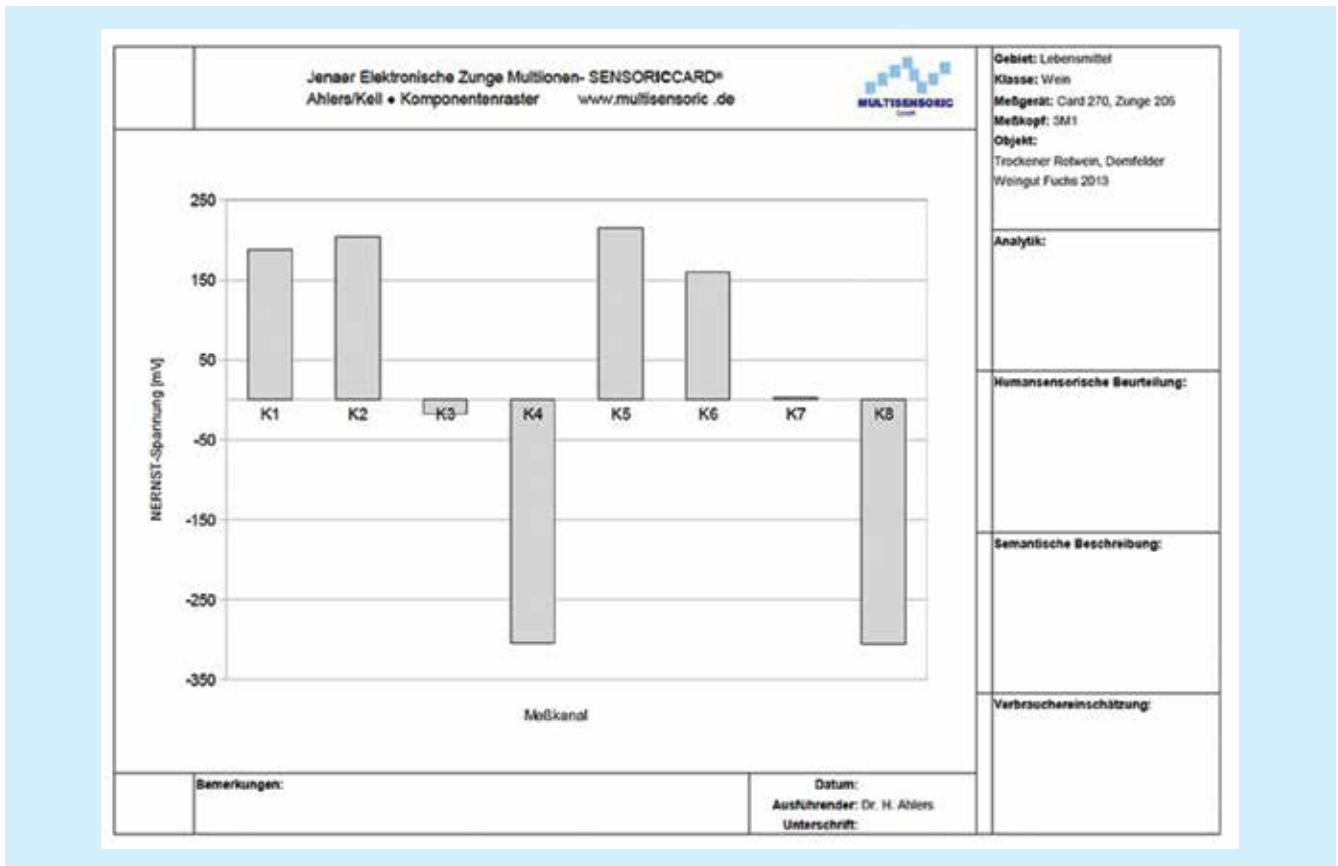


Wenn es auf der Zunge kribbelt

Einführung einer Beschreibungsebene für ionenhaltige Objekte

Das Labor der Zukunft kann auch in jedem Haushalt stehen. Mithilfe von technischen Sensorik-Systemen kann so beispielsweise die Qualität von Lebensmitteln, Reinigungs- oder Kosmetikprodukten einfach überprüft werden. Ein Beispiel: die Elektronische Zunge. HORST AHLERS*



Bilder: Multisensoric

1 Eine Kennung mit acht Vektorkomponenten (Fingerprints), gewonnen an acht Elektroden gegenüber einer Referenzelektrode (Messkanälen) der Elektronischen Zunge, beschreibt diesen 2013-er Wein des Weingutes Fuchs aus Flörsheim-Dalsheim als Original und kann zu seiner Identifizierung als autorisierte Deklaration eingesetzt werden.

Ionen bilden sich insbesondere in feuchten Medien, d.h. der Wassergehalt von z.B. Lebensmitteln und Lebewesen führt zu einer so genannten Dissoziation, also Bildung von Ionen. Diese sind elektrisch geladene Gebilde. Man isst und trinkt dissoziierte, elektrisch geladene Teilchen und Produkte und löst damit eine elektrische Informationskette an sei-

nen Rezeptoren aus, wenn es als Geschmack vom Gehirn wahrgenommen werden soll [2]. Aber auch andere Objekte außerhalb dessen, was man isst und trinkt, können sich in elektrisch geladene Gebilde zerlegen und stehen solchermaßen mit ihrer elektrischen Zustandsform zur Verfügung. Nur unlöslicher Stahl und Eisen als Paradebeispiele bleiben ohne Ionen wie auch viele Gegenstände, die in der Technik eingesetzt werden. Aber alle lebenden Organismen sowie alles, was Wasser enthält, liegt in ionisierter, d.h.

elektrischer Form vor. Dieser Aspekt muss erst klar sein, bevor die Bedeutung einer neuen Beschreibungsebene und dem dazugehörigen Instrumentarium erfasst werden kann. Inhaltsangaben von Lebensmitteln beispielsweise erfolgen zumeist als chemische Mengenangaben.

Elektrochemische Ladung in elektrische Spannung

Die Transformation aus der Welt der elektrischen Ionen in die Welt bequemer er-

* DR. H. AHLERS:
Multisensoric GmbH, 07743 Jena,
Tel. +49-3641-822845



2 Zwei Welten, die der chemischen und die der elektrischen, sind über die Nernst'sche Gleichung miteinander verbunden [3]. Das gilt nicht nur für Lebensmittel sondern auch für alle Ionen-enhaltenden Objekte.

fassbarer und verarbeitbarer elektrischer Spannungen ist nach den Arbeiten von Prof. Walther Nernst möglich. Die Ionen generieren an elektrisch leitenden Elektroden, wie bei einer Batterie auch, elektrische Potenziale. Diese ergeben gegenüber einer Referenzelektrode die besagten elektrischen Spannungen. Das erfolgt ohne Messstrom. Ein Objekt mit Ionen ist dann eine elektrische Spannungsquelle mit Innenwiderstand. Sie kann mit Spannungsmessgeräten erfasst werden. Bei Kombination mehrerer Elektroden unterschiedlichen Materials werden diese mit einem Multiplexer abgetastet. Dadurch entsteht eine Reihe von Spannungswerten, die als Vektorkomponenten aufzufassen sind. Sie beschreiben das ionenenthaltende Objekt. Bereits durch Berühren eines Messobjektes mit solchen Elektroden ergeben sich Messwerte und können, wie in der Elektronik üblich, noch bearbeitet werden, um eine stabile, weitgehend von Fehlern bereinigte Spannungszeile zu liefern. Dies kann auch populär als Fingerprint des Objekts angesehen werden. Der wesentliche Fortschritt besteht aber darin, eine elektrische Spannungszeile (Vektorkomponenten, Fingerprint) als Kennung eines Objektes einzuführen. Hierdurch gelangt man zu einer Objektbeschreibung auf der Grundlage der Ionen. Die elektrischen Spannungen sind elektrochemisch generiert bzw. erzeugt nach Nernst gemäß der Beziehung:

$U_{\text{Nernst}} \sim \text{Logarithmus naturalis der Gesamtheit der Ionen.}$

Diese Proportionalität kreiert ein Muster bzw. eine neue Beschreibungsebene. Dieses Muster gilt als Kennung des Objekts und muss gemäß der mathematischen Objekt - bzw. Mustererkennungstheorie angelernt werden. Sind die in Frage kommenden Objekte mit ihren Mustern auf einem Speicher abgelegt, so kann bei einer neuen Messung das neu gemessene Muster mit denen auf dem Speicher nach einem Klassifizierungsverfahren verglichen werden. Dadurch erfolgt eine Wiedererkennung nach größter Ähnlichkeit.

Die neue Beschreibungsebene mit den Kennungen nach Nernst stellt eine so genannte Ballung, wie es in der deutschen Übersetzung des Buches von Hofstadter [4] für ein übergeordnetes Muster gewählt wurde, dar. Es ist eine Verdichtung des Wissens, eine Abkehr von zu vielen Einzelheiten bzw. zu übertriebener Auflösung, eine Zusammenfassung der Objekteigenschaften in Form eines Musters auf ausreichend hoher Verallgemeinerungsstufe. Es charakterisiert ein Objekt über die Ionen in ihm. Der Geschmack, der von den Ionen in der Nahrung stammt, wird so erfasst [5]. Und erfasst wird auch Vieles, was erst durch eine künstlich vorgenommene Ionisierung in die Messbarkeit gerückt wird [6].

Das ist der Großteil dessen, was also menschliche und allgemeine Biologie, Ernährung und Umwelt ausmachen, sowie chemische Stoffe. Die Beschreibungsebene geht nicht bis zu den Teilchen herun-

STULZ

CLIMATE. CUSTOMIZED.

Weltpremiere auf der ConhIT



Besuchen
Sie uns auf
der ConhIT
Halle 4.2/
C-107

CyberLab

**Präzisionsklimagerät
für konstante
klimatische
Bedingungen**

Unsere Klimalösungen kühlen weltweit betriebskritische Anwendungen.

Mit Hauptsitz in Hamburg, 6 Produktionsstandorten, 16 Tochtergesellschaften und über 140 internationalen Partnern planen und liefern wir optimale Klimalösungen.

www.stulz.de

ter, sondern fasst die Wirkung der Ionen als Ganzes über ihre Wechselwirkung mit den Materialien der Elektroden zusammen. Dabei kann das zu beschreibende Objekt im Mikro- und Nanobereich liegen aber auch bis zu Kilometern ausgedehnt sein. Die Größe der Elektroden hat sich dem anzupassen. Werden selektive Ionensonden eingesetzt, so ist für jedes Ion eine Sonde bereitzuhalten. Werden schwachselektive Elektroden eingesetzt, folgt daraus eine Breitbandmessung über alle Ionen hinweg. Dabei wird ein und dasselbe Objekt durch verschiedene Elektrodenmaterialien verschieden transformiert.

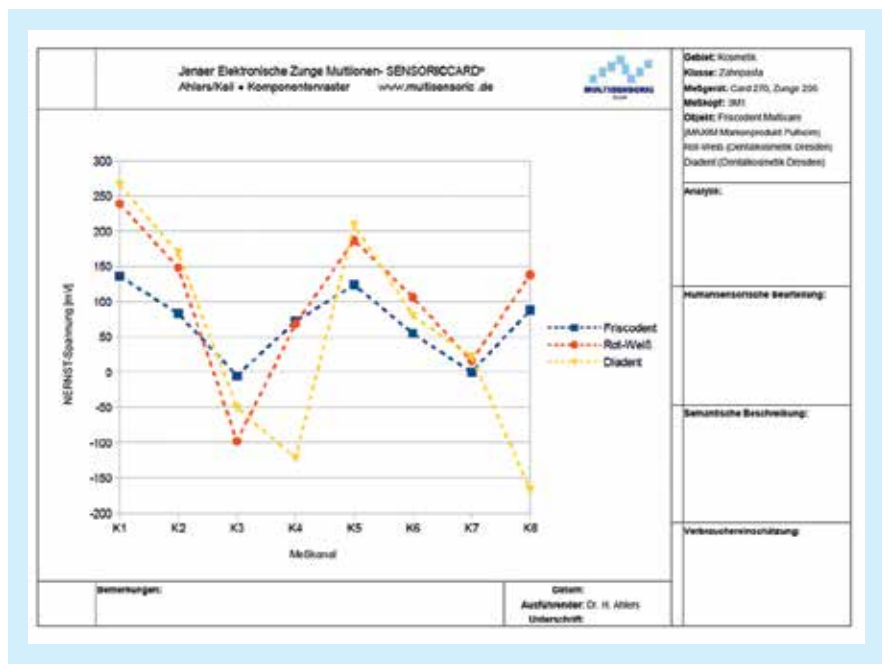
Das muss bei der Wiedererkennung berücksichtigt werden infolge der dadurch auch verschiedenen Muster, d.h. zur Wiedererkennung eines Musters gehört der gewählte Messkopf dazu. Er ergibt so eine Art Transformator für die Ionen auf der einen Seite und den elektrischen Spannungen auf der anderen.

Elektronische Zunge für jeden Haushalt

Als Populär, d.h. für Jedermann handhabbar und nutzbar, kann eine Elektronische Zunge bezeichnet werden, wenn sie verschiedene Anforderungen erfüllt:

- Die Anwendung des Geräts muss einfach sein – Berühren mit dem Messkopf muss reichen.
- Der Preis sollte moderat sein – Massenproduktion liefert den Ansatz dazu.
- Die Einkopplung ins Internet muss gelingen – über das Mobiltelefon oder PC heutzutage jederzeit organisierbar.
- Die Bedienung muss einfach sein – Reinigung der Elektroden sollte entfallen durch z.B. preiswerte Einmalsonden.
- Die Datenverarbeitung muss möglich sein – Apps werden erarbeitet, installiert und aufgerufen.
- Kennungen müssen verfügbar sein – Zugang zu einem Datenspeicher ist erschwinglich und unkompliziert für Jeden zu gestalten.
- Der Datenspeicher für Kennungen ist ständig zu erweitern. Diese Aufgabe muß eine Weltgeschmacksdatenbank übernehmen [7], [8].
- Jeder darf mitarbeiten – das hebt das allgemeine Wissens- und Bildungsniveau.
- Anwendererfahrungen sollten ausgetauscht werden – dies ist eine Aufgabe für Rundfunk, Fernsehen und Internet.

Das Jenaer Unternehmen Multisensoric hat mit der Multiionen-Sensoricard eine



3 Dieses Beispiel von Zahnpaste-Kennungen zeigt, dass das Verfahren der Deklaration nicht auf Lebensmittel beschränkt ist. Überall dort, wo Ionen den Zustand eines Objekt charakterisieren können, ist es anwendbar.

LABOR PRAXIS PLUS

DIGITAL: Mehr zu diesem Thema sowie die Literaturstellen des Beitrags finden Sie unter dem Stichwort „Elektronische Zunge Multisensoric“ auf www.laborpraxis.de.

SERVICES: Auf www.multisensoric.de gibt es weitere Anwendungsbeispiele der Elektronischen Zunge.

Elektronische Zunge entwickelt [9]. Die Messkopfspannungen der Elektroden werden durch eine Elektronik mit Multiplexer abgetastet. Wenn eine sehr schnelle Abtastung notwendig ist, wird der Anfangswert-Modus gewählt.

Ansonsten stellt sich nach Ablauf der Übergangsfunktion eine (idealerweise) konstante Nernst-Spannung ein, die es zu messen gilt. Gibt es zusätzlich physikalisch-chemische Reaktionen zwischen Elektrode und Messobjekt, so ist die Ermittlung der Nernst-Spannung nicht ganz so einfach möglich.

Wichtig ist, dass eine Reproduzierbarkeit erreicht wird. Das wird versucht, über die richtige Wahl der Messzeit und/oder über Bearbeitung der zur Verfügung stehenden Spannungsinformationen zu realisieren. Daher kommt für die Mustererstellung auch eine gewandelte bzw. transformierte Messgröße in Betracht.

Beispiele von Kennungen mit der Elektronischen Zunge

Einige durchgeführte Kennungen seien im folgenden zur Demonstration aufgeführt. In Abbildung 1 ist ein trockener Dornfelder-Rotwein des Weingutes Fuchs aus Flörsheim-Dalsheim mit einer Kennung versehen worden. An den einzelnen Elektroden entstehen elektrochemisch erzeugte elektrische Spannungen im Millivoltbereich. Die acht Werte charakterisieren den Wein wie eine Wortbeschreibung, jetzt aber in objektiver Weise. Eine Verfälschung ist sofort an einer Abweichung zu erkennen. Gibt das Weingut die Kennung auf dem Etikett oder über Internet aufrufbar an, so lässt sich seine Qualität jederzeit und überall verfolgen. Dies setzt allerdings voraus, dass mit dem gleichen Messkopf gemessen wird. Wird ein anderes Messsystem mit einem anderen Messkopf verwendet, ist die Korrespondenz zueinander herzustellen.

Als weiteres Beispiel ist die Kennung einer Zahnpaste in Abbildung 3 dargestellt. Da zwischen der Nernst-Spannung und der Gesamtheit der Ionen ein Logarithmus naturalis zur Wirkung kommt, schlägt eine Änderung dieser Ionengesamtheit mit $\exp(U_{\text{Nernst}})$ zu Buche, d.h. kleine Unterschiede in den gemessenen Spannungen werden mit der Exponentialfunktion bewertet und zeigen größere Ionenunterschiede an. ■