

Peter Boeker

Auf der Suche nach der „elektronischen Nase“

Der Geruchssinn ist so etwas wie der vergessene Sinn – und überaus schwer zu enträtseln. Bislang ist die Forschung dabei auf Probanden angewiesen. Nun wird mit integrativen Ansätzen stärker versucht, Geruchswahrnehmungen auch technisch-sensorisch zu messen.



Brechbühler AG
Type: HI □80 □81/40
Model No: 01010021.03
Serial No: 01037-028-010
Made in Switzerland



Ein Hund läuft schnüffelnd von Baum zu Baum, konzentriert auf verborgene Duftspuren. Wer wüsste nicht um die Bedeutung des Riechens für den Hund? Aber was bedeuten Gerüche eigentlich für den Menschen? Die meisten werden wenige Gedanken daran verschwendet haben. Geruch ist eben manchmal da, Wohlgerüche wie Rosenduft erfreuen uns, häufiger erleben wir Gerüche wie Gülleschwaden als Belästigung. Leider macht oft erst der Verlust den Wert einer Sache deutlich! Nicht mehr Sehen oder Hören zu können, ist beängstigend. Aber Geruch, können wir darauf nicht gut verzichten?

Dabei ist das Riechen einer unserer fünf klassischen Sinne neben Sehen, Hören, Fühlen und Schmecken. Riechen und Schmecken sind die beiden „chemischen Sinne“. Beide nehmen nicht physikalische Reize auf, sondern reagieren auf Moleküle. Entwicklungsgeschichtlich sind diese chemischen Sinne sogar die ältesten. Ist es aber möglich, dass das Riechen in unserer Zeit und Kultur längst an Bedeutung verloren hat, in einer Umwelt voller optischer und akustischer Reize?

Weit gefehlt, wie schon jeder schwere Schnupfen zeigt. Das Essen verliert dann jeden Reiz, der Besuch eines Feinschmeckerlokals wäre pure Verschwendung. Denn Schmecken ist vor allem Riechen. Auf der Zunge werden nur wenige Qualitäten wie süß, sauer, salzig oder bitter empfunden. Die Aromen werden erst über den Geruchssinn wahrgenommen, indem Geruchsstoffe über den Rachenraum zur Nase gelangen; man spricht vom „retronasalen Riechen“. Der Verlust des Geruchssinns durch Verletzung oder Krankheit beraubt uns daher auch des feinen Geschmackssinns und damit eines großen Teils von Lebensgenuss.



Foto: Lannert, Bonn

Ideen und Einsatz sind gefragt, um dem Traum einer „elektronischen Nase“ näherzukommen.

Gerüche werden längst gezielt eingesetzt. Das sogenannte Duftmarketing versucht Kaufbereitschaft mit passenden Beduftungen zu erzielen. Der Duft von frisch gebackenen Brötchen aus Backautomaten ist längst Teil der Vermarktungsstrategien von Bäckereien und Brot-

shops. Raffinierter und verdeckter ist die gezielte Beduftung mit speziellen Apparaturen oder über die Klimatisierung in Einkaufsläden und Hotels.

Das Bemerkenswerte: Geruch weckt ungefilterte Emotionen. Mit diesen Emotionen sind häufig auch

weit zurückreichende Erinnerungen verknüpft. In Marcel Prousts großem Roman „Auf der Suche nach der verlorenen Zeit“ etwa ist der Auslöser für die erinnernde Rückschau das Aroma eines Madeleine-Gebäcks. Düfte haben die Macht, Erinnerungen direkt zu wecken, Gefühle unmittelbar wieder wachzurufen. Das versucht auch die Konsumindustrie für ihre Ziele zu nutzen.

Aber auch wissenschaftlich hat die Forschung rund um den Geruch viele Facetten. Die Entschlüsselung der genetischen Fundierung des Geruchs wurde mit dem Nobelpreis für Medizin 2004 bedacht. Mediziner untersuchen die Auswirkungen von Krankheiten, wie Parkinson oder Alzheimer, auf den Geruchssinn. Entsprechende Geruchstests könnten ein Frühindikator dafür sein und Therapien begleiten. Für Lebensmitteltechnologien und Aromachemiker sind die Geruchsstoffe eine Schlüsselkomponente der Lebensmittel-

qualität. Immer und überall sind naturwissenschaftliche Messtechniken beteiligt, deren Entwicklung und Einsatz umfangreiches chemisches und physikalisches Know-how erfordert. Um nicht den fachspezifischen Tellerrand mit dem Horizont zu verwechseln, sind gerade bei Geruchsforschungen interdisziplinäre Ansätze fruchtbar. Weder lässt sich der Geruch auf rein chemische Aspekte reduzieren noch reicht eine rein phänomenorientierte Beschreibung aus.

Auch die technische Frage nach der Messbarkeit ist ebenso interessant wie relevant: Riecht ein Produkt, etwa ein neues Auto, gut? Ist die Belästigung einer nahen Fabrik mit ihren Industrierüchen noch tolerabel? Was stinkt da eigentlich aus dem neuen Kamin des Nachbarn? Solche und ähnliche Fragen können heute nur mit menschlichen Probanden beantwortet werden. Nicht geschulte Parfümeure, sondern gewissermaßen „durchschnitt-

liche Riecher“ sind hier gefragt. Natürlich sind solche Untersuchungen aufwendig und kostspielig. Auch die Objektivität solcher Untersuchungen wird mitunter angezweifelt.

Wie schön wäre es, ein handliches Messgerät zu haben, das den Geruch ermittelt und anzeigt, eine „elektronische Nase“, wie es ja auch Kameras als elektronische Augen oder Mikrofone als elektronische Ohren gibt. Tatsächlich treibt dieses Ziel seit den 1980er-Jahren Forscher in der ganzen Welt an. Die Inspiration zum Bau elektronischer Nasen kam dabei direkt vom natürlichen Vorbild. Unser Geruchssinn beruht auf spezialisierten Riechzellen, die durch Geruchsstoffe aktiviert werden. Millionen dieser Riechzellen sind in der Riechschleimhaut der Nase vorhanden. Allerdings ist die Zahl der verschiedenen Riechzellentypen kleiner, lediglich etwa 400 Sorten reagieren auf einzelne Geruchsstoffe. Natürlich sind damit nicht nur 400 Geruchsarten unterscheidbar.

Doktorand Jan Leppert am Bonner Institut für Landtechnik bei der aufwendigen Arbeit mit sogenannten Geruchsprobenbeuteln.



Foto: Lammert, Bonn

Die vielen möglichen Muster der Zellenaktivierung werden vom Gehirn entschlüsselt und den verschiedenen Gerüchen zugeordnet.

Die Pioniere des Gebietes haben daraus einige Analogieschlüsse gezogen: Geruchsstoffe sind Gase, Riechzellen sind spezialisierte Sensoren für Gase, das Gehirn verarbeitet Signalmuster wie ein Computer auch. So waren dann erste elektronische Nasen Zusammenstellungen von Gassensoren, deren Signale je nach gemessenem Geruch ein spezifisches Muster ergaben. Über die verschiedenen Muster konnten angeschlossene Computer die Gerüche zuordnen oder Abweichungen von einem gewünschten Standard erkennen.

Was sich wie eine gradlinige Erfolgsgeschichte anhört, stellte sich aber bald als viel schwieriger heraus. Die Zuordnung der Gerüche zu den Signalmustern und umgekehrt versagte häufig. Zuerst wurden technische Unzulänglichkeiten als Ursache vermutet und viel in die

Verbesserung der Systeme investiert. Das führte aber nicht zu einer Lösung. Die Ursachen lagen tiefer und forderten eine interdisziplinäre Analyse heraus.

Die Evolution des Lebens hat neben der physischen Gestalt auch unsere Sinnesorgane geprägt. Schöpfer der Evolutionären Erkenntnistheorie wie Konrad Lorenz haben auch auf die Prägung der Sinnesorgane durch den evolutionären Prozess hingewiesen. Die von unserem Geruchssinn erfassten Gerüche sind nicht nur erfreuliche oder lästige Begleiterscheinung des Lebens, sondern transportieren wichtige Informationen. Zur Nahrungssuche war es nötig, auch über große Entfernungen den Geruch reifer Früchte wahrzunehmen. Verderbene Nahrung müssen wir vor dem Verzehr erkennen, wir tun das am charakteristisch abstoßenden Geruch von Verderb und Fäulnis. Anders gesagt: Die Evolution schafft

effiziente Lösungen, weshalb der Geruchssinn selektiv ist. Nur wenige Prozent aller Gase in der Luft sind informationstragende Geruchsstoffe, für den großen Rest sind wir „geruchsblind“.

Für die technische Messung von Geruch hat das gravierende Konsequenzen. Gassensoren, die Gase unterschiedslos messen, egal ob geruchsaktiv oder geruchslos, sind ein unzulänglicher Ersatz für unsere biologischen Riechzellen. Auch mit noch so ausgefeilten Datenverarbeitungen kann dieses Defizit nicht ausgeglichen werden. Künftige Forschungsarbeiten zu elektronischen Nasen werden sich daher an der Selektivität des Geruchssinns orientieren und auf das inzwischen entschlüsselte Repertoire der Geruchsrezeptoren zurückgreifen müssen. Die große Herausforderung besteht hier in der langlebigen Verbindung von biologischen Strukturen mit mikroelektronischen Bauteilen.

Weil das handliche autonome Geruchsmessgerät noch Science Fiction ist, werden heute Kombinationsmethoden zwischen technischer Messtechnik und der menschlichen Nase zur Analyse von Geruch eingesetzt. Weist ein Produkt etwa einen auffällig abweichenden Geruch auf, den sogenannten „Fehlgeruch“, so ist der spezialisierte analytische Chemiker gefragt. Zuerst werden die vom Produkt abgegebenen Gase aufgefangen und gesammelt. Mit aktivkohleähnlichen Substanzen, den Adsorbentien, kann man das über eine längere Zeit machen. Nun werden diese Adsorbentien aufgeheizt und die Gase konzentriert freigesetzt. Das Gemisch der verschiedenen Gase und der darin enthaltenen Geruchsstoffe wird nun aufgetrennt, um jeden einzelnen Stoff analysieren und beriechen zu können.

Was ist zu erschnüffeln? Versuchsleiter und Geruchsprobandin am GC-Olfaktometrie-System.





Konzentriert und ganz in seinem Element: Ein Parfumeur im südfranzösischen Grasse, der Welthauptstadt des Parfums.

Das Verfahren dazu nennt sich Gaschromatografie und wird in langen und dünnen Glaskapillaren ausgeführt. Je nach Wechselwirkung mit den beschichteten Wänden der Kapillaren wandern die Stoffe schneller oder langsamer hindurch. Am Ende kommt jeder Stoff zu einer anderen Zeit an. Mit Massenspektrometern, das heißt Verfahren zum Messen der Masse von Atomen oder Molekülen, können die Stoffe nun bestimmt werden. Für Geruchsuntersuchungen wird abschließend ein Teil abgezweigt und einem Riechausgang zugeführt. Hier sitzen geschulte Riechexperten, die jeden Geruchsstoff beschreiben und dessen Intensität festhalten. Im Produktvergleich versucht man die Stoffe zu identifizieren, die den geruchlichen Unterschied verursachen. Das muss nicht zwingend ein einzelner Geruchsstoff sein, oft sind

es Verschiebungen der Konzentrationen oder mehrere verschiedene Geruchsstoffe, die sich für unsere Nasen unglücklich mischen, wie bei einem schlecht gewürzten Essen.

Die Pioniere solcher Geruchsanalysen waren naheliegenderweise Lebensmittelchemiker. Da Aroma mehr Geruch als Geschmack ist, wurden ausgefeilte Methoden entwickelt, den Beitrag einzelner Geruchsstoffe auf das erlebte Aroma, etwa ein Erdbeeraroma, zu erforschen. Das hat die Kehrseite, dass mit diesem Wissen auch synthetische Aromen entwickelt werden können. Sie enthalten anstelle von vielen natürlichen Anteilen nur wenige Geruchsstoffe, sind in ihrer austarierten Mischung aber vom Original kaum zu unterscheiden. Leider scheint das zu einer gewissen Stan-

dardisierung von Aromen zu führen. So können – um nur ein Beispiel zu nennen – der Maracuja-Yoghurt und das Maracuja-Haarshampoo auffällig ähnlich schmecken oder riechen. Die Geruchsforschung ist ein weites, inspirierendes Arbeitsfeld.



PD Dr. Peter Boeker

forscht und lehrt an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn.

Adresse: Universität Bonn, Institut für Landtechnik, Abt. Sensorik / AltraSens, Nussallee 5, 53115 Bonn

DFG-Förderung im Einzelverfahren.

www.altrasens.de

