als angenehm bewerten und der zum Beispiel im In-

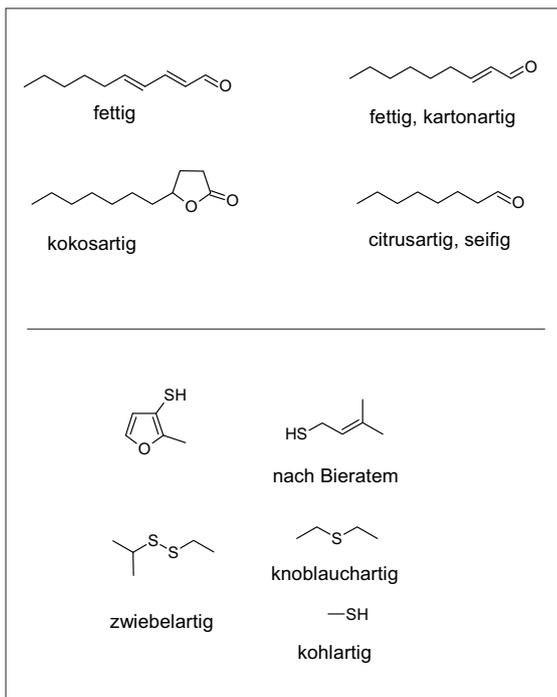


Abb. 2. Oben: Fett-assoziierte Geruchsstoffe, die nicht nur wichtige Lebensmittelaromastoffe sind, sondern auch Geruchsstoffe aus Getränke-Verpackungsmaterialien oder Linoleum sein können;<sup>5,6)</sup> unten: Störgeruchsstoffe in Gips.<sup>7)</sup>

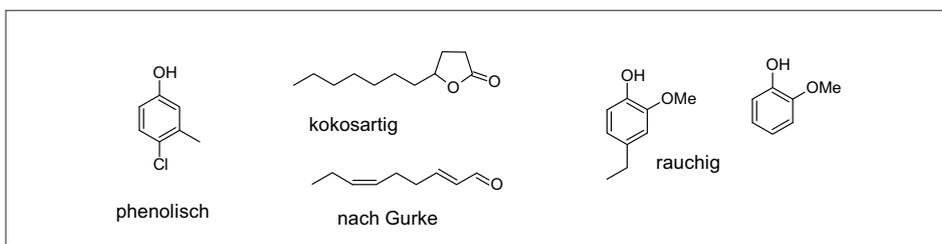


Abb. 3. Leder-spezifische Geruchsstoffe, die unter anderem auf den Gerbungsprozess zurückzuführen sind.<sup>8)</sup>

nenraum von Autos oft erwünscht ist. Allerdings stammen die typischen Geruchsstoffe nicht aus dem Leder selbst, sondern entstehen erst bei der Lederherstellung durch den Konservierungs- und Gerbprozess, etwa das phenolisch riechende 4-Chlor-3-methylphenol (Abbildung 3).<sup>8)</sup>

Manche empfinden „Neuwagen-geruch“ als positiv und assoziieren damit Urlaub, Freiheit, Geschwindigkeit, während andere mit Abscheu oder physiologischen Symptomen wie Übelkeit und Kopfschmerzen reagieren.

Der Mensch kann über unterschiedlichste Wege mit Geruchsstoffen interagieren: Er kann sie einatmen, schlucken oder über die Haut aufnehmen. Die unmittelbare Geruchsstoff-Interaktion im Riechprozess (orthonasale Geruchswahrnehmung) und bei der Nahrungsaufnahme (retronasale Geruchswahrnehmung) ist verhältnismäßig intensiv erforscht.<sup>11)</sup> Dabei wurde in den letzten Jahren deutlich, wie dynamisch die Prozesse bei der Geruchswahrnehmung ablaufen.

Noch vor wenigen Jahren ging man davon aus, dass ein Lebensmittelaroma bereits in seiner endgültigen Form vorliegt und durch das Kauen aus der Lebensmittelmatrix nur freigesetzt werden muss. Allein beim Zerbeißen pflanzlicher Lebensmittel berücksichtigte man, dass enzymatische Prozesse Geruchsstoffe im Mund erzeugen.<sup>12,13)</sup> Neuere Untersuchungen machen jedoch deutlich, dass Geruchsstoffe bereits durch Speichelwirkung und die Mundflora generiert oder auch abgebaut werden und dies mit mitunter deutlicher Variabilität.<sup>12,14)</sup> Zudem laufen in der Nase Umwandlungsprozesse ab, die ebenfalls die Geruchswahrnehmung beeinflussen.<sup>15)</sup>

Weitere Studien zeigen, dass Geruchsstoffe in wesentlichem Umfang mit den Schleimhäuten in Mund-, Nasen- und Rachenraum interagieren. Dies führt zu deutlichen Konzentrationsunterschieden eines Aromas bei seiner Passage vom Naseneingang oder aus dem Mundraum zum olfaktorischen Epithel (Abbil-

dung 4).<sup>14)</sup> Diese „regio olfactoria“ bezeichnet einen kleinen Teil der Nasenschleimhaut im obersten Bereich der Nasenhöhle, und ist Expressionsort der Geruchsrezeptoren.

Beim Einatmen interagiert zwar ein kleiner Teil der Geruchsstoffe mit den Geruchsrezeptoren, der größte Teil jedoch gelangt über die Atemwege in die Lunge. Dort werden die Geruchsstoffe bereits in wesentlichem Umfang metabolisiert oder resorbiert,<sup>16)</sup> um dann im Organismus mögliche weitere post-inhalatorische physiologische Effekte hervorzurufen. In den letzten Jahren hat dieser Aspekt verstärkte Aufmerksamkeit erfahren. Gleiches gilt für die Tatsache, dass beim Essen nur ein relativ geringer Teil der Aromen über den retronasalen Weg aus dem Mund über den Rachenraum in die Nase trans-

portiert und dort wahrgenommen wird, der Löwenanteil aber geschluckt wird. Entsprechend stieg das Interesse an der Dynamik, die der Aufnahme zugrunde liegt (Resorptions- und Transfer- und Verteilungseffekte), an der physiologischen Umwandlung von Geruchsstoffen, aber auch an ihre Abgabe durch Ausscheidung oder Ausatmen.<sup>17–20)</sup>

Vermeehrt kommen Methoden zum Einsatz, die Aufnahme- und Abgabeprozesse beim Menschen zeitaufgelöst verfolgen. Dazu zählen Methoden der Atemdiagnostik, die Geruchstoffaufnahme und Abatemprozesse zum Beispiel online mit einem Massenspektrometer aufnehmen (Abbildung 5).<sup>17)</sup>

Nach Einatmen von Geruchsstoffen oder ihrer Aufnahme mit der Nahrung sowie Resorption oder Bio-

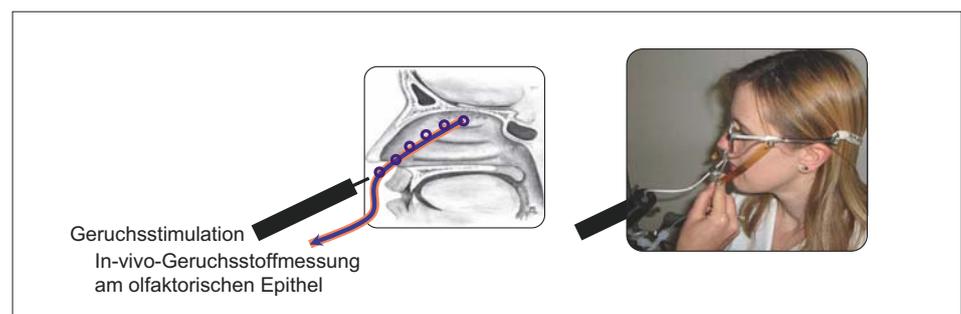


Abb. 4. Messung des Geruchstoff-Transfers von der Geruchsquelle bis hin zum olfaktorischen Epithel im Nasenraum.<sup>14)</sup>

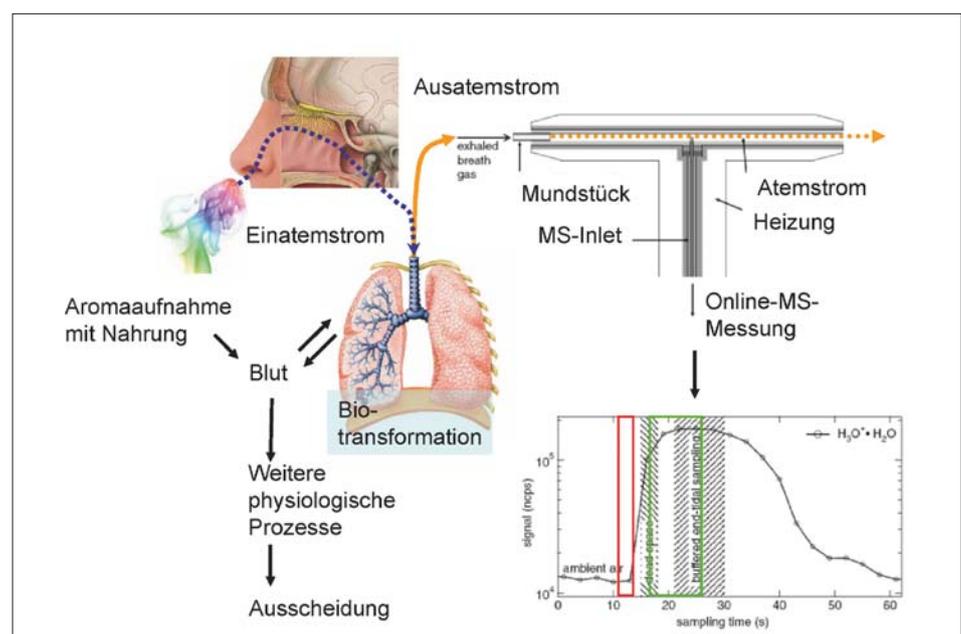


Abb. 5. Untersuchungen zum Ein- und Ausatmen von Geruchsstoffen mit online-massenspektrometrischen Methoden wie der Proton-Transfer-Reaktion-Massenspektrometrie (PTR-MS) in Abhängigkeit von resorptiven und biotransformativen Prozessen, sowie zur Bewertung von Verteilungsgleichgewichten von Geruchsstoffen und deren Metaboliten.<sup>15,21)</sup>

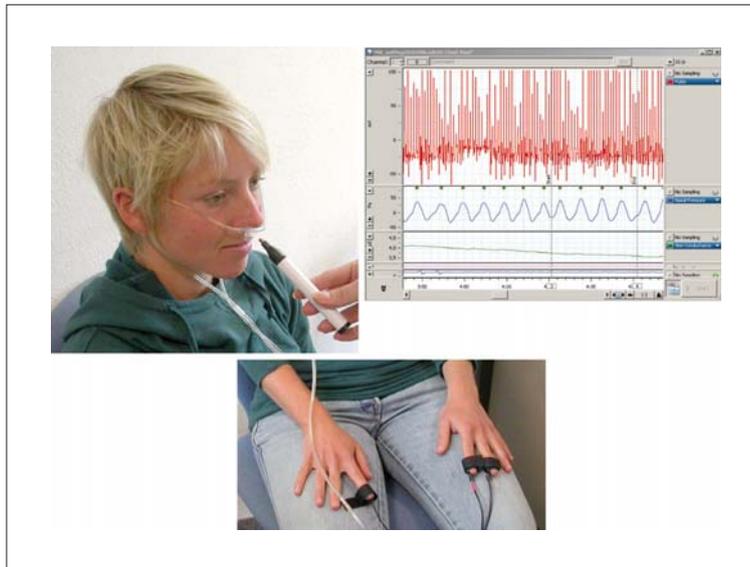


Abb. 6. Verhaltensbiologische und physiologische Testung der Wirkung von Geruchsstoffen auf den Menschen. Analysiert werden unter anderem Parameter wie Atemverhalten, Puls, Hautleitfähigkeit und Hautwiderstand sowie Mimik.<sup>25)</sup>

transformation im menschlichen Körper können Geruchsstoffe weitere Effekte hervorrufen. So aktivieren Geruchsstoffe Rezeptoren im Zentralnervensystem wie  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA)-Rezeptoren oder Ionenkanäle.<sup>22,23)</sup> Inwieweit derartige Prozesse von physiologischer Relevanz für unser Wohlbefinden sind, ist eines der aktuellen Themen der Geruchsforschung.

### Wahrnehmung, Interpretation, Kommunikation und Reaktion

◆ Selbst wenn wir uns dessen nicht bewusst sind, reagieren wir unmittelbar und oft deutlich erkennbar auf Geruchsreize im Alltag. Oft kommunizieren wir nicht einmal verbal, wenn uns ein Geruch entgegenschlägt und reizt, und bemerken nicht, dass wir beispielsweise mit Naserümpfen reagieren. Körpergerüche in überfüllten Räumen<sup>24)</sup> oder in der U-Bahn etwa spricht selten jemand an, aber die Gesichtsausdrücke zeigen Aversion.

Bleibt man längere Zeit in dem betreffenden Raum, nehmen wir einen Geruchseindruck oft nicht mehr wahr. Trotzdem kann man am physiologischen Response ablesen, dass auch schwache Gerüche deutliche Reaktionen auslösen, speziell wenn sie als eher ungewohnt oder unange-

nehm eingestuft werden. Testungen zum physiologischen Biofeedback oder durch Verhaltensuntersuchungen objektivieren solche Reaktionen (Abbildung 6).<sup>25)</sup>

Breiteres Grundlagenwissen auf molekularer Ebene und damit einhergehend eine gezieltere Qualifizierung und Quantifizierung von Geruchsstoffen auch in sehr geringen Konzentrationen (etwa in Raumluft) erlauben es, Geruchswirkungen am Menschen zielgerichtet zu analysieren und zu bewerten. Dabei lassen sich die Untersuchungen auf spezifische Einzelsubstanzen in ihren tatsächlichen Konzentrationen fokussieren.

**Andrea Karin Büttner**, Jahrgang 1971, studierte von 1991 bis 1995 Lebensmittelchemie an der Ludwig-Maximilians-Universität, München. 1999 promovierte sie an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching, und am Institut für Lebensmittelchemie der TU München. Von 1999 bis 2002 war sie an beiden Instituten Postdoc. Im Juni 2006 habilitierte sie sich an der TU München. Seit Januar 2007 leitet sie die Arbeitsgruppe Analytische Sensorik am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Freising, und seit November 2007 eine Nachwuchsforschergruppe im BMBF-Programm „Molekulare Grundlagen der humanen Ernährung“ an der Universität Erlangen.

andrea.buettner@lmchemie.uni-erlangen.de  
andrea.buettner@ivv.fraunhofer.de



### Die Wahrnehmung von Gerüchen und das Gedächtnis

◆ Obwohl das Bewusstsein in unseren Geruchswahrnehmungsprozessen oft untergeordnet ist, spielt der Geruchssinn für das Gedächtnis in bestimmten Situationen und Lebensphasen eine wichtige Rolle. Gerade in der Frühphase des Lebens erlernen Menschen Gerüche hocheffizient und verknüpfen sie stark mit Emotionen sowie positiven und negativen Erfahrungen. Diese steuern unsere späteren Reaktionen auf diese Gerüche.

Zunehmend wird klar, dass die individuelle Bewertung von Gerüchen ein extrem komplexes Phänomen ist. So untersuchen zahlreiche Arbeitsgruppen aus Chemie, Psychologie und Verhaltensbiologie, inwieweit sich der frühkindliche Kontakt mit bestimmten Aromen zum Beispiel im Mutterleib oder in den ersten Lebenswochen auf spätere Geruchsvorlieben, Ernährungsgewohnheiten und Präferenzen auswirkt.<sup>26,14)</sup> Auch die mögliche Konditionierung auf Störgerüche oder solche, die Erwachsene als solche bewerten, ist hier von Interesse.<sup>27–30)</sup> Denn die Frage, was eigentlich gute und schlechte oder natürliche Gerüche sind, und die damit zusammenhängenden Reaktionen, ist noch nicht beantwortet.

#### Literatur

- 1) F. Mayer, K. Breuer, K. Sedlbauer: „Material and indoor odors and odorants.“ In: Organic indoor air pollutants. (Hrsg.: T. Salthammer, E. Uhde, ), Wiley-VCH, Weinheim, 2009.
- 2) O. Tyapkova, M. Czerny, A. Buettner, Polymer Degrad. Stabil. 2009, 94, 757.
- 3) F. Mayer, K. Breuer: „The influence of processing conditions on plastic material odor“, Indoor Air 2008, Copenhagen, Paper ID: 495.
- 4) M. Czerny, A. Buettner, J. Agric. Food Chem. 2009, 57, 9979.
- 5) A. Strube, A. Buettner, C. Groetzinger, Water Sci. Technol.: Water Supply – WSTWS 2009, 9 (3), 299.
- 6) F. Mayer, K. Breuer, Indoor Air 2006, 16, 373.
- 7) A. Burdack-Freitag, F. Mayer, K. Breuer. Clean 2009, 37, 459.
- 8) M. Czerny, P. Schieberle: „Identification of intense odorants in leathers produced by different tanning systems.“ In: Recent

Highlights in flavor chemistry biology.  
(Hrsg.: T. Hofmann, W. Meyerhof, P. Schieberle), Eigenverlag Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 2007, 351.

- 9) M. Czerny, P. Schieberle, B. Maier, G. Riess, A. Gronauer, H. Schoen, Landtechnik 2001, 5, 342.
- 10) R. Horton, S. Wing, S. Marshall, K. Brownley, Am. J. Public Health, Suppl. 3, 2009, 99, 610.
- 11) A. Buettner, Aroma release and perception during consumption of food taking into account physiological aspects. Verlag Dr. Hut, München, 2007.
- 12) A. Buettner: „In vivo flavour monitoring: from stimulation via perception to appreciation.“ Proceedings of the 9th Wartburg Symposium on Flavor Chemistry & Biology (Hrsg.: T. Hofmann, W. Meyerhof, P. Schieberle), Eigenverlag Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching, 2011, im Druck.
- 13) H. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle, Food Chemistry, 3rd ed, Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- 14) A. Buettner, J. Beauchamp, Food Qual. Pref. 2010, 21, 915.
- 15) A. Chougnet, W. D. Woggon, E. Locher, B. Schilling, ChemBioChem. 2009, 10 (9), 1562.
- 16) X. Ding, L. Kaminsky, Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 2003, 43, 149.
- 17) J. Beauchamp, F. Kirsch, A. Buettner, J. Breath Res. 2010, doi: 10.1088/1752-7155/4/2/026006.
- 18) K. Horst, M. Rychlik, Mol. Nutr. Food Res. 2010, 54, 1515.
- 19) A. Zeller, K. Horst, M. Rychlik, Chem. Res. Toxicol. 2009, 22, 1929.
- 20) N. Stadler, V. Somoza, W. Schwab, J. Agric. Food Chem. 2009, 57, 3949.
- 21) J. Beauchamp, A. Buettner: „From pharmacokinetics to sensory science: the versatility of PTR-MS in a multidisciplinary environment“, Proceedings of the 5th PTR-MS conference, Obergurgl, Österreich, 2011, 25.
- 22) O. A. Sergeeva, O. Kletke, A. Kragler et al., J. Biol. Chem. 2010, 285, 23985.
- 23) A. Moussaieff, N. Rimmerman, T. Bregman et al., FASEB J. 2008, 22, 3024.
- 24) A. Burdack-Freitag, R. Rampf, F. Mayer, K. Breuer. Proceedings of Healthy Buildings 2009, Paper 645.
- 25) J. Beauchamp, M. Mertens, A. Buettner, unveröffentlicht.
- 26) B. Schaal, T. Hummel, R. Soussignan, Clin. Perinatol. 2004, 31(2), 261, vi.
- 27) J. Spitzer, S. Doucet, A. Buettner, Food Qual. Pref. 2010, 21, 998.
- 28) G. Beauchamp, J. Mennella, J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. 2009, 48 Suppl. 1, 25.
- 29) J. Mennella, G. Beauchamp. Dev. Psychobiol. 1999, 35(3), 197.
- 30) J. Poncelet, F. Rinck, F. Bourgeat et al., Behav. Brain Res. 2010, 208, 458.

GDCh

GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

Mitglied in einem  
lebendigen Netzwerk werden!



Über 28.000 Mitglieder machen aus der  
Gesellschaft Deutscher Chemiker eine starke  
und dynamische Wissenschaftsorganisation.

Werden Sie Mitglied und profitieren Sie von einer  
Fachgesellschaft, die sich durch umfassende  
Leistungen, hohe Netzwerkaktivitäten und  
beständiges Wachstum auszeichnet!

Kontakt:

Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.  
Mitgliederservice      Telefon: +49 69 7917-334/-335/-372  
Postfach 90 04 40      Fax: +49 69 7917-374  
60444 Frankfurt am Main      E-Mail: ms@gdch.de

[www.gdch.de](http://www.gdch.de)