

Elektronische Zunge

Schärfe messen anstatt schmecken

H. Ahlers, Ch. Keil und T. Keil

Geschmack wird als komplexer Sinneseindruck und dem damit verbundenen Empfinden definiert. Dazu gehören alle durch biologische Sinne aufgenommenen Signale, z. B. auch die durch den Eindruck „Schärfe“ ans Gehirn für den Gesamt-Sinneseindruck gelieferten. Insbesondere sind dies solche, die als Elektrochemische Signalgenerierung aus Ionen gewonnen sind. Eine elektronische Zunge ermittelt nun gerade diese [1].



Dr.-Ing. habil. et Dr. sc. techn. Horst Ahlers

›› Zur Person

Hochschuldozent; Dozenturen an den Universitäten Karl-Marx-Stadt (Chemnitz) und Jena; langjähriger Vorsitzender der Forschungsorganisation Jenasensoric e. V. und der Sektion Technikwissenschaften des Verbandes zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse (Urania) im ehemaligen Bezirk Karl-Marx-Stadt ‹‹

Der Eindruck Schärfe wird durch bestimmte chemische Substanzen ausgelöst. Nun sind aber die Nervenimpulse elektrischer Natur. Und es reicht nicht, von Reizung der Rezeptoren oder Feuern von Impulsen zu sprechen. Ganz eindeutig muss die chemische Wirkung über die elektrisch-chemische Wandlung in Rezeptoren angesprochen werden.

Schärfe als Ionenlieferant

Solche dynamischen Vorgänge, so sagt die Elektrotechnik, können nur über aktive Strom-Spannungskennlinien, das sind solche mit fallenden Kennlinienteilen, erfolgen [2]. Werden diese durch chemische Stoffe moduliert, so kann letztlich auch die Schärfe als chemischer Stoff in dieser Art zu einer Information für das Gehirn werden. Die Kennlinienverschiebung ist durch die gleichförmige, nicht *durch* Schwingungen charakterisierte *Nernst*-Spannung möglich. Sie wandelt eine Ionenmenge in eine elektrische Spannung und kann damit einen Arbeitspunkt im fallenden Teil einer Strom-Spannungskennlinie verschieben, d. h., die Zahl der Impulse variieren. Sind die der Schärfe zugrunde liegenden chemischen Stoffe dissoziiert, so führen sie über diese Nernst-Gleichung zu eben den genannten

Impulsen und der Information für das Gehirn. Und da alle diese Impulse elektrische Spannungen darstellen und die der übrigen Geschmackseinwirkungen, wie der Geruch, das Sehen, die Temperatur, die Haut, die Stimmung und die Erfahrung in adäquater Weise auch, so ist die Behauptung „Schärfe ist kein Geschmack“ schlichtweg nicht haltbar [3]. Es ist im Gegenteil so, dass alle ionenhaltigen Objekte auf der Welt *Nernst*-Spannungen generieren können und nicht nur diejenigen, die in unserem Gehirn dem Geschmack von Lebensmitteln zugeordnet werden. Dadurch wird dieser verallgemeinerte Geschmack ein Merkmal, eine neue Beschreibungsebene, eine neue Kennung zur Zustandsbeschreibung von Produkten und so auch von Lebensmitteln, die als scharf, ob von Papillen auf der Zunge oder über andere Rezeptoren, wahrgenommen werden. Die Schärfe muss also von einer Elektronischen Zunge wie auch alle anderen Geschmacksrichtungen gleichermaßen detektiert werden können, wenn sie sich über Ionen vermittelt.

Elektronische Zunge

Für technische Lösungen einer Elektronischen Zunge sind verschiedenste physikalische und chemische Gesetze herangezogen.

gen worden. Dem biologischen Vorbild am nächsten kommt eine chemisch-elektrische Wandlung, wie sie die Formel von *Nernst* beschreibt [4,5]. Zwei verschiedene leitende Materialien als Elektroden kombiniert mit einem Elektrolyten, der Ionen enthält, ergeben, wie die Batterien und Akkus auch, eine elektrische Spannung. Da ist es nur noch ein kleiner Schritt zu einem Messkopf mit beispielsweise acht Elektroden und einer Referenz. Diese liefern als acht Messkanäle acht Vektor-komponenten zur Beschreibung des durch Ionen bedingten Zustands. Da die Elektronische Zunge für breite Bevölkerungskreise und nicht nur für Wissenschaftler gebaut werden kann, hat dann auch ein jeder den Zugang zu dieser neuen Beschreibungsebene. Das hebt das Niveau von Lebensmittelbeurteilungen auf eine höhere Stufe, die mit einer bisher nicht erreichten Objektivität gekoppelt ist.

Neue Objektbeschreibung

Die Transformation bzw. Abbildung des Ionenkonglomerats eines Objektes in elektrische Spannungen gestattet, dies also als neue Beschreibungsebene einzuführen und für die moderne Informations- und Kommunikationstechnik aufzubereiten. Der nächste Schritt ist ihre Digitalisierung, sodass nun kein Stilbruch mehr zu allen diesbezüglichen Geräten und Verfahren besteht. Der damit erreichte Fortschritt ist in der Objektivierungsniveauerhöhung und der Öffnung für die genannten breiten Bevölkerungskreise zu sehen.

Eine Neuerfassung aller ionenhaltigen oder definiert in diesen Zustand zu bringenden Objekte im Weltmaßstab als Weltgeschmacksdatenbank erlaubt darüber hinaus einen rechner- und internetgestützten Zugang [6–8].

Es ist gewissermaßen die Schaffung einer neuen Sprache. Diese beschreibt die Objekte objektiv als elektrochemisch erzeugte elektrische Spannungen und ist nicht mehr auf die Semantik mit wortreichen, aber unscharfen Begriffen angewiesen. Das ist besonders bei dem Wort „Ge-

Uralte Versuche, zwischen Geschmack und Gesundheit eine Beziehung herzustellen [9]

Wirkung der Geschmacksqualitäten: „...Wer viel Salziges ißt, dessen Adern werden steif und leise, seine Hautfarbe verändert sich. Wer viel Bitteres ißt, dessen Haut trocknet aus und er verliert Haare. Wer viel **Scharfes** ißt, der wird unter Muskelschmerzen zu leiden haben, seine Nägel verkümmern. Wer viel Saures ißt, dessen Muskeln krampfen sich zusammen, seine Lippen werden trocken und schwellen an. Wer schließlich viel Süßes ißt, dem schmerzen die Knochen und er wird unter Haarausfall leiden. Das sind die durch die fünf Geschmacksqualitäten verursachten Schädigungen.“

schmack“ mit seinen unterschiedlichen Wortinhalten aus unterschiedlichen Lebensbereichen der Fall. Alleine der Bezug nur zum Gebiet des durch Sinne vermittelten Lebensmittelgeschmacks ist dermaßen vielgestaltig, dass die im übertragenen Sinne verwirrten Sinne zur Situationsbeschreibung bemüht werden könnten.

Da zu dieser nun neu eingeführten Beschreibungsebene auch weitere Informationen hinzugefügt werden können und dann nach Aufruf über die elektrochemisch erzeugte elektrische Kennung zur Verfügung stehen, brauchen keine bisherigen Beschreibungen, sogar die Werbebotschaften, Verbrauchermeinungen und sonstige subjektive Beschreibungen verschwinden, sondern dienen einem zusammenfassenden Gesamtbild eines io-

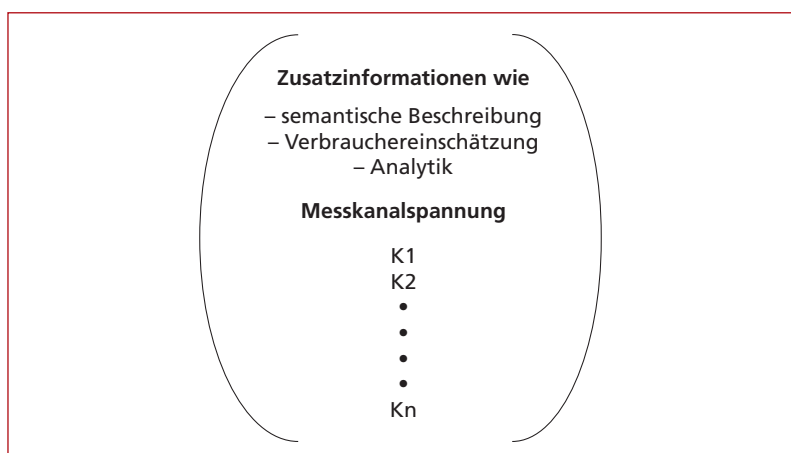


Abb. 1 Die Abbildung zeigt einen Beschreibungsvektor, der angelernt werden muss und dann für den statistisch abgesicherten Vergleich mittels der mathematischen Muster- bzw. Objekterkennungstheorie bei einer neuen Messung zur Verfügung steht.

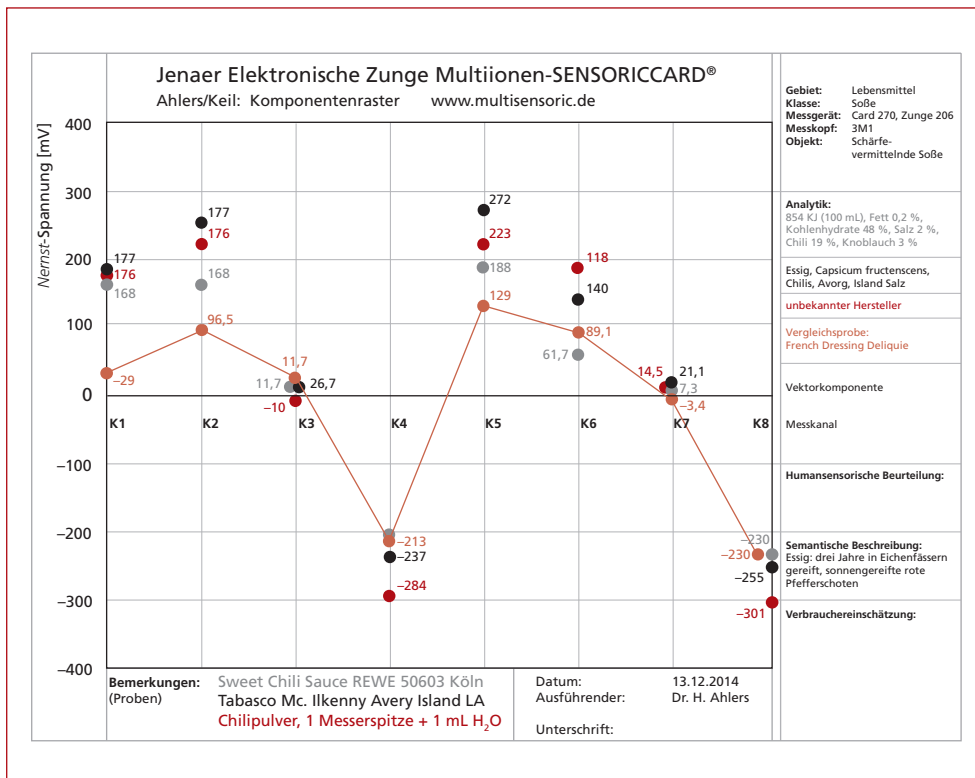


Abb. 2 Kennungen von scharfen Soßen und einem schärfefreien Dressing mittels elektrochemisch erzeugter elektrischer Nernst-Spannungen an Messelektroden (Vektorkomponente, Messkanal) zeigen gleichermaßen, dass sie alle durch Ionen hervorgerufen sind.

» Mit einer Elektronischen Zunge lassen sich recht viele Geschmacksvarianten objektiv belegen, ohne die Grundgeschmacksrichtungen zu bemühen. «

nenhaltigen Objekts. Dabei ist die neu vorgenommene Zustandsbeschreibung die der naturwissenschaftlich begründeten und geschuldeten Objektivität zuzurechnen und demnächst durch einen jeden mit einem einfachen und preiswerten Gerät mit Leben zu erfüllen.

Geschmack als Sinneseindruck

Der durch die biologischen Sinne erfasste und vom Gehirn beurteilte Geschmack beschäftigt die Menschheit wahrscheinlich schon von Anfang an. Allerdings ist er bisher fast ständig als Phänomen behandelt worden. Selbst die moderne Sinnesphysiologie gelangt nahezu immer nur bis zu dem Niveau der von den Sinneszellen abgegebenen elektrischen Spannungen und nicht zu der elektrischen Ursache dieser Spannungen in den fallenden Strom-Spannungskennlinien. So muss die darin begründete Generierung von elektrischen Impulsen weitgehend diffus im Wissenschaftsbetrieb erscheinen [10]. Erst

wenn die gesamte Wirkung der Ionen auf diese Kennlinienabschnitte untersucht und verstanden ist, kann der Geschmacksmechanismus voll aufgeklärt werden und von der Phänomenologie zu einem neuen und deutungs-festen Geschmacksbegriff führen.

Mit der Elektronischen Zunge, die auf Ionen anspricht, ist ein solcher und technikwissenschaftlicher Zugang in Angriff zu nehmen. Zu vermuten ist, dass nicht alle Ionen aller Stoffe, die von der Elektronischen Zunge detektiert werden können, dies auch bei der biologischen Zunge wiederholen (das ist für den Geschmack von Lebensmitteln relevant). Weiterhin tut sich zusätzlich das Gebiet der ionisierbaren Stoffe auf, die erst durch eine Hilfsenergie Ionen liefern. Es deutet sich also ein „weites Feld“ an, den sinnesbasierten Geschmack objektiver und neu zu fassen. Für den hier postulierten ionenbasierten Geschmack erweitert sich der sinnesbasierte Geschmack zu einem verallgemeinerten, auf alle in Ionen dissoziierten Objekt-Geschmack und kann im Begriff und Vorhaben eines Geschmacksreservoirs für eine Weltgeschmacksdatenbank münden.

Scharfe Soßen als elektrochemische Muster

Für zwei Soßen und eine Chili-Wasser-Mischung sind in der Abbildung 2 deren Vektorkomponenten, die ein Beschreibungsmuster oder sogenannten „Fingerprint“ ergeben, der aus den einzelnen Messkanalspannungen an den einzelnen Messelektroden gebildet (Messzeit 0,1 s) wird. Deren Schärfezuordnung ist durch ein Human-Sensoriker-Panel als weitgehend subjektiv, wengleich mit geschulter Beurteilung hinzugefügt

bar. Zum Vergleich ist ein French Dressing ohne Schärfe für das Würzen, d. h. geschmackliche Beeinflussung von Salaten, mitaufgeführt (Maxhütte-Haindorf/250-mL-Flasche/Gebrauchsende 7.7.2015/ gemessen 30.6.2015/Fett 27,2 %/Kohlehydrate 10,7 %/Eiweiß 1 %/Salz 1,8 %). Dabei sind die Vektorkomponenten mit einem Kurvenzug verbunden, um ihre Zusammengehörigkeit hervorzuheben. Sie implementieren einen bestimmten Geschmack, der sich von den anderen Geschmacks der scharfen Soßen im Diagramm nicht wesentlich unterscheidet. Alle diese sind durch die jeweils vorhandenen Ionen bedingt, was eine objektive und nicht subjektive Charakterisierung liefert. Und nur diese Ionen verschieben auch bei der menschlichen Geschmacksbeurteilung die Strom-Spannungskennlinien der Rezeptoren zur Generierung der Impulse für das Gehirn.

Kennung als Detektiv

Die jetzt mögliche elektrische Kennung führt zu einer vereinfachten Feststellung von Original, Fälschung und Fehlern durch jedermann. Dies erlaubt eine Elektronische Zunge als „Volksgerät“, die Abweichungen von einer Deklaration an Hand der Abweichungen von dem z. B. staatlich bestätigten oder vom Produzenten autorisierten Kennungsmuster schnell feststellbar macht. Ökonomisch relevant ist dies bei der sogenannten Produktpiraterie [11].

In der Abbildung 3 ist am Beispiel des „Energy Drink Red Bull“ gezeigt, dass bereits die Zugabe von 1 % destillierten Wassers sich zwei Vektorkomponenten (Kanal 6 und Kanal 7) erheblich verschieben. Das ist zur Detektion einer Verfälschung des Originals mehr als ausreichend.

Literatur

[1] Ahlers H, Reisch R, Wang L: Elektronisch riechen, schmecken etc. Elektronische Sinnessensorik für Lebensmittel, Medizin, Umwelt und Technik. Behr's Verlag, Hamburg/Beuth-Verlag, Berlin, Wien, Zürich (2010).

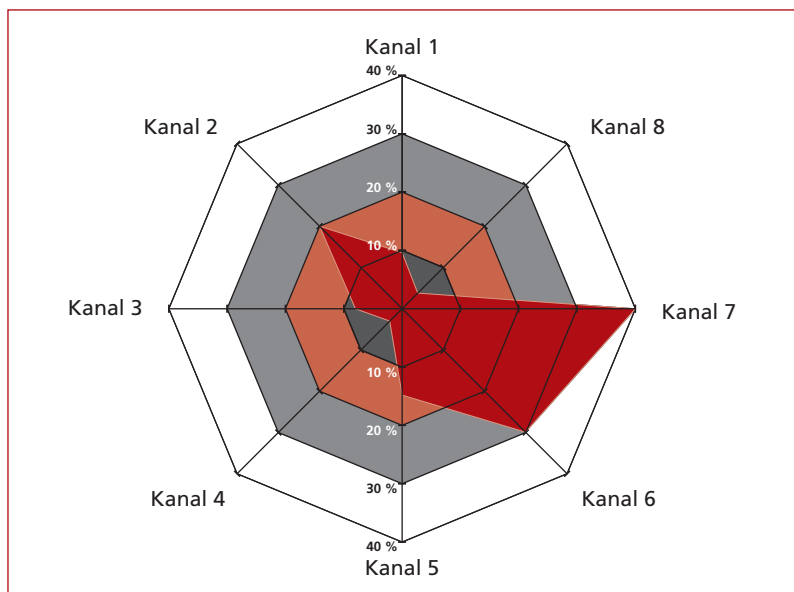


Abb. 3 Ahlers/Keil-Fehleroktagon; Jenaer Elektronische Zunge Multiionen-Sensoricard®; Messgerät: Card 206; Messkopf: 3M1; Gebiet: Lebensmittel, Klasse: Getränke, Objekt: Energy Drink Red Bull mit der Original-Kennung $K1 = 114/K2 = 98,8/K3 = -10,9/K4 = -306/K5 = 123/K6 = 71,8/K7 = 2,7/K8 = -321$ und Fehlerfigur nach Zugabe von 1 % destilliertem Wasser (Angaben in Millivolt)

[2] Müller-Mohnssen H: Die Impulsregeneration bei der Signalfortleitung in markhaltigen Nervenfasern. *Kybernetik* 7 (6), 207–221 (1970).

[3] Schärfe ist kein Geschmack. Google-Suchergebnisse

[4] www.multisensoric.de

[5] Jenasensoric e. V./Ahlers H: BMWI-Projekt 62/99, Elektronische Zunge (1999–2001).

[6] Ahlers H, Keil Ch: Die Elektronische Zunge als innovatives Mustererkennungsinstrumentarium. *mpa* 10, 22–25 (2014).

[7] Ahlers H: Geschmacksdatenbank sichert Welterbe. Elektronische Fingerprints können den Geschmack beschreiben und speichern. Teil 3. *Fleischwirtschaft* 132 (3), 100–103 (2015).

[8] Ahlers H, Keil Ch: Geschmack-Datenbank. *SPS-Magazin* 6, 900 (2015).

[9] Palos St: Chinesische Heilkunde. Otto Wilhelm Barth-Verlag (1984).

[10] Schmidt RF: Physiologie kompakt. Springer Verlag (2001).

[11] Ahlers H, Keil Ch, Keil T: Elektronische Zunge zur Tablettenkennung als Mittel gegen Produktpiraterie. *Pharmaproduktion* (2016), in Vorbereitung. ■

Anschrift des Autors

Dr.-Ing. habil. et Dr. sc. techn. Horst Ahlers
Multisensoric GmbH
Jena
Ottogerd-Mühlmann-Str. 31
07743 Jena
hhh-ahlers@multisensoric.de
www.multisensoric.de