

Praktikabler Assistent

Der Elektronischen Zunge schmecken auch Mineralwässer, egal welche

Ein Hauch Feuchtigkeit und schon dissoziieren Moleküle und Elemente und bilden Ionen. Da wasserhaltige Getränke dies mit Leichtigkeit vollführen, sind sie für eine Elektronische Zunge zur Qualitätssicherung und Kennung ein gut zu messendes Lebensmittel.

Eine bereits seit Jahrzehnten eingeführte Methode der Ionendetektion ist die elektrochemische Spannungsgenerierung nach der NERNST-Formel

U NERNST ~ ln (f(Ionen))

Für eine selektive auf einzelne Ionen abgestimmte Detektion ist dies durch die Ionensonden eine bekannte Technik. Für eine Detektion des auf Ionen beruhenden Geschmacks ist die Aufspaltung in chemische Elemente und Moleküle allerdings für einen Verbraucher eine ungewohnte, chemisch-physikalische Sichtweise. Er beurteilt nach seiner Geschmackserfahrung und nicht nach Natrium, Kalium, Fluor oder Eisen. Sein Geschmack geht nach süß, sauer, salzig, bitter oder umami. Da hält er sich an die auf seiner Zunge vorhandenen Geschmacksknospen.

Doch diese ermitteln Geschmacksvarianten nicht selektiv, sondern immer als Ionengemisch, genauer: Der gustatorische Geschmackseindruck wird nur aus schwachselektiven Informationen

gewonnen [1]. Er muss erst als Geschmacksmuster im Gehirn mit anderen Sinneseindrücken und Erfahrungen zusammengesetzt und gespeichert werden. Dieses Muster steht für eine Wiedererkennung nach einem Anlernprozess dann zur Verfügung.

Die Ionenbildung im Wasser, das ja bei Mineralwasser ausreichend vorhanden ist, erfolgt durch Dissoziation. Diese ist beim Wasser besonders ausgeprägt. Die vorhandenen Inhaltsstoffe sind somit immer mehr oder weniger ionisiert, sodass sich ein Konglomerat verschiedener Ionen vorfindet. Dieses liefert ein Muster aus elektrochemisch erzeugten elektrischen Spannungen an Elektroden.

Diese Elektroden sind elektrisch leitend, analog wie bei Batterien und Akkumulatoren, aufgebaut. Das Mineralwasser ist dann der Elektrolyt, und somit bilden einzelne Elektroden gegenüber einer Referenzelektrode immer auch elektrochemische Elementarzellen. Ihre Gesamtheit ist das Muster, welches

ein Mineralwasser in seinem jeweiligen Zustand als Breitbandfassung aller Ionen beschreibt.

Geschmack

Der Geschmack, wie ihn der Mensch aus der Gesamtheit der Informationen aus seinen Sinnesorganen, seiner Erfahrung, seiner Stimmung, der Kultur, seiner Biologie und der Verkostungsprozedur (bei Tee, Teezeremonie) im Gehirn zusammensetzt, ist individuell, das heißt subjektiv [2]. Ein und dasselbe Lebensmittel wird deshalb je nach Gegebenheit und Persönlichkeit unterschiedlich beurteilt bzw. wahrgenommen.

Bei der Geschmacksermittlung durch die Rezeptoren auf der Zunge wie auch bei der Nase (dort nach Lösung und Ionisierung der Gase in der Nasenschleimhaut) müssen die elektrochemisch wirkenden Ionen in elektrische Impulse transformiert werden. Dabei wird über die NERNST-Spannung eine

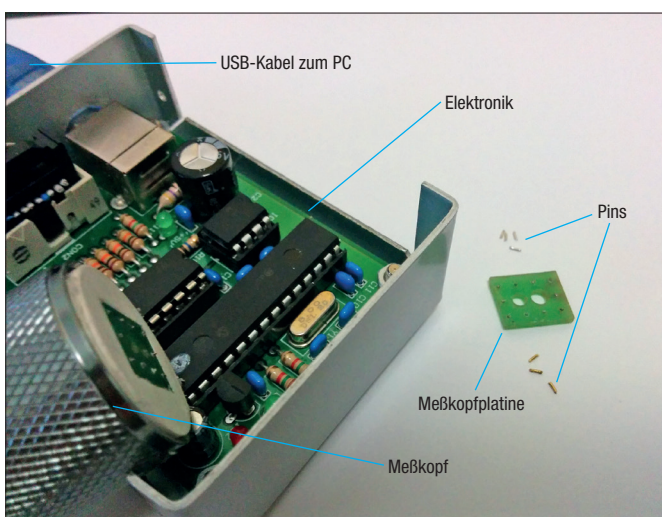


Abb. 1: Bauteile für eine Elektronische Zunge

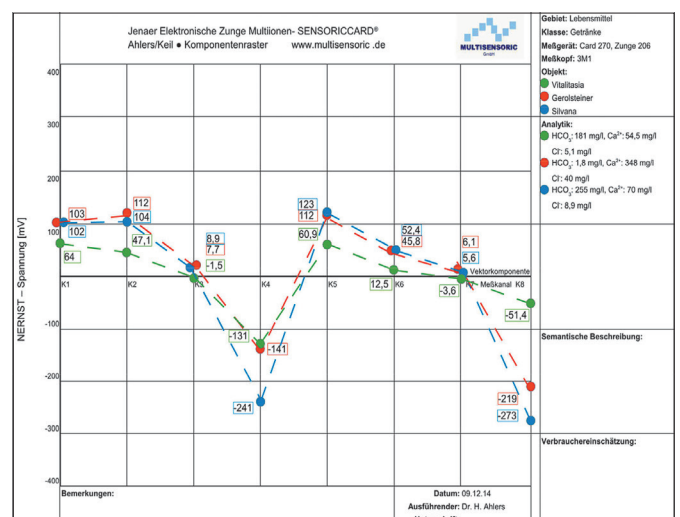


Abb. 2: Kennung einiger Mineralwässer

Gleichspannung erzeugt. Diese verschiebt elektrische Strom-Spannungskennlinien von aktiven Zellen in Bereiche negativen differentiellen Widerstandes (sogenannte fallende Kennlinien) [3] [4]. Diese und nur diese sind energetisch in der Lage, dynamische Energien zu liefern in Form der Impulse, die über die Nervenbahnen dem Gehirn zur Verarbeitung angeboten werden.

Daraus folgt: Ein Geschmack ist durch das Ionenkonglomerat im Lebensmittel ursächlich charakterisiert. Eine Elektronische Zunge, die auf dieses Ionenkonglomerat anspricht, ist deshalb ein gutes Äquivalent zur menschlichen Zunge. Eine vollständige Äquivalenz zum vollständigen Geschmackseindruck braucht dann allerdings die noch oben aufgeführten zusätzlichen Informationen.

Elektronische Zunge

Eine Elektronische Zunge, die ein elektronisches Äquivalent eines biologischen Sinnesorgans darstellen soll, sollte also auch in dieser Art und Weise funktionieren. Das macht sie zunächst etwas gewöhnungsbedürftig: Sie muss angelernt werden. Erst dann wird ein praktikabler Assistent im praktischen Leben daraus. Es ist eigentlich wie bei dem menschlichen Baby auch. Zunächst ist es gegenüber den Tierbabys benachteiligt. Erst durch umfangreiches Lernen wird es zum Beherrscher der Welt.

Mit anderen Worten, es müssen elektrochemische Muster der zu messenden Proben erzeugt (hier nach NERNST) werden, die auf einem elektronischen Speicher abgelegt und dann bei einer neuen Messung wiederzuerkennen sind.

In Abb. 1 ist solch eine technische Lösung gezeigt [5] [6] [7]. Verschiedene Pins werden in vorgebohrte Lochraster eingeführt und fixiert. Sie ragen etwas aus der Unterlage heraus, um auf der einen Seite den Kontakt mit dem Messobjekt besser zu realisieren und auf der anderen Seite für Anschlussdrähte erreichbar zu sein. Eine Elektronik bereitet für einen PC auf. Mit seiner Intelligenz lassen sich dann mathematische Bearbeitungen vornehmen und für den Nutzer zur Verfügung stellen.

Objektbeschreibung

Die Beschreibung eines Objekts in seinem jeweiligen Zustand über die Ionen gestattet, dies als neue Beschreibungsebene in Art eines Fingerprints einzuführen. Genauer: Der elektrochemische nach NERNST generierte elektrische Vektor gemäß Anzahl der Messkanäle bzw. Elektroden einer elektronischen Zunge beschreibt ein Objekt, wie auch die chemische Analyse, in objektiver Weise.

Der entscheidende Vorteil der Einführung dieser neuen Beschreibungsebene ist, dass mit einem einfachen Gerät jedermann dies nachprüfen und vielfältig verwenden kann, ohne ein Analyzelabor bemühen und bezahlen zu müssen. Sie werden damit mündig.

Eine Erweiterung auf alle Ionen enthaltende Objekte und nicht nur der Lebensmittel ergibt eine ungeahnte Mannigfaltigkeit von Objektbeschreibungen und Anwendungen solchermaßen, dass der Mensch diesen Teil der Natur nicht nur mit Worten subjektiv beschrieben vorfindet, sondern im besten Sinne populär beherrschen lernt bzw. beherrschen lernen kann.

Getränkekennung

Werden einer Elektronischen Zunge mit einer konkreten Auswahl von Materialien der Messelektroden Getränke vorgeführt, so entstehen an diesen Elektroden somit elektrochemisch verursachte elektrische Spannungen. Sie sind die Vektorkomponenten und ergeben einen Fingerprint zur Charakterisierung oder auch Kennung des jeweiligen Zustands. Damit ist breiten Verbraucher-, aber auch Produzentenkreisen ein wissenschaftlich objektiv arbeitendes Gerät in die Hand gegeben, das auf eine neue und höhere Stufe der Sachlichkeit führt.

Man muss also nicht unbedingt Wissenschaftler sein, der mit teuren und hochgestochenen Geräten an der Analyse und Fachentwicklung arbeitet, sondern ein Jeder kann jetzt wissenschaftlich exakt mitwirken und Neues schaffen. Die dazu notwendige Kennung bzw. Zustandsbeschreibung soll an drei Produkten erläutert werden.

In Abb. 2 sind ausgewählte Mineralwässer in ein Diagramm mit den erzeugten Elektrodenspannungen als Vektorkomponenten gezeichnet. Die Endpunkte dieser Vektoren sind durch Linien als charakteristischer Linienzug zur Kennung verbunden. Dadurch ergibt sich für jedes Mineralwasser ein für dieses typischer Verlauf. Dieser kann als Fingerprint zu seiner Kennung und Erkennung dienen.

Zusätzlich lassen sich noch weitere Beschreibungsformen hinzufügen, so dass beim Wiederaufruf der Messpunkte als Klassen über Verfahren der Objekt- bzw. Mustererkennungstheorie diese automatisch mitgeliefert werden, wie es beispielsweise im Internet durch die Google-Suchmaschinen in ähnlicher Weise demonstriert wird.

In Sekundenbruchteilen liegt ein Messergebnis vor, nachdem das zu messende Produkt durch den Messkopf berührt wurde. Eine teure und zeitintensive Analytik ist dann nicht mehr nötig. Sind Abweichungen vom gewünschten Geschmack, der Einfluss von Stoffen, die nicht hineingehören, oder Fehler bei der Produktion prophylaktisch untersucht und gespeichert worden, so sind diese ebenfalls für rechtzeitiges Reagieren detektierbar. Dazu gehört unter anderem auch die Problematik der Produktpiraterie, die derzeit Vielen viel Ärger bereitet [8].

*Horst Ahlers, Christian Keil,
Torsten Keil*

Literatur

- [1] H. Ahlers, Ch. Keil. Die Elektronische Zunge als innovatives Mustererkennungsinstrumentarium. mpa [2014] 10, Seite 22 bis 25
- [2] Geschmack (Sinneseindruck) Wikipedia
- [3] H. Müller-Mohnssen. Die Impulsregeneration bei der Signalfortleitung in markhaltigen Nervenfasern. Kybernetik (1970) 7, Seite 207 bis 221
- [4] H. Ahlers, J. Waldmann. Mikroelektronische Sensoren. Verlag Technik Berlin 1989, Hüthig Buchverlag Heidelberg 1990, Seite 172
- [5] Horst Ahlers, Renate Reisch, Lei Wang. Elektronisch riechen, schmecken etc. Elektronische Sinnessensorik für Lebensmittel, Medizin, Umwelt und Technik. 2010. Behr's Verlag, Hamburg; Beuth-Verlag, Berlin, Wien, Zürich
- [6] www.multisensoric.de
- [7] BMW-Projekt 62/99 (1999–2001) Elektronische Zunge. JENASENSORIC e.V./Ahlers
- [8] H. Ahlers, Ch. Keil, T. Keil: Elektronische Zunge zur Tablettenerkennung als Mittel gegen Produktpiraterie. GIT Labortechnik (2015) 10, in Vorbereitung