

Elektronische Geschmackserkennung

Eine einzige Kenngröße reicht
als objektive Geschmackszuordnung

Eine elektronische Zunge nach der Nernstschen Gleichung transformiert die Ionenkonzentrationen eines Messobjekts stromlos in elektrische Spannungen. Wird ein Referenzobjekt mit einem fest umschriebenen Geschmack ebenfalls in gleicher Weise mit dieser Beschreibungsebene charakterisiert, lässt sich der geschmackliche Abstand mathematisch berechnen und dadurch objektivieren. Eine Referenz, die durch die vier Grundgeschmacksrichtungen repräsentiert ist, ergibt somit vier Abstände.

Dieses Verfahren einer solchen Geschmacksobjektivierung und -zuordnung lässt sich darüber hinaus aber noch modifizieren, sodass sich eine einzige zahlenmäßige Kenngröße als elektrisches elektrochemisch basiertes plakatives Geschmacksäquivalent für eine einfache Handhabung erhalten lässt. Es ist auch auf die Humansensorik erweiterbar.

Die Nernstsche Gleichung aus der Elektrochemie beschreibt die Transformation von Ionenkonzentrationen in elektrische Spannungen nach der Beziehung $UN-ERNST \sim \ln(f(\text{Ionen}))$.

Ein solchermaßen konstruierter Messkopf einer elektronischen Zunge kann beim Berühren eines Messobjekts mit Ionen in Bruchteilen von Sekunden dieses mit einer elektrochemisch erzeugten elektrischen Beschreibungsebene charakterisieren. Dazu wird kein Analyselabor benötigt. Allerdings muss ein Anlernen erfolgen. Dann aber steht diese elektronische Zunge jeder-

zeit dienstbereit zur Verfügung (siehe Abb. 1). Ist sie noch im Taschenformat mit heutiger Mikrotechnik miniaturisiert und hat sie den Zugang zur Computer- und Internettechnik, so ist sie ein High-Tech-Gerät für jedermann und jederfrau.

Leistungen einer elektronischen Zunge

Sie kann vielfältige Aufgaben in der Umwelt, der Technik, der Medizin und vor allen Dingen der Lebensmittelqualität und -sicherheit übernehmen. Besonders interessant ist der Zugang

Verfahren der Geschmacksobjektivierung mit NERNST-Spannungen

1. Ermittlung der elektrochemisch erzeugten elektrischen NERNST-Spannungen einer definierten geschmacklich beschriebenen Referenz
2. Ermittlung der NERNST-Spannungen einer Messprobe
3. Berechnung des Vektorabstandes nach EUKLID bzw. MAHALANOBIS

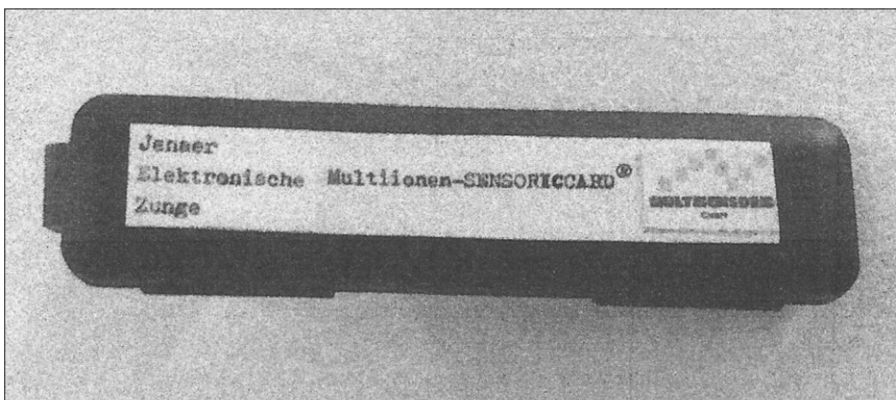


Abb. 1: Prototyp einer elektronischen Zunge mit Messkopf

zur Objektivierung des persönlichen Geschmacks, der bisher verbaut erschien durch die jedem Individuum eigene Empfindungen und Bewertungen. Aber jede technische Innovation bringt Voriges, Liebgewordenes, „nach allgemeiner Meinung“ Behauptetes usw. ins Wanken. Warum nicht auch dies.

Objektiver Geschmack

Gibt es eine Geschmacksreferenz, die gut beschrieben und gut definiert ist, so lässt sich dies mit der neuen Beschreibungsebene der Nernst-Spannungen erfassen. Ebenfalls gilt dies auch für einen zuzuordnenden Geschmack. Dadurch liegen zwei Geschmacksvektoren vor. Sie sind mathematisch mit den Regeln der Vektorenrechnung behandelbar.

Dazu bietet sich eine vektorielle Abstandsberechnung nach Euklid und, wenn statistische Streuungen ermittelt wurden, die nach Mahalanobis an. Letztere gestattet, auch Maße der Wahrscheinlichkeitsrechnung anzugeben (zum Beispiel Glaubwürdigkeitsbereich) (siehe Fenster 1).

Ist die Referenz durch vier standardisierte durch chemische Konzentrationen hinterlegte Grundgeschmacksrichtungen gegeben, so lässt sich der Abstand des Geschmacks jeden neuen Objekts mit Ionen jeweils zur Süß-, Salz-, Sauer- und Bitterreferenz berechnen (siehe Abb. 2a, 2b). Dieser kann aber jetzt den objektiv vorhandenen Abständen zugeordnet werden (siehe Abb. 3).

Eine Analogie zum Verständnis sei die Temperaturmessung. Diese wird wie obiger Geschmack objektiv durch tech-

		K1	K2	K3	K4
süß	Saccharose	10	20	50	100
salzig	NaCl	1,0	2,0	5,0	10
sauer	Citronensäure	0,25	0,5	1,0	1,5
bitter	Coffein	0,3	0,6	1,3	2,6

Abb. 2a: Prüflösungen in $H_2O/g/l$ für die Grundgeschmacksrichtungen, die als objektiver Referenzstandard mittels der chemischen Konzentrationen dienen können/Praxishandbuch Sensorik. Behrs-Verlag (2016), S.45.

nische Instrumente festgestellt. Ihre Empfindung für den menschlichen Körper ist auch hier individuell verschieden. So friert dieser oder jener bei zehn Grad Celsius, für einen anderen ist dies ausreichend warm. Das ist eine individuelle Bewertung, wie sie auch beim Ge-

365	576	465	453	464,75
480	585	566	400	507,75
323	432	358	353	364,25
3	164	3	3	43,25
201	414	251	248	278,50
2	168	101	2	68,25
377	412	458	433	420
172	5	144	78	99,75
süß	salzig	bitter	sauer	Mittelwert

Abb. 2b: Jeweils acht Elektroden-Spannungen für die Grundgeschmacksrichtungen und daraus der Mittelwert ergeben einen objektiven Standard. Elektronik HB627, Messkopf 3M4, Jenaer Elektronische Zunge Multiionen-Sensoricard

schmack vorgenommen werden darf. Das ist der Rest Subjektivität, der sich aber jetzt auf eine objektive Skala bezieht.

Eine einzige Geschmackskenngroße

Durch die Abstandsberechnung zu den vier Grundgeschmacksrichtungen liegen vier Kenngrößen vor. Das ist bereits ein bedeutender Fortschritt. Dennoch ist der Mensch gewohnt, einen Geschmack als gut, ekelig, wohlschmeckend oder sonst wie, d.h. mit einem einzigen Wort zu charakterisieren. Ebenfalls ist im industriellen Lebensmittelprozess eine einzige Zielgröße ein nicht zu unterschätzender Faktor für den Wunsch nach Übersichtlichkeit und praktischer Handhabbarkeit.

Es gibt also mehrere Gründe, Ausschau nach einer einzigen Geschmackskenngroße zu halten. Erfolgreich ist es, wenn die Geschmacks-Vektoren mathematisch zulässigen Operationen unterzogen werden: Addition und Multiplikation mit Skalaren ergeben sinnvolle Interpretierungen (siehe Abb. 4). So lassen sich die Vektoren der vier Geschmacksrichtungen addieren und ergeben durch vier geteilt einen hypothetischen Mittelwert. Dabei ist sogar eine Wichtung interpret-

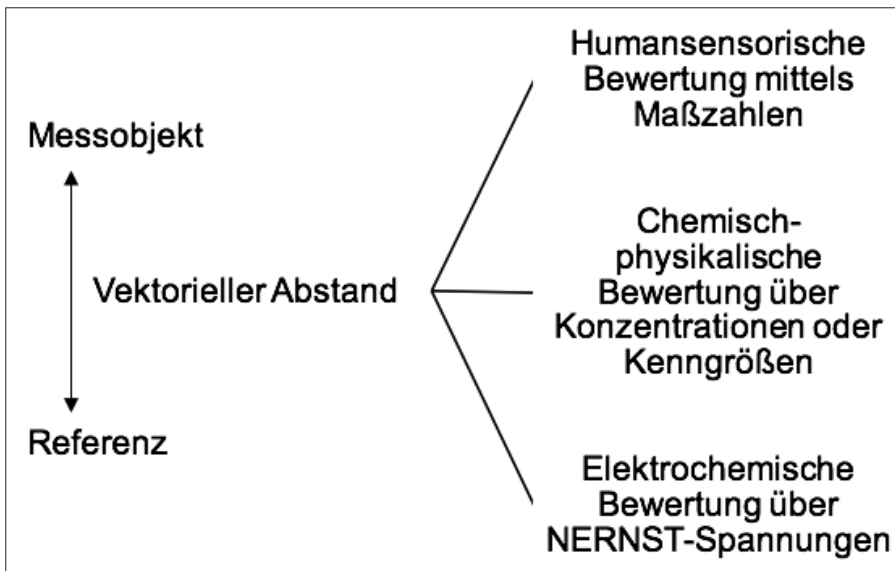


Abb. 3: Zuordnung des Geschmacks eines Messobjekts über den vektoriellen Abstand zu einer definierten Referenz mittels dreier Methoden einer Geschmacksbeschreibung

tierbar. Dies ist bereits ausreichend, eine einzige Kenngröße für den Geschmack aus dem Abstand zu dem Standardgeschmacksmittelwert zu kreieren.

$$\frac{1}{4} * [() + () + () + ()]$$

süß salzig sauer bitter

$$\frac{1}{4} * [g_{\text{süß}}() + g_{\text{salzig}}() + g_{\text{sauer}}() + g_{\text{bitter}}()]$$

Abb. 4: Einfache und gewichtete Mittelwerte für ein hypothetisches Geschmacksäquivalent aus den Grundgeschmacksrichtungen

Ein Cocktail, elektronisch abgeschmeckt

Zur Demonstration wird für einen Cocktail, der peu a peu zusammengemixt wird, die Geschmackszuordnung mithilfe einer elektronischen Zunge beobachtet.

Grundsubstanz ist ein Likör, Malibu von Pernod Ricard aus Spanien, der mit Coca-Cola von European Partners Berlin, Ananasdirektsaft von Kaufland, Neckarsulm, und zum Schluss mit drei Tropfen Zitronensaft von Hitchcock aus Mönchengladbach abgestimmt wird.

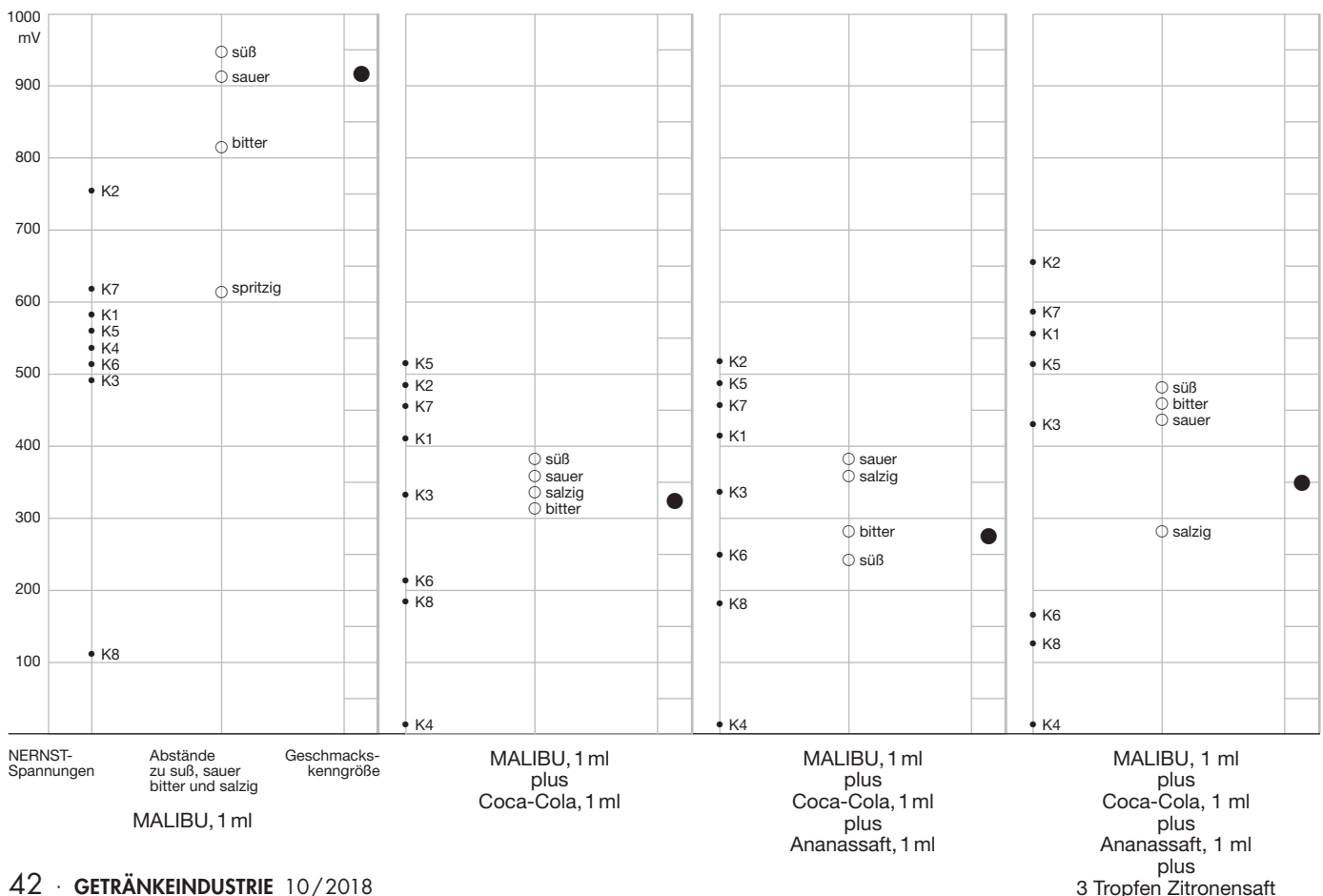
Ausgegangen wird vor den acht Messwerten der acht Elektroden einer elektronischen Zunge, die durch kurzes Berühren eines Flüssigkeitsfilms sich in Millivolt ergeben (siehe Abb. 5 a, 5 b).

Eine mögliche Geschmackszuordnung kann nun zu den vier Grundgeschmacksrichtungen vorgenommen werden. Damit geht die achtfache Mannigfaltigkeit in eine vierfache über. Der nächste Schritt besteht nun in der Abstandsberechnung zu den vier Grundgeschmacksrichtungen.

Diese Abstände für die einzelnen Mixetappen sind in Abb. 5 auf der letzten Skala eingezeichnet. Die zunächst achtfache Mannigfaltigkeit ist somit in eine vierfache und dann in eine einzige übergegangen, das heißt, der Geschmack wird jetzt durch eine einzige Kenngröße repräsentiert.

Erweiterung für Humansensorik und chemisch-physikalische Sensorik

Das Verfahren der Abstandsbestimmung zu den Grundgeschmacksrichtungen bzw. zu dem Mittelwert ihrer Nernst-Spannungen lässt sich erweitern. So erhält die Humansensorik ebenfalls die Möglichkeit, in Zahlen gefasste Bewertungen auf ihren vektoriellen Abstand hin zu definierten Referenzen zu untersuchen und zu interpretieren (siehe Abb. 3, Abb. 4).



Intelligenz liebt Muster ... (S. 188)

... auf Muster hoher Stufe spricht der Meister an (S. 307)

... dass Intelligenz entscheidend von der Fähigkeit abhängt,
... Beschreibungen auf hoher Stufe herzustellen (S. 308)

Gesetze sind geballt, ... (wenn) sie mit dem ... Ganzen zu tun haben
und ... Einzelbestandteile außer Acht lassen (S. 333)

In d(ies)er Operation des „Ballens“ steckt eine gewaltige Arbeits-
ersparnis ... (S. 312)

... die ... Ballung auf immer höherer Ebene, wobei man bei jedem Schritt
etwas Genauigkeit einbüßt (S. 596)

D. R. Hofstadter in „Gödel Escher Bach – ein endlos geflochtenes Band“.
dtv/Klett-Cotta 1992

590	403	401	557
751	498	510	641
498	341	337	430
534	2	2	9
571	519	484	518
510	214	248	169
628	461	458	572
109	206	183	112
Malibu	Malibu	Plus	Plus 3 Tropfen
EUKLID- Abstände zu süß 947	plus Coca-Cola süß395	Ananassaft süß255	Zitronensaft süß 494
salzig 607	salzig 355	salzig 339	salzig 273
sauer 919	sauer 384	sauer 378	sauer 442
bitter 806	bitter 305	bitter 291	bitter 475
Mittelwert 813	Mittelwert 320	Mittelwert 287	Mittelwert 350

Abb. 5: Mixstufen des Cocktails
(je 1 ml) und ihre Abstände zu den
Grundgeschmacksrichtungen und
zu dem Mittelwert aus den Geschmacks-
richtungen mittels Nernst-Spannungen.
Jenaer Elektronische Zunge Multiionen-
Sensoricard®, Elektronik MB 627,
Messkopf 3M4.

begründete Nullung, die einem Natur-
prozess entspricht und/oder sich eine
Naturkonstante als Bezugspunkt anbie-
tet. Bis dahin allerdings sollte der etwas
willkürliche, aber für die Praxis hinrei-
chende Bezug zu den chemischen Kon-
zentrationen der Grundgeschmacks-
richtungen akzeptierbar sein. □

Horst Ahlers

Hochschuldozent Dr.Ing. habil. et Dr. sc. techn.,
Multisensoric GmbH Jena

Bei der chemisch-physikalischen Sen-
sorik ist dies durch ihre in Zahlen aus-
gedrückte Konzentrationsbestimmun-
gen von vorneherein leicht möglich,
wenn eine Referenz mit gleicher Zahl
der Vektorkomponenten gegenüber-
gesetzt wird. Ob sich allerdings ein
sinnvoller Mittelwert finden lässt, sei
dahingestellt. Da ist es besser, sich bei
der Chemie der vier Grundgeschmacks-
richtungen zu treffen.

Entzauberung des Geschmacks

Der Geschmack kann gemäß der bis-
herigen Herleitung wie die Temperatur
eine Skala bekommen. Beide lassen
sich mit technischen Geräten objektiv

feststellen. Das ist die Quintessenz der
vorgenommenen Geschmackszuord-
nungen mit einer einzigen Kenngröße.
Der komplexe Bezug ist hier durch
die chemischen Konzentrationen der
Grundgeschmacksrichtung, also eine
etwas willkürliche Nullung, vorgenom-
men (siehe Fenster 2).

Während die Physik die Bezugstempere-
ratur bei Null Grad Kelvin, naturwissen-
schaftlich begründet, beginnen lassen
kann, und als dies noch nicht bekannt
war, eine etwas unscharfe, aber zweck-
mäßige Nullung beim Übergang des
Wassers zu Eis (Grad Celsius) vornahm,
ist eine Geschmacks-“Nullung“ erst
einmal behelfsweise durch die Che-
mie der vier Grundgeschmacksrichtun-
gen hinnehmbar. Vielleicht findet sich
irgendwann eine naturwissenschaftlich