

Wie schmeckt denn das?

Kaum etwas ist so subjektiv wie der Geschmack. Je nachdem, wie der Koch aufgelegt ist, schmecken die gleichen Speisen heute so, morgen aber so. Lässt sich der Geschmack von Speisen ohne ein großes Labor überhaupt objektivieren und systematisieren? Eine »elektronische Zunge« kann dabei helfen.

Dr. Dr. Horst Ahlers
Geschäftsführer von Multisensoric

Unsere eigene Zunge übermittelt Geschmacksinformationen als elektrische Impulsfolge, wobei die Geschmacksrezeptoren als chemisch/biologisch/elektrisch arbeitende Generatoren arbeiten. Die Strom-Spannungs-Kennlinie dieser aktiven Zellen muss daher – populär ausgedrückt – fallende Kennlinienbereiche aufweisen [1]. Das sind Bereiche mit negativem differentiellen elektrischem Widerstand. Diese und nur diese können als Zweipol eine entdämpfende Wirkung ausüben und Energie in Form von Impulsen abgeben. Alle anderen Kennlinienbereiche nehmen Energie auf. Das müssen wir erst verinnerlichen, wenn wir die Ursache des Geschmacks verstehen und nicht bei seiner Phänomenologie stehen bleiben wollen.

Diesen negativen differentiellen Widerstand hält unser Stoffwechsel aufrecht. Insbesondere das feuchte Medium der aktiven Zellen und ihrer Umgebung dissoziiert die zur Verfügung stehenden chemischen Stoffe in Ionen. Diese sind außerhalb und in der Zelle vorhanden beziehungsweise wandern durch Ionenkanäle, Diffusion oder elektrische Driffelder dorthin. Die elektrisch geladenen Ionen beziehungsweise die Nernst-Spannung, die in den Zellen elektrochemisch erzeugt wird, kann die elektrische Strom-Spannungs-Kennlinie beeinflussen. Dies gilt sowohl für den Arbeitspunkt im Bereich des negativen differentiellen Widerstandes als auch für die gesamte Kennlinie (Bild 1, [2]). Ein



Bild: Ben_Kerckx / Pixabay; weitere Bilder: Multisensoric

Geschmacksstoff, der auf die Rezeptoren wirkt, kann solchermaßen die Anzahl der generierten Impulse steuern beziehungsweise modulieren: Das Gehirn erhält eine Information über seine Stärke und Art.

Da die aktuelle Forschung ermittelt hat, dass die Geschmacksrezeptoren nur schwach selektiv reagieren, wird an den unterschiedlichen Rezeptortypen jeweils eine unterschiedliche nicht selektiv aufgelöste

Impulsfolge abgegeben, sodass ein Muster entsteht [3]. Dieses bewirkt, dass wir einen Geschmack erkennen können. Solche unterschiedlichen Muster kann unser Gehirn zu Hunderten und Tausenden auseinanderhalten und wiedererkennen (zum Beispiel durch Erfahrung, Training, Veranlagung und Gewöhnung). Hierbei helfen auch die durch die anderen Sinnesorgane zusätzlich gelieferten Informationen.

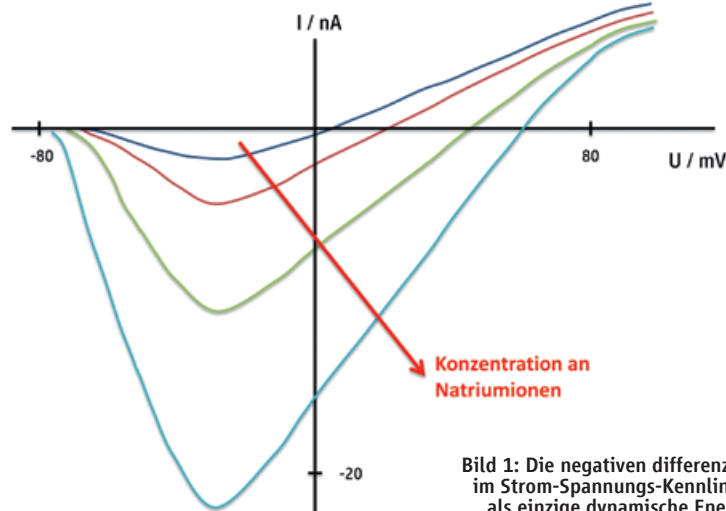


Bild 1: Die negativen differentiellen Bereiche im Strom-Spannungs-Kennlinienfeld können als einzige dynamische Energie generieren können. Hier ist die Steuerung durch Natriumionen gezeigt [2, bearbeitet].

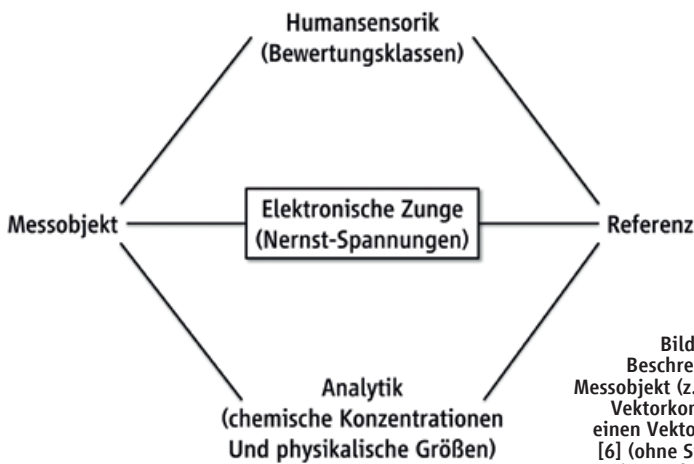


Bild 2: Drei verschiedene Beschreibungsebenen für ein Messobjekt (z. B. Lebensmittel) mit Vektorkomponenten gestattet, einen Vektorabstand nach Euklid [6] (ohne Streuung) beziehungsweise nach Mahalanobis [7] (mit Streuung) zu einem Referenzobjekt zu berechnen.

Eine elektronische Zunge wiederum sollte, wenn der Name zutreffend sein soll, ebenfalls schwach selektive Messkanäle zur Mustererkennung bereitstellen. Nur dann ist sie wahrhaft äquivalent zur biologischen Zunge und nicht ein Analysegerät für chemische Stoffe. Bei einer Auflösungen von 8 Bit mit 256 Stufungen kann dieses Instrument bei acht Messkanälen (Elektrodenspannungen) quasi unvorstellbar viele Geschmacksvariationen erfassen. Da bei diesem Messverfahren nach Nernst die elektrochemisch erzeugten elektrischen Spannungen keinen Messstrom erfordern, verändert dieses Verfahren das Messobjekt chemisch nicht. Weiterhin sind alle Stoffe messbar, die Ionen enthalten, also alles Lebendige als größte Teilmenge. Die Grundgesamtheit ist also riesig.

Durch solch ein einfaches, preiswertes Messgerät können jedermann/-frau in Bruchteilen von Sekunden durch einfaches Berühren des Messobjekts dessen Zustand beschreiben – ein unbestreitbarer Vorteil. Das Durchwühlen von Behauptungen und Meinungen ist damit obsolet.

■ Objektivierung des Geschmacks

Um den Geschmack zu objektivieren, könnte man diesen als Vektor beschreiben, dessen Komponenten als Maßzahlen vorliegen müssen. Wortbeschreibungen sind nicht zielführend. Besonders leicht lässt sich das realisieren, indem man Konzentrationen oder Kenngrößen chemisch-physikalisch analysiert. Allerdings ist hierzu ein

gut ausgestattetes Labor nötig, um einen bestimmten beschriebenen Geschmack mittels Analyse zu verifizieren. Der finanzielle und gerätetechnische Aufwand kann enorm sein und braucht einige Zeit. Dafür liegt eine objektive Zustandsbeschreibung vor.

Wer den Aufwand scheut, könnte die elektronische Zunge von Multisensoric nutzen [4–6]. Dieses Taschengerät muss das Messobjekt nur kurz berühren. Dann stehen an den Messelektroden elektrische Spannungen an, die die Vektorkomponenten darstellen und den Zustand beschreiben, von dem der (subjektive) Geschmack herrührt. Auch diese Zustandsbeschreibung ist objektiv. Die humansensorische Zustandsbeschreibung lässt sich, wenn sie mit Maßzahlen wie Zensuren, Bewertungsklassen oder Güteklassen als Vektorkomponenten arbeitet, ebenfalls in Vektoren beschreiben. Damit lässt sich diese Zustandsbeschreibung auch in eine Objektivierungsmethode einbinden.

Für die Objektivierung ist ein Referenzobjekt nötig, dessen Geschmack ausreichend beschrieben ist und mit einem Vektor charakterisiert ist. Damit stehen jetzt drei Zugänge zur Verfügung. Jeder von ihnen hat seine »ökologische« Nische und Berechtigung. Sie sind historisch gewachsen und lassen sich nach Gründen aus der Praxis auswählen und einsetzen. Wird der Geschmack auf die Grundgeschmacksrichtungen als Referenz orientiert, so sind süß, salzig, sauer, bitter durch chemische Standardlösungen definiert. Als Referenz kann aber auch eine Vergleichsprobe genommen werden, wie ein Wunsch-, Brat- oder Kochergebnis oder ein anderer Zielgeschmack, ein weiterer Standard, Fehlgeschmack, Gifte sowie religiös oder ethnisch motivierte sowie landestypische Geschmacksreferenzen und so weiter. Diese Referenzobjekte lassen sich genauso wie das Messobjekt humansensorisch, analytisch und/oder elektrisch nach Nernst beschreiben. Aus den zur Verfügung stehenden Vektorkomponenten beider Vektoren lässt sich nun ein Vektorabstand ermitteln (Bild 2, [7,8]).

Zur Demonstration dieser Methode wurden Čevapčići ausgewählt, Hackfleischröllchen aus der serbokroatischen Küche. Als Referenz dienten Umami (Glutamat), die vier Grundgeschmacksrichtungen

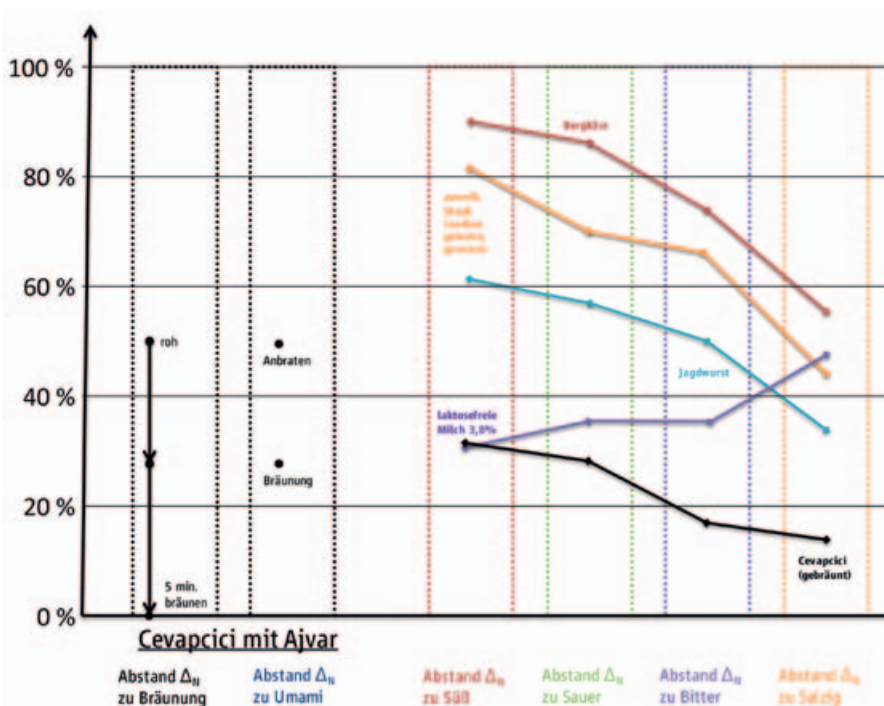


Bild 3: Berechnete Vektorabstände zur Bräunung von Čevapčići und zu Umami (Fleischgeschmack) sowie für die gebräunten Hackfleischröllchen zu den Grundgeschmacksrichtungen (Testobjekt: Čevapčići mit Ajvar-Würzung von Tillmans Convenience, Weissenfels).

(süß/Saccharose, salzig/Natriumchlorid, sauer/Zitronensäure, bitter/Koffein) und als Zielgröße die Bräunung beim Braten (1 Min. scharf anbraten, 5 Min. auf kleiner Heizstufe ohne Fett weiter braten für eine abgetrennte Scheibe, bis Bräunung eintritt).

Durch Berühren des Mess- und des Referenzobjekts mit dem Messkopf, der acht Elektroden enthielt, ermittelte die elektronische Zunge die jeweiligen Nernst-Spannungen. Die Čevapčići waren mit der Paprikapaste Ajvar gewürzt und sollten aus reinem Rindfleisch sein.

Bis auf »lecker« waren weiter keine Geschmacksbeschreibungen vom Hersteller Tillmans Convenience im Internet mitgeteilt. Mit der elektronischen Zunge war nun das elektronische Äquivalent des Geschmacks von roh bis angebraten und Bräunung messbar, die Zielgröße Bräunung lässt sich also über den Bratprozess hinweg verfolgen. Somit liegen alle Vektoren elektronisch vor, die für die Geschmackszuordnung nötig sind. Berechnet wurde jeweils der Vektorabstand nach Euklid als Wurzel aus der Summe der acht quadrierten Differenzen der Spannungen an den gleichen Elektroden ($Kn_{\text{Mess}} - Kn_{\text{Ref}}$ für $n = 1$ bis 8) usw.

Aus der achtfachen Mannigfaltigkeit der Spannungen am Messkopf lässt sich mittels des Abstands daraus eine einzige Kenngröße für den Geschmack im Vergleich zu einer Referenz ermitteln (Bild 3).

Dieser ist jetzt objektiv bestimmt. Trotzdem kann seine Größe wieder subjektiven Betrachtungen unterliegen beziehungsweise individuell kommentiert werden, was auch in Zukunft die Arbeit der Humansensoriker nicht überflüssig macht. Das schafft vielmehr den sanften Anschluss zwischen Subjektivität und Objektivität und ihrer Koexistenz.

Der Vergleich zu den Grundgeschmacksrichtungen zeigt einen erwarteten geringen Abstand zu salzig, der Salzgeschmack überwiegt also. Durch die Abstände des Bräunungszustandes zu den vier Grundgeschmacksrichtungen ist dies eine objektive Geschmackszuordnung, denn die Grundgeschmacksrichtungen sind durch chemische Standardlösungen definiert (hier nur näherungsweise eingestellt).

Wie aber dieser Bräunungsgeschmack in den einzelnen Kulturen, Ethnien, Religionen und so weiter zu bewerten wäre, steht auf einem anderen Blatt. Unbestreitbar aber ist, dass jetzt ein objektiver Abstandswert zur Verfügung steht, mit dem die Nahrungsmittelbranche und der Verbraucher nachprüfbar arbeiten können. (rh)

REFERENZEN

- [1] E. Phillippow, Nichtlineare Elektrotechnik, Geist & Portig, Leipzig, 1963
- [2] K. Jäger, Ionenkanäle der Zell-membran, Universität Münster, <https://tinyurl.com/yas69mb5>
- [3] R. F. Schmidt (Hrsg.), Physiologie des Menschen, Kapitel 19: Geschmack und Geruch (von H. Hatt), Springer, ISBN 978-3-642-01650-9
- [4] H. Ahlers, L. Wang, Elektronisch riechen, schmecken etc., Beuth-Verlag, 2. Edition 2018, ISBN 978-3-410-27560-2
- [5] H. Ahlers, Geschmackszuordnung ohne Schmecken, DLR (2018), S. 60–64, <https://tinyurl.com/ycu6ays4>
- [6] www.multisensoric.de
- [7] Euklidischer Abstand, Wikipedia, <https://tinyurl.com/y8mw4z43>
- [8] Mahalanobis-Abstand, Wikipedia, <https://tinyurl.com/yb6loctk>

Incircuit-Funktionstestsysteme und Adaptionen für Flachbaugruppen, Hybride, Module und Geräte

- ▷ seit 1979 Testsysteme im Einsatz, u.a. bei Automotive, Avionik, Medizintechnik, Maschinensteuerungen, Sensorik u.v.m.
- ▷ Stand-alone und Inline Testsysteme
- ▷ schnelle, praxisnahe und anwenderfreundliche Testprogrammerstellung
- ▷ grafische Fehlerortdarstellung, auch im Boundary Scan-Test
- ▷ breites Spektrum an Stimulierungs- und Messmodulen aus eigener Entwicklung und Produktion
- ▷ Feldbussysteme (CAN-Bus, Profibus, I²C, USB, ...), Flash-Programmierung, Einbindung externer Programme
- ▷ Auswertung von Analog-/Digitalanzeigen, Dotmatrix, LCD/LED, OLED, ...
- ▷ CAD-Schnittstelle, ODBC-Schnittstelle, Statistik, Qualitätsmanagement
- ▷ manuelle und pneumatische Prüfadapter
- ▷ Prüfadaptererstellung in einem halben Tag mit Adapterkonstruktions- und Erstellungspaket
- ▷ höchste Zuverlässigkeit und geringe Folgekosten



REINHARDT

System- und Messelectronic GmbH

Bergstr. 33 D-86911 Diessen Tel. 08196 934100 Fax 08196 7005
E-Mail: info@reinhardt-testsystem.de <http://www.reinhardt-testsystem.de>

Anzeigen



über 25 Jahre Erfahrung

Leiterplattenlayouts seit 1993

Neithardstr. 3 • 85540 Haar

Tel.: 089/462 0093-7, Fax: -8

<http://www.mansfeld-elektronik.de>

