

Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft 1998

Elektronische Mikronasen für mehr Sicherheit am Arbeitsplatz

Henry Baltes, Wolfgang Göpel, Massimo Rudan

Miniaturisierte Spürnasen nach dem Vorbild des menschlichen Geruchsorgans können vor giftigen und schädlichen Substanzen in der Luft warnen, biotechnische Prozesse kontrollieren helfen und Geruchsbelästigungen erstmals objektiv erfassen.



Um die Mikronase zu entwickeln, mussten die Forscher Erkenntnisse der Chemie mit Halbleitertechnologie kombinieren.
(Foto: Friedrun Reinhold)

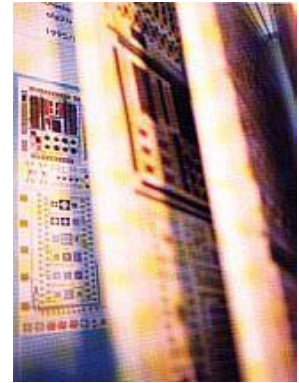
Wann immer wir in einen saftigen Apfel beißen, einen edlen Wein kosten oder uns eine sahnig-süße Praline auf der Zunge zergehen lassen entsteht ein Feuerwerk verschiedenster Düfte in unserem Gaumen. Es wird von der Nase registriert und teilt dem Gehirn mit, welcher Köstlichkeit wir uns gerade hingeben. Hunderte von chemischen Substanzen identifiziert unser Riechorgan in einem solchen Moment und lässt uns einen Boskop von einem Cox Orange, einen Moselwein von einem französischen Chablis oder eine Vollmilchschokolade von einer anderen Sorte unterscheiden. Schätzungsweise 10 000 verschiedene Düfte vermag das menschliche Geruchsorgan wahrzunehmen. Dazu verhelfen ihm rund 1 000

verschiedene Typen von Geruchsrezeptoren, die jeweils vielfach vorkommen und so insgesamt Millionen von Riehzellen in der Nasenschleimhaut bilden. Noch 1 000 bis 1 Million Mal empfindlicher als die Nase des Menschen ist beispielsweise die eines Hundes, dessen Geruchsorgan mehr als 100 Millionen Riehzellen trägt. Rekordhalter beim Aufspüren eines spezifischen Duftes sind männliche Seidenspinner: Sie können ein Weibchen ihrer Art über eine Entfernung von elf Kilometern wahrnehmen – eine für einen Menschen unvorstellbare Fähigkeit.

Kein Wunder, dass Wissenschaftler und Ingenieure trachten, dieses wunderbare Sinnesorgan von Mensch und Tier künstlich nachzuahmen. Und das hätte auch durchaus handfeste Anwendungsmöglichkeiten: Ein Messsystem für Düfte könnte beispielsweise die Luftqualität in Räumen überwachen, vor schädlichen oder giftigen Substanzen warnen oder Quellen von unangenehmen Gerüchen nachgehen. Damit wäre es der menschlichen Nase zum Teil sogar überlegen, denn diese hat zwei wesentliche Nachteile: Zum einen kann sie manche, auch hochgiftige Stoffe nicht wahrnehmen – so das in größeren Mengen schädliche Kohlendioxid oder das hochgiftige Kohlenmonoxid. Zum anderen kann unser Geruchsorgan Düfte nicht mengenmäßig erfassen: Wir stellen fest, ein Geruch ist stärker als ein anderer oder er riecht unangenehm, doch die Empfindlichkeit ist subjektiv und jeweils von der Situation abhängig. Kein Mensch kann sagen, ein bestimmter Stoff sei jetzt in soundso viel Gramm pro Kubikmeter Luft enthalten. Ein Messsystem für Düfte hingegen könnte diese Nachteile der menschlichen Nase vermeiden, könnte Gerüche objektiv vergleichbar und archivierbar machen.

Universität Tübingen schon seit vielen Jahren damit befasst, künstliche Nasen zu entwickeln. Herausgekommen war dabei das »Modulare Sensor System für Gerüche, Gase und Aromen«, abgekürzt »MOSES«. »Es ist uns mit MOSES erstmals gelungen, Gerüche wirklich sauber und reproduzierbar zu erfassen«, erzählt Professor Göpel und fügt nicht ohne Stolz hinzu: »Wir sind inzwischen weltweit führend darin, Gerüche mit derartigen Instrumenten zuverlässig zu messen und zu identifizieren.«

MOSES ist ein universelles Gerät, eine Art »Supernase«, die alle möglichen chemischen Stoffe in der Luft registrieren kann. Sie hat allerdings die Ausmaße eines kleinen Turmes, der inklusive Rechner gerade mal auf einem Schreibtisch Platz findet. Hier kam nun dem Experten für Geruchssensorik Göpel die Bekanntschaft zu dem Experten für Mikrosensorik Professor Dr. Henry Baltes zugute.



An der ETH Zürich gibt es eine spezielle Bibliothek, in der das Design der Mikrosensoren dokumentiert wird.

(Foto: Friedrun Reinhold)

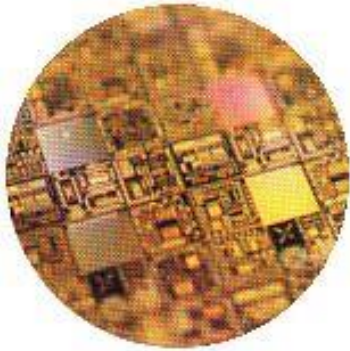


Henry Baltes, Massimo Rudan und Wolfgang Göpel (v.l.)
(Foto: Friedrun Reinhold)

Baltes und seine Mitarbeiter am Institut für Quantenelektronik der Eidgenössisch Technischen Hochschule in Zürich hatten in den vergangenen zehn Jahren zahlreiche Sensorchips für verschiedene physikalische Größen entwickelt, zum Beispiel für Luftströmung, Temperatur, Luftdruck, Magnetfelder, Infrarot – und Ultraviolettstrahlung, Viskosität, Ultraschall, Füllstand. Es handelt sich dabei um Siliziumchips, auf denen winzige Sensorelemente mit elektronischen Schaltungen integriert sind. Das erlaubt eine kostengünstige Massenproduktion im Wesentlichen mit bestehenden Fabrikationsanlagen. Die Entwicklung dieser Chips hatten die Zürcher

Forscher bereits so weit perfektioniert, dass die Schaltungen die Sensorsignale störungsfrei auswerten. Nach Diskussionen in Tübingen und Zürich beschlossen Baltes und Göpel, ihre Erfahrungen auszutauschen, auf dem Gebiet der chemischen Sensoren zusammenarbeiten und dabei zunächst Prototypen von mikrostrukturierten Systemen zu entwickeln, die kostengünstig herstellbar sein sollten. Daraus sollte dann die Mikronase entstehen – eine Messeinheit in der Größe eines Taschenrechners, die für bestimmte Aufgaben geeignet, leicht zu handhaben und zu transportieren ist.

Für die Entwicklung des Gerätes wurde allerdings noch ein weiterer Spezialist benötigt, der die komplizierten mathematischen Operationen zur Auswertung der Duftsignale in einen integrierten Schaltkreis übertragen konnte. Denn dazu war bei »MOSES« noch ein Tischcomputer nötig, während bei der neuen Mikronase sowohl die Sensoren als auch die Elektronik auf einem einzigen Chip sitzen sollten. Baltes und Göpel gewannen daher den Fachmann für Computer-Design Professor Dr. Massimo Rudan von der Universität Bologna als Dritten im Bunde. Damit war die Grundlage geschaffen für das Projekt »Elektronische Mikronase für flüchtige organische Verbindungen«, das mit dem diesjährigen Körper-Preis für die Europäische Wissenschaft ausgezeichnet und mit 700.000 DM gefördert wurde.

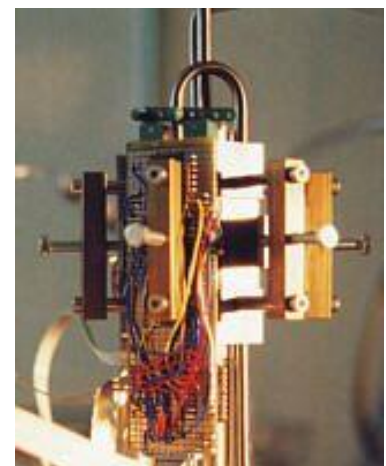


Ein Chip ist mit mehreren kunststoffbeschichteten Sensoren bestückt
(Foto: Friedrun Reinhold)

Und so soll die neue Mikronase funktionieren: So genannte Transducer – kleine Sensoren auf dem Chip – werden mit bestimmten Polymeren (Kunststoffverbindungen) beschichtet, an die sich die Geruchsmoleküle binden können und die daraufhin spezifische elektrische Signale an den Auswertungscomputer senden. Von den Transducern gibt es drei verschiedene Typen: Das eine ist eine schwingende Zunge, deren Resonanzfrequenz sich ändert, wenn sich chemische Moleküle an sie lagern. Der zweite Typ misst eine Temperaturänderung, da Wärme frei wird, wenn sich ein Duftstoffmolekül anlagert. Der dritte Typ wiederum ändert seine Leitfähigkeit für Wechselstrom, sobald sich Duftmoleküle auf ihm niederlassen. Von den Polymeren gibt es neun verschiedene Sorten, die jeweils bestimmte Gruppen von Duftmolekülen binden, allerdings nicht hochspezifisch nur einen Duft erkennen. Jeder der drei

Transducertypen wird jeweils mit einem der neun Polymere beschichtet, so dass insgesamt drei mal neun, also 27 Sensoren auf einem Chip vorhanden sind. Da die Moleküle verschiedener Duftstoffe unterschiedliche chemische und elektrische Eigenschaften sowie unterschiedliche Gewichte haben, senden die 27 verschiedenen Sensoren ganz bestimmte Muster an Signalen aus, wenn sich ein spezifischer Duftstoff an sie bindet. Dieses Signalmuster wird mit Hilfe komplizierter Computeralgorithmen ausgewertet und auf diese Weise das Duftmolekül identifiziert. Die Signalstärke hängt dabei von der Menge der Geruchsmoleküle ab, so dass sich die Konzentration des Stoffes in der Luft objektiv bestimmen lässt. Ist es ein Gemisch aus verschiedenen Duftmolekülen, die sich an die Sensoren binden, überlagern sich die Signale der einzelnen chemischen Moleküle, doch kann der Computer auch diese Muster deuten und so das Duftgemisch identifizieren. Voraussetzung ist dabei, dass das künstliche Geruchsorgan etwa mit Hilfe vorgegebener Moleküle oder anhand der Dufteindrücke von menschlichen Nasen trainiert wird.

An denkbaren Einsatzmöglichkeiten für eine solche Mikronase mangelt es nicht. »Wir denken zunächst an zwei Anwendungen«, erklärt Professor Göpel. »Das eine ist der Bereich persönliche Sicherheit und Gesundheit. Zum Beispiel Kohlenwasserstoffe, die Mitarbeiter bestimmter Betriebe gefährden können, Perchloräthylen aus chemischen Reinigungsanlagen, giftige oder lästige Duftstoffe aus fabrikneuen Textilien oder Autos. Der zweite Bereich ist die Kontrolle von Fermentationsprodukten. So könnte die Gärung von Bier oder die Reifung von Joghurt oder Käse anhand der entstehenden Duftstoffe besser überwacht und gesteuert werden.« Auch ist daran zu denken, Kläranlagen zu überwachen und bei Überschreitung einer bestimmten – erstmals objektiv messbaren – Grenze der Geruchsbelästigung eine Art »Gestanksalarm« auszulösen oder aber vor giftigen Molekülen, die die menschliche Nase nicht wahrnehmen kann – wie das Kohlenmonoxid –, zu warnen. In Zukunft könnten praktisch beliebige Inhaltsstoffe der



Mit gezielt zugeführten Gerüchen können die Forscher ihre Mikronasen-Chips für bestimmte Duft-Aufgaben trainieren.

(Foto: Friedrun Reinhold)

Luft kontinuierlich und quantitativ überwacht werden. Doch damit sind die Vorzüge der elektronischen Nase noch nicht erschöpft. »Mit Hilfe der künstlichen Nase könnte man im gesamten Tierreich Duftvergleiche anstellen«, schwärmt Göpel und fährt fort: »Auch die Ursprünge für Gefühle ließen sich ausloten, denn Gefühle sind häufig an Gerüche gebunden, die unbewusst wahrgenommen werden.« So lässt sich vielleicht bald objektiv nachweisen, weshalb wir manche Menschen ausgesprochen sympathisch finden, andere hingegen im Wortsinn »nicht riechen« können.

Kontakt
Körper-Stiftung
Körper-Preis
Kehrwieder 12
20457 Hamburg
Telefon +49 40 · 80 81 92 -181
E-Mail koerberprize@koerber-stiftung.de