

# Geschmacksnull und Ionennull

## Revolutioniert die elektronische Zunge die Lebensmittelbranche?

Horst Ahlers

Die gustatorische Wahrnehmung „Geschmack“ ist das weite Feld vieler verschiedener ionisierter Chemikalien. Durch eine geeignete Messtechnik und Umformung werden daraus einzig elektrische Spannungsgrößen. Diese Informationen können vorzüglich digital weitergegeben werden. Auch deshalb sollte der Geschmack auf der vektoriellen und elektrischen Ebene und deren Gesetzen behandelt werden.



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

### ›› Zur Person

ehemals Hochschuldozent an den Universitäten Chemnitz und Jena; langjähriger Vorsitzender der Forschungsorganisation Jenasensoric e. V. und der Sektion Technikwissenschaften des Verbandes zur Verbreitung wissenschaftlicher Kenntnisse (Urania) ‹‹

Misst die biologische Zunge die Natrium-Konzentration des Kochsalzes oder die Säuremenge im Wein? Nein. Sie ermittelt ein Muster, einen Geschmack. Das kommt daher, dass die Rezeptoren der Sinnesorgane alle keine Selektivität auf bestimmte chemische Elemente aufweisen. Natrium, Chlor, Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium – das alles lässt sich nicht getrennt erschmecken. Geschmeckt wird die Gesamtheit, denn jeder unserer Rezeptoren in den Papillen schmeckt vieles, allerdings mit Bevorzugung von süß, sauer, bitter, salzig als Grundgeschmacksrichtungen und in der Modifikation von Ionen. Daher kommt die Fixierung auf Muster. Und alles zusammen ist, auch mit Zusatzinformationen anderer Sinneswahrnehmungen, der Geschmack. Er wird im Gehirn individuell und subjektiv verarbeitet und zugeordnet.

### Objektivierung der Nahrungsgeschmacksbestimmung

Wenn eine elektronische Zunge gleichermaßen nicht auf einzelne Chemikalien ge-

trimmt wird, sondern die Ionenkonzentration der Nahrung ebenfalls als Muster erfasst und nach der Gleichung von *Nernst* (elektrochemisches Grundgesetz) in elektrochemisch erzeugte elektrische Spannungen wandelt, so ist sie ein wahres Äquivalent der biologischen Zunge und muss zu ähnlichen, allerdings technisch objektiven Ergebnissen kommen [1,2]. Ein zu bestimmender Geschmack einer Nahrung ist nun technisch dadurch darstellbar, dass seine elektrischen Nernst-Spannungen in Bezug zu den Nernst-Spannungen von Referenzen wie den Grundgeschmacksrichtungen gesetzt werden (Abb. 1 [3,4]). Das wird mathematisch durch eine (Vektor-)Abstandsrechnung bewerkstelligt. Dadurch ist er gewissermaßen festgezurr und eine objektive Größe geworden. Und dies alles über den einfachen Vergleich elektrochemisch erzeugter elektrischer Spannungen von Referenz und Messobjekt/Nahrung, ohne jegliche subjektive und individuelle und unscharfe und spekulative und verkorkste und sonst wie angreifbare Bewertung.

### Drei objektive Geschmacksdarstellungen 8-4-1

Eine elektronische Zunge mit 8+1 messenden Elektroden bzw. Messkanälen liefert acht verschiedene elektrochemisch erzeugte elektrische Nernst-Spannungen als Messkanalspannungen bzw. Vektorkomponenten gegenüber einer elektrochemischen Referenzelektrode aus der elektrochemischen Spannungsreihe (+1). Damit lässt sich eine Nahrung mit acht Maßzahlen achtdimensional beschreiben. Sie ergeben ein Muster, das anstelle einer chemischen Elementanalyse zu setzen ist. Das ist abstrakt, aber trotzdem wissenschaftlich objektiv wie das chemische Vorgehen auch. Was Magnesium in der Nahrung bedeutet, muss auch dort erst erlernt werden. So auch hier mit den **acht** elektrischen Spannungen. Nun gibt es für den Geschmack die Möglichkeit, ihn mit den vier Grundgeschmacksrichtungen zu vergleichen. Dadurch wird er über **vier** Maßzahlen besser für den menschlichen Bewertungsvorgang fassbar, d. h. eine objektive technische Messmöglichkeit wird zusätzlich zu einer subjektiven Bewertung über Sinnesrezeptoren und Gehirn neben den acht auch über vier Dimensionen in Beziehung setzbar. Die technische Messmöglichkeit wird durch die Nernst-Spannungen der standardisierten Grundgeschmacksrichtungen geliefert und ist durch jedermann nachzuvollziehen und nachzumessen. Die Geschmacksverortung wird dann über die Abstandsbestimmung zwischen dem achtdimensionalen Vektor der Nernst-Spannung der Nahrung zu den jeweils achtdimensionalen Vektoren der Nernst-Spannungen jeder der vier Grundgeschmacksrichtungen vollzogen (Euklid- bzw. Mahalanobis-Abstand). Somit wird die Nahrung dann mit vier Abstandswerten beschrieben, die aussagen, welches Geschmacksmuster aus salzig, süß, bitter, sauer vorliegt.

Da der Mensch maximal drei Dimensionen durch seine optische Umwelterfassung gewohnt ist, bedeutet eine Vierdimensionalität schon eine gewisse Zumutung, geschweige denn die der Achtdimensionalität der eingangs betrachteten Nernst-Spannungen einer elektronischen Zunge. So ist es durchaus nachvollziehbar, wenn nach einem einzigen (1) Merkmal für die Geschmacksverortung gesucht wird. Die subjektive Übung des Menschen in der Nahrungsbeschreibung gipfelt ja auch oft nur in einer einzigen Äußerung: es schmeckt gut, es schmeckt zu bitter, es schmeckt eklig, es schmeckt vorzüglich oder weg damit. Damit ist die Fragestellung nach einem Nullpunkt und einer Maßskala für den Geschmack eröffnet. Beim Thermometer ist dies z. B. nach *Celsius* mit dem Eispunkt/Tripelpunkt des Wassers gelöst und mit dem absoluten Nullpunkt nach *Kelvin* [5]. Beim Geschmack bie-

» Elektrochemisch erzeugte elektrische Nernst-Spannungen transformieren die chemisch aktiven Ionen in das elektrische Universum. «

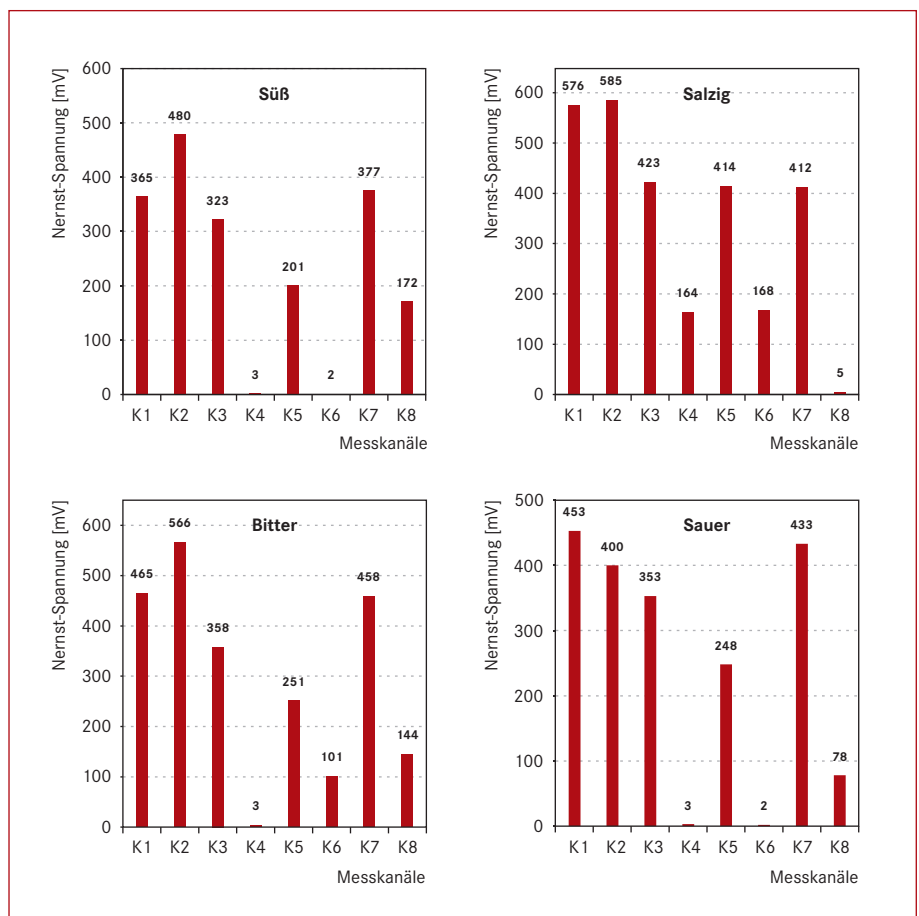


Abb. 1 Nernst-Spannungen der Grundgeschmacksrichtungen (Jenaer Geschmack-Sensoricard®, Elektronik HB627, Messkopf 3M4 [3]).

›› Eine objektive Messskala für den subjektiven Geschmack erlaubt eine Verortung ohne Subjektivität. ‹‹

ten sich nun ebenfalls zwei prinzipielle Definitionen einer Nullung an:

- Der erste Zugang lässt sich aus den vier Grundgeschmacksrichtungen gewinnen. Der Mittelwert aus ihren Nernst-Spannungen ist solch ein Festwert, da chemisch standardisiert und international nachvollziehbar. Der jeweilige (vektorielle) Abstand einer Nahrung zu dieser Nullung ist dann das Maß für den Geschmack. Er ist ein eindimensionaler Wert und analog *Celsius* adäquat gebildet und festgelegt.
- Eine zweite Definition lässt sich aus der wissenschaftlich gesicherten Erkenntnis für den Geschmack aus dessen Entstehen nur mittels des ionisierten Teils der Nahrung herleiten. Diese Ionen wandeln sich an den Sinnesrezeptoren in die Nernst-Spannungen um, die die Arbeitspunkte deren Strom-Spannungskennlinien in Bereiche mit negativem differentiellen elektrischen Widerstand verschieben, so dass Impulse generiert werden, die Geschmacksinformationen ans Gehirn zur Bewertung schicken. Keine Nernst-Spannungen heißt dann keine Geschmacksinformation, da keine Ionen vorhanden sind. Das ist mathematisch ein Nullvektor. Dieser kann als absolute Geschmacks-Nullreferenz wie bei der Kelvin-Nullung für die Temperatur dienen, da Geschmack als Beurteilung für eine Nahrung unterhalb dieser Null definitionsgemäß nicht vorhanden sein sollte. Das ist ebenfalls ein eindimensionaler Wert.

Die erste Nullung kann als relativer Geschmacksnullpunkt aufgefasst werden, während die zweite Null eine absolute ist. Die erste gestattet unterhalb und oberhalb der Null andere Standards oder Geschmacksgrenzen anzusiedeln und ist somit wie beim Thermometer noch festlegbar (Reaumur, Fahrenheit usw.), während der zweite Nullpunkt dies nicht mehr zulässt, denn negative oder imaginäre Vektorkomponenten bezüglich der Ionen sind dem Geschmacksbegriff derzeit nicht zuordenbar bzw. scheinen nicht erklärbar zu sein. Um beide Nullungen gegeneinander abzugren-

zen, empfiehlt sich eine namentliche Unterscheidung. Der Vorschlag ist hier „Geschmacksnull“ und „Ionennull“.

### Beispiel Thüringer Bratwurst

Zur Verifizierung der zuvor dargelegten Nullung wird eine auf dem Rost gebratene Thüringer Bratwurst mit einer Jenaer Geschmack-Sensoricard® ausgemessen und vom Geschmack her verkostet (Elektronik HB627, Messkopf 3M4, Abb. 2). Zunächst entstehen an den Messelektroden acht elektrische Spannungen als elektrochemisch erzeugtes elektrisches Beschreibungsmuster nach *Nernst* aus dem ionisierten Teil der Nahrung. Dieses Muster ist in dem Ahlers/Keil-Komponentenraster visualisiert und dient als Grundlage für alle weiteren Zuordnungen. Das geschieht mit den vier euklidischen Abständen zu den Nernst-Spannungen der Grundgeschmacksrichtungen gemäß:

$$\text{Abstand zu Süß} = \sqrt{(365 - 577)^2 + (480 - 621)^2 + \dots} = 580 \text{ usw.}$$

Die zweite Zahl in den Klammern ist aus den Nernst-Originalmessungen, die erste aus den Nernst-Spannungen der standardisierten Grundgeschmacksrichtung „süß“ (Abb. 2). Nach Abschluss dieser vier Abstandbestimmungen finden sie sich als Punkte im Ahlers/Keil-Geschmacksquadrupol. Sie zeigen die Gesamtkomposition in Bezug zu süß, sauer, bitter, salzig in ihrer Ausgewogenheit bzw. dem vorherrschenden Anteil.

Die Nullung ist nun zweifach möglich. Die Mittelwerte der Nernst-Spannungen der Grundgeschmacksrichtungen führen zur „Geschmacksnull“ über den euklidischen Abstand des Vektors der Originalmessung zu dem Vektor aus den Mittelwerten. Er ergibt den Wert 458 als einziges Maß für den Wurstgeschmack und kann z. B. als einfache und überschaubare Zielgröße zur Qualitätsüberwachung eingesetzt werden. Alle drei Beschreibungsebenen sind zulässig und können selbstverständlich nebeneinander

›› Allerdings kann die individuelle Interpretation wieder wie auch bei der Temperatur subjektiv erfolgen. ‹‹

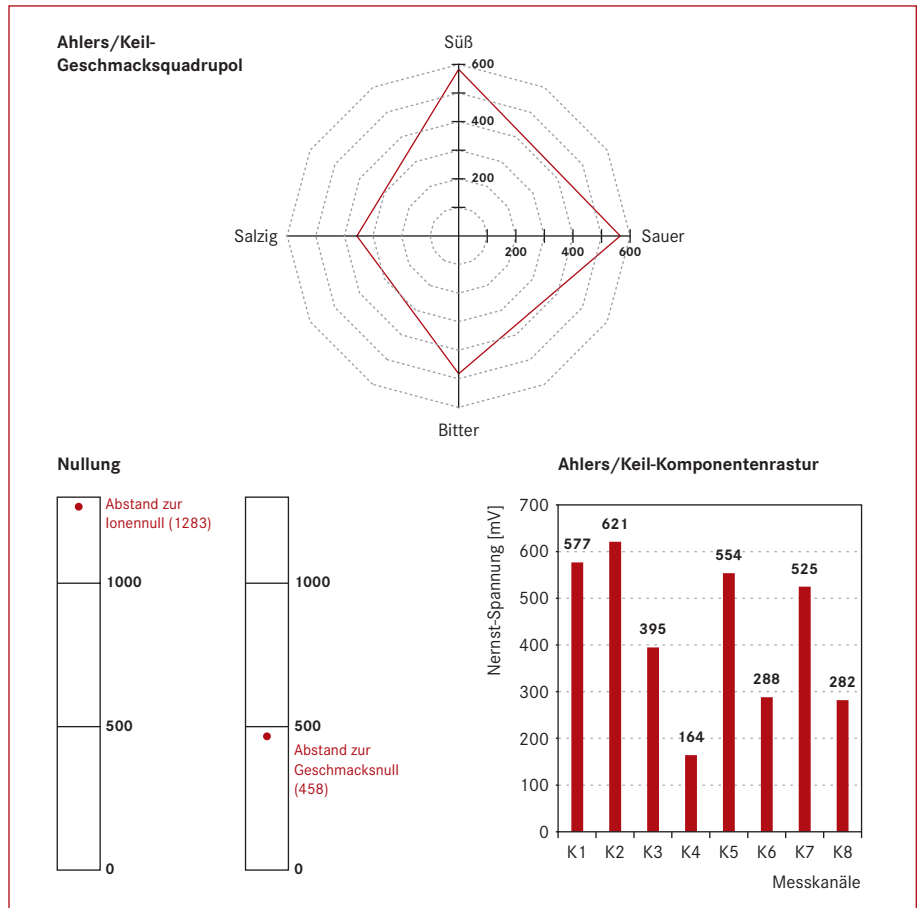
verwendet werden. Eine zweite absolute Nullung ist nun dadurch möglich, dass die Abstände zwischen den Nernst-Spannungen der Originalmessung zu den Nullkomponenten eines Nullvektors (0,00 | 0,00 | ...) berechnet werden. Das führt auf eine einfache Quadrierung in den Klammern, somit Quadratwurzel aus  $(577-0)^2 + (621-0)^2 + \dots \approx 1283$ . Das bedeutet, dass die elektrischen Spannungen an den Messelektroden als „Null“ gedacht werden, weil die Ionenkonzentrationen allesamt theoretisch verschwunden sind. Diese „Ionennull“ ergibt das Maß 1283. Es ist also weit weg von der Geschmacksneutralität bzw. der Abwesenheit von Ionen.

### Elektronische Zunge für jedermann?

In der Menschheitsgeschichte gibt es immer wieder Entwicklungssprünge, die eine allgemeine Demokratisierung bewirken. Die Einführung des Alphabets etwa vor 3000 Jahren durch die Phönizier und Griechen eröffnete den Zugang zur schriftlichen Informationserfassung und -mitteilung für jedermann. Wissen wurde so unverlierbar gemacht und der weltweiten Verbreitung zugänglich, wenn auch langsam über viele Jahrhunderte. Telefon, Computer und Internet haben in letzter Zeit dafür gesorgt, dass Information und Kommunikation mittels Elektronik ein schier unendlich großes Wissensmassiv für die Menschheit generierten, das für jedermann demokratisch verfügbar ist.

Das Gebiet der Nahrung als essenzielles Gebiet für das Leben und Überleben jedes Einzelnen lebt nach wie vor vom Hörensagen, Werbung, Glauben an die Lebensmittelsicherheit und -qualität, Gewohnheiten, Religionsvorschriften, Tradition usw. Alle müssen glauben, dass die auf ihrem Tisch stehende Nahrung gut und sicher ist, der Gesundheit dient und schon irgendwie der

Kontrolle unterliegt. Sie prüfen höchstens grob mit ihren Sinnesorganen. Ein Analytelabor oder einen Vorkoster kann sich kaum einer leisten. In einem Zeitalter von High-Tech kommt nun die elektronische Zunge ins Spiel und bewirkt den Anspruch, als Gerät für jedermann ein Mittel für die Erringung einer Oberhoheit über den Zustand seiner Nahrung zu werden. Durch einfaches Antasten wird in Sekundenbruchteilen eine Beschreibung erzeugt, die – wie gezeigt am Beispiel einer Bratwurst – einfach, neuartig und zu jeder Zeit die jeweilige Nahrung charakterisiert. Durch Vergleich mit Informationen aus einem elektronischen Datenspeicher wird so eine Beurteilung des Zustandes und Wertes der Nahrung für jedermann zugänglich. Diese gespeicherten Informationen sind das Ergebnis eines Anlernprozesses für



**Abb. 2** Drei Beschreibungsebenen für die Beispiel-Bratwurst. Mit ihnen ist der Zugriff auf einen Datenspeicher zu organisieren, der Informationen zu Qualität und Sicherheit zur Verfügung stellt (Jenaer Geschmack-Sensoriccard®, Elektronik HB627, Messkopf 3M4 [3]).

» **Relative Geschmacksnull und absolute Ionennull haben ihr Temperatur-Pendant bei der relativen Celsiuskala und der absoluten Null nach Kelvin.** «

## Meldung

### ■ EU-Absatzförderungsmaßnahmen 2020

Rund 200 Millionen Euro wird die EU-Kommission im Jahr 2020 zur Finanzierung von Absatzförderungsmaßnahmen von EU-Agrarerzeugnissen und Lebensmitteln in der EU und in Drittländern bereitstellen. Etwas mehr als die Hälfte davon soll in Kampagnen gehen, die auf Märkte außerhalb der EU mit hohem Wachstumspotenzial abzielen, darunter China, Japan, Kanada, Korea, Mexiko und die Vereinigten Staaten. Geplant sind unter anderem Kampagnen, die über verschiedene EU-Qualitätsregelungen und -siegel informieren sowie die hohen Sicherheitsstandards und die Vielfalt der EU-Erzeugnisse hervorheben. Innerhalb EU liegt einer Förderschwerpunkt in den Themenbereichen gesunde Ernährung und dem Verzehr von frischem Obst und Gemüse. Der Aufruf zur Einreichung von Vorschlägen für die Kampagnen wird im Januar 2020 veröffentlicht. (Rempe)

alle Nahrung auf der Welt, in jeglicher Verarbeitungsform, Reife, Konsistenz, Kalorien, Vitaminen, Handelsform, Bekömmlichkeit, Gesundheitswirkung usw. auf einer Weltgeschmacksdatenbank [6,7] mit Zugriff für jedermann. Dadurch ist er nun auch Herr über diesen Teil der Welt und kann objektiv und wissend entscheiden.

### Der Normungsgesichtspunkt

Die Innovationsinitiative der Definition einer Skala und eines Nullpunktes für den Geschmack hat mindestens eine entsprechende Normung als Hintergedanken. Es ist nicht unbedingt nötig, hundert und mehr Jahre zu warten, bis ein Komitee sich dieser Fixpunktproblematik annimmt. Die heutige Zeit erlebt Entwicklungen, die fast in Echtzeit Standards setzen, denen man hinterherzulaufen gezwungen ist. Die Computerwissenschaften und -techniken sind hierfür das aktuelle Beispiel. Sie schlagen laufend neue Pfosten ein. Der Geschmacksnullpunkt bietet sich nun jetzt an, dies mit allen Aspekten vorausschauend zu beleuchten und bewusst zu gestalten. Immerhin wird die gesamte menschliche Gesellschaft durch tägliche Nahrung am Leben erhalten. Das ist mehr als die Temperatur, das Kilogramm

oder den Meter wissenschaftlich exakt und neu festzulegen. Ohne Nahrung geht nichts. Und ohne Objektivierung des Geschmacks der Nahrung ist vieles irrational, verschwommen und nur unter weitgehend willkürlichen Annahmen einer wünschenswerten Optimierung zugänglich.

## Literatur

- [1] Ahlers H, Wang L (2018): Elektronisch riechen, schmecken, etc. Elektronische Sinnessensorik für Lebensmittel, Medizin, Umwelt und Technik. 2. Auflage, Behr's Verlag, Hamburg
- [2] [www.multisensoric.de](http://www.multisensoric.de)
- [3] Ahlers H (2018): Geschmackszuordnung ohne Schmecken. Objektivierung des Geschmacks mittels einer elektronischen Zunge. Deut Lebensm-Rundsch **114** (2), 60–64
- [4] Ahlers H (2018): Elektronische Geschmackserkennung. Eine einzige Kenngröße reicht als objektive Geschmackszuordnung. Getränke-industrie **72** (10), 40–43
- [5] Wikipedia: Temperaturskalen
- [6] Ahlers H (2015): Geschmacksdatenbank sichert Welterbe. Elektrochemische Fingerprints können den Geschmack beschreiben und speichern. Fleischwirtschaft **95** (3), 100–103
- [7] Ahlers H, Keil Ch (2015): Geschmack-Datenbank. Elektronische Zunge für objektive Geschmackserkennung. SPS-Magazin 5, 900

›› Für weltweite Verbreitung, Nutzung und Vergleichbarkeit der Messungen des objektivierten Geschmacks ist eine unverzügliche und eindeutige Normung wünschenswert. ‹‹

## Kontakt

**Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Horst Ahlers**  
 Multisensoric GmbH Jena  
 Ottogerd-Mühlmann-Str. 31  
 07743 Jena  
[hah-ahlers@multisensoric.de](mailto:hah-ahlers@multisensoric.de)  
[www.multisensoric.de](http://www.multisensoric.de)