

Innovative Sensorik mit der Sensoriccard

Qualitätskontrolle eines Lebensmittels für JEDERMANN und JEDERFRAU
mittels einer Elektronischen Zunge



Unsere Autoren: **Dr. Horst Ahlers** (Foto), hhh-ahlers@multisensoric.de,
Ottogerd-Mühlmann-Str.31, 07743 Jena, Tel. 03641-822845, www.multisensoric.de
Christian Keil, Torsten Keil

Das Aufgedruckte kann man glauben oder nicht; die Frische riecht man erst auf dem Teller; die Qualität ist für den Kunden ein Buch mit sieben Siegeln...Er hatte bisher nur die Werbung, seine Erfahrung und Informationen aus den Medien, um Informationen über ein Lebensmittel zu erhalten. Alles aber war und ist vielfach subjektiv. Die Objektivität der Analyselaboratorien war für den König Kunde im täglichen Kauf- und Verzehrverhalten unerreichbar.

Jetzt aber steht mit der Elektronischen Zunge^[1] ein Instrumentarium zur Verfügung, mit dem er einfach, wissenschaftlich und objektiv prüfen kann, ob Deklaration, Geschmack, Herkunft, Frische, Qualität stimmen. Damit wird der Kunde endlich König Kunde. Der Produzent profitiert erstaunlicherweise auch. Er trimmt das Produkt in die von ihm vertretbaren Güteklassen. Dadurch ist er abgesichert in seinem Qualitätsversprechen und kann die Produktion in jedem Veredelungsschritt zeitnah überwachen und optimieren.

Elektronische Sinnessensorik^[2]

Für die technische Lösung des Problems werden Sensoren benötigt, die in breiter Masse zur Verfügung stehen und schon den menschlichen Sinnesorganen nahekommen. Durch diese ist unsere Welt erkennbar, allerdings subjektiv. Sie wird durch

uns beurteilt und entsprechend genutzt. Die vielen anderen Messgeräte, die für die Lebensmittelqualität oder ihre Beurteilung in der Welt auch noch eingesetzt werden, sind für den Verbraucher im allgemeinen kaum erreichbar, wenngleich vorhanden. Der Kunde beurteilt ein Lebensmittel mit seinen Sinnesorganen und der Erfahrung. Mehr steht ihm üblicherweise nicht zur Verfügung. Technische Sensoren, die dies für ihn erledigen, sind als Sinnesäquivalente zusammengefasst; ist dies auf elektronische Weise gelöst, so ist es eine Elektronische Sinnessensorik^[2]. Sie muss die bisher biologisch ermittelten Informationen jetzt elektronisch liefern. Geeignet ist für die in der Überschrift genannte Zielstellung die Elektronische Zunge. Sie liefert elektrochemische Informationen vom Lebensmittel, die auf der Gesamtheit der Ionen in diesem basieren. Dadurch geht sie nicht bis in das Niveau der elementaren chemischen Bestandteile, sondern eine Stufe höher in der Verallgemeinerung (auch Ballung) und ist gewissermaßen ein summarischer Eindruck, der als Geschmack bezeichnbar ist. Er ist aber jetzt ein nicht von den Sinnesorganen beurteilter subjektiver Sinneseindruck, sondern ein objektiver charakteristischer „Fingerprint des Geschmacks“ auf Basis mehrerer ionensensitiver aber nicht ionenselektiver elektrischer Spannungen. Dieser

Geschmack ist nicht allein auf den durch die menschlichen Sinnesorgane erfahrbaren Eindrücke beschränkt. Er gilt ganz allgemein für alle ionenenthaltenden Objekte in der Welt und das macht ihn ziemlich universell^{[3][4][5][6]}. Wenn er leicht mit einer Elektronischen Zunge für einen jeden zu ermitteln ist, stört die „Ballung“ auf der Ebene „Geschmack“ nicht. Welcher Kunde will sich schon mit den chemischen Elementen eines Lebensmittels als darunter liegender weiter auflösender Ebene beschäftigen. Ihm und uns allen genügt, mit Hilfe der elektronischen Geschmacksinformation alles Notwendige und Wissenswerte über die Qualität in Erfahrung zu bringen.

Elektronische Zunge

Die hier anvisierte Elektronische Zunge verwendet einen Meßkopf, der mehrere Elektroden aus leitenden Materialien enthält, die schwachselektiv mit den Ionen eines Elektrolyten eine galvanische Spannung nach der Formel von Prof. NERNST erzeugen. Prof. NERNST aus Berlin veröffentlichte die Formel 1899 in der Zeitung „Elektrochemie“. Die NERNST-Spannung ist proportional dem Logarithmus naturalis der Ionen in Objekten. Dies sind die Vektorkomponenten bzw. der Fingerprint, der die einzelnen Klassen beschreibt. Sie müssen angelernt, dann auf einem Speicher abgelegt und zum

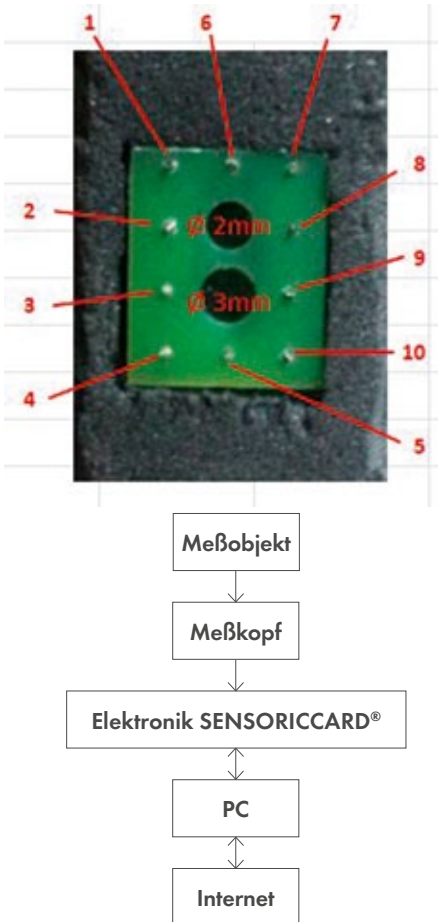


Abb. 1: Die Jenaer Elektronische Zunge Multiionen-SENSORICCARD® hat einen Meßkopf mit schwachselektiven Elektroden, die auf ein Ionen enthaltendes Meßobjekt aufgesetzt werden und in Bruchteilen einer Sekunde elektrochemische Spannungen nach NERNST ohne einen Meßstrom erzeugen. Diese beschreiben den Zustand solcherart als charakteristischen Fingerprint bzw. mit Vektorkomponenten zu seiner Kennung.

Schluss bei einer neuen Messung wiedererkannt werden. Das alles wird mathematisch durch die Objekt- bzw. Mustererkennungstheorie abgesichert und ausgeführt. Die vom Meßkopf gelieferten Spannungen werden durch eine Elektronik erfasst und letzten Endes durch einen PC direkt oder übers Internet bearbeitet. Als Ergebnis wird mitgeteilt, welchem der gespeicherten Vektoren ein neu gemessener am ähnlichsten ist. Es ist also ein Erkennungsverfahren und für das Wiedererkennen von Lebensmitteln, ihren Qualitäten und Zuständen bestens geeignet^{[7][8][9]}. Die praktische Konstruktion solcher Meßköpfe variiert je nach Anwendungsgebiet die Elektroden für den Einmaleinsatz oder, wenn das Reinigungsproblem gelöst ist, für viele bis sehr viele Meß- bzw. Erkennungsvorgänge. Da aber

manche Elektrodenmaterialien teuer sind, sind sparsame Elektrodenkonstruktionen angesagt oder es werden neuartige innovative Lösungen eingesetzt^[10].

Klassifizierung

Zur Beschreibung eines Objekts, hier eines Lebensmittels, lassen sich eine Reihe von Größen heranziehen. Beispiele sind Gewicht, Aussehen, chemische Bestandteile, Zubereitung, Konsistenz, Geruch, Alter, Kalorien, Gesundheitsrelevanz, Herstellung usw. Beim Lebensmittel ist eine weitere Beschreibungsgröße die des Geschmacks. Er ist bisher eine subjektive Größe und weitgehend von dem Beurteiler abhängig. Wenn jetzt der Geschmack von einer Elektronischen Zunge ermittelt wird, besteht die einmalige Gelegenheit, ihn auf objektive messbare Größen zurückzuführen: Das sind die Meßspannungen der Meßkanäle. Sie ergeben zusätzlich zu den oben genannten Beschreibungsgrößen einen Vektor mit Vektorkomponenten. Populär ist dies auch als „Fingerprint“ eines Objekts bezeichnbar. Eine solche Vergrößerung der Menge der Beschreibungsgrößen eröffnet die Möglichkeit, schnell und einfach für einen Jeden zu diesem jetzt objektiv definierten und ermittelbaren Wert zu kommen. Erst dann macht der zusätzliche Aufwand Sinn, der für die Geschmacksfeststellung durch eine Elektronische Zunge über die elektrochemischen Muster nach NERNST zu leisten ist. Da nun der Geschmack eine zentrale Beurteilungsgröße für ein Lebensmittel ist und mit dem verknüpften Vektor auch weitere interessierende Größen zu ermitteln sind, ist er in Klassen zu fassen und in einen

- **Humansensorische Beurteilung**
- **Analysewerte**
- **Produkteigenschaften**
-
-
-

Meßkanäle

K1

K2

•

•

Kn

Abb. 2: Die Meßspannungen der Meßkanäle einer Elektronischen Zunge sind die neue Kennung, mit der ein Lebensmittel zu beschreiben und zu erkennen ist. Das muß der Verbraucher nicht wissen. Das Gerät (Elektronische Zunge) aber muß mit Hilfe dieser Zahlenwerte den Geschmack und damit das Produkt einschließlich Zustand wiedererkennen und mitteilen.

Datenspeicher aufzunehmen. Die Wiedererkennung erfolgt dann über Suchverfahren mit Hilfe der von einer Elektronischen Zunge ermittelten Elektroden Spannungen.

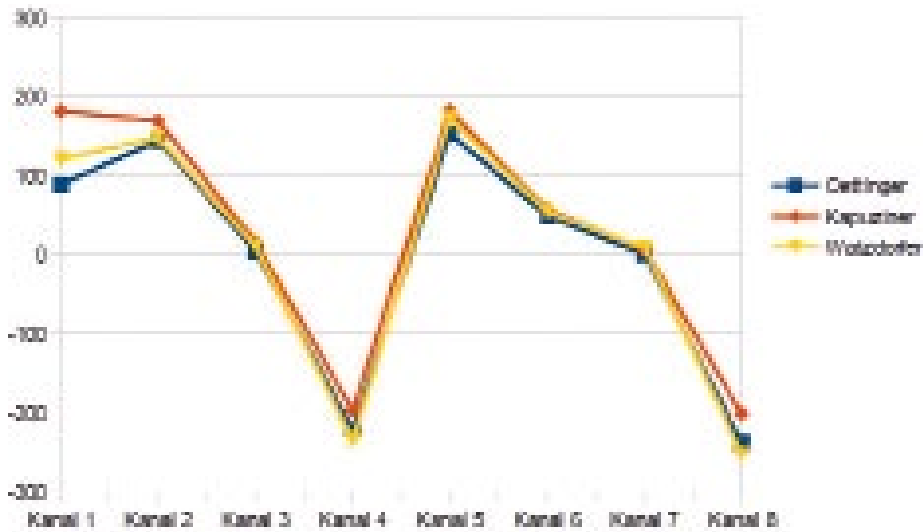
Verbrauchersorgen

Dem Verbraucher fällt es schwer, die Lebensmittel-Qualität zu beurteilen. Das ist eine der zentralen Aussagen einer von der Firma Nestlé in Auftrag gegebenen Studie (Fenster 1). Mit einer Elektronischen Zunge lässt sich dieses Manko endlich behe-

Fenster 1: Nestlé Studie 2012 "Das is(s)t Qualität"

- Die Deutschen achten beim Lebensmitteleinkauf immer mehr und immer genauer auf die Qualität. Dies ist als dominantes Einkaufskriterium sogar wichtiger als ein günstiger Preis (Seite 1).
- Verbrauchern fällt es schwer, Qualität zu beurteilen (Seite 5).
- Gleichzeitig herrscht bei vielen Verbrauchern heute ein latentes Misstrauen gegenüber Lebensmittelherstellern und -kontrollen (Seite 5).
- ...die Verbraucher nur bedingt in der Lage, die Qualität von Lebensmitteln auch zu beurteilen (Seite 6).
- Auch staatliche Lebensmittelkontrollen genießen nur begrenztes Vertrauen (Seite 10).
- ...Zweifel an der Objektivität der Berichterstattung durch Medien... (Seite 11)
- Wahrnehmbarkeit, Sichtbarkeit und Vergleichbarkeit von Qualität sind aus Sicht der Verbraucher als auch der Meinungsführer das große Manko (Seite 17)
- ...sieht vor allem die Lebensmittelhersteller in der Verantwortung, wenn es um die Sicherstellung und die Einflussnahme auf die Lebensmittelqualität geht (Seite 18)

Kernsätze und Kernerkenntnisse aus: Nestlé Studie 2012 "Das is(s)t Qualität"



	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8
Oettinger	88,4	144,3	4,3	-221,4	152,9	48,4	0,6	-237,4
Kapuziner	181,2	168,8	15,6	-196,6	181,4	56,8	6,8	-201,1
Watzdorfer	120,6	148	10,5	-234,6	171,8	53,8	8,7	-252,1

Abb. 3: Drei Biersorten im Vergleich: Original Oettinger Export (Verbrauchsfrist 4.2.2015), Kapuziner Weißbier (Verbrauchsfrist 24.6.2015) und Watzdorfer Landbier (Verbrauchsfrist 8.2.2015). Die Verbindung der Meßspannungen bzw. Vektorkomponenten zeigt ein durchaus ähnliches Muster der Produktklasse Bier. Sie unterscheiden sich aber in Nuancen bezüglich der Sorten und des Geschmacks, ausgedrückt durch die nicht zu großen Meßspannungsunterschiede in den einzelnen Meßkanälen außer Meßkanal 1. Die Messung wurde durchgeführt am 5.12.2014. Messkanalspannung in Millivolt. Meßzeit 0,1 Sekunden. Jenaer Elektronische Zunge Multiionen- SENSORICCARD®

ben. Allerdings erfordert es ein Umdenken einer ganzen Branche und natürlich umfangreiche Arbeit, bevor alle Nuancen auf ein neues System umgestellt und handhabbar sind und sich zwischen Verbraucher und Lebensmittelhersteller eine neue Partnerschaft auf objektivem Niveau herausgebildet hat.

Zustandsbeschreibung

Die neue innovative elektrochemische Zustandsbeschreibung wird im Nachfolgenden an einigen Beispielen dokumentiert.

Die drei Biersorten in Abb.3 zeigen, dass sie zusammengehören unter dem Begriff Bier. Sie ergeben einen charakteristischen Fingerprintkurvenzug, der auf nicht mehr als auf Wasser, Malz und Hopfen entsprechend dem Reinheitsgebot von 1516 gegründet ist.

In der Abb.4 sind zwei Kinder- bzw. Babynahrungen mit der Elektronischen Zunge gemessen worden und als Spinnendiagramm dargestellt. Zusätzlich sind im Beschreibungsvektor die mitgeteilten chemischen Inhaltsstoffe und weitere Informationen aufgeführt. Das sind schon recht umfassende Zustandsbeschreibungen. Dabei erscheinen die von der Elektronischen Zunge ermittelten Meßspannungen der Meßkanäle als Zahlenwerte ziemlich abstrakt. Sie sind aber dieje-

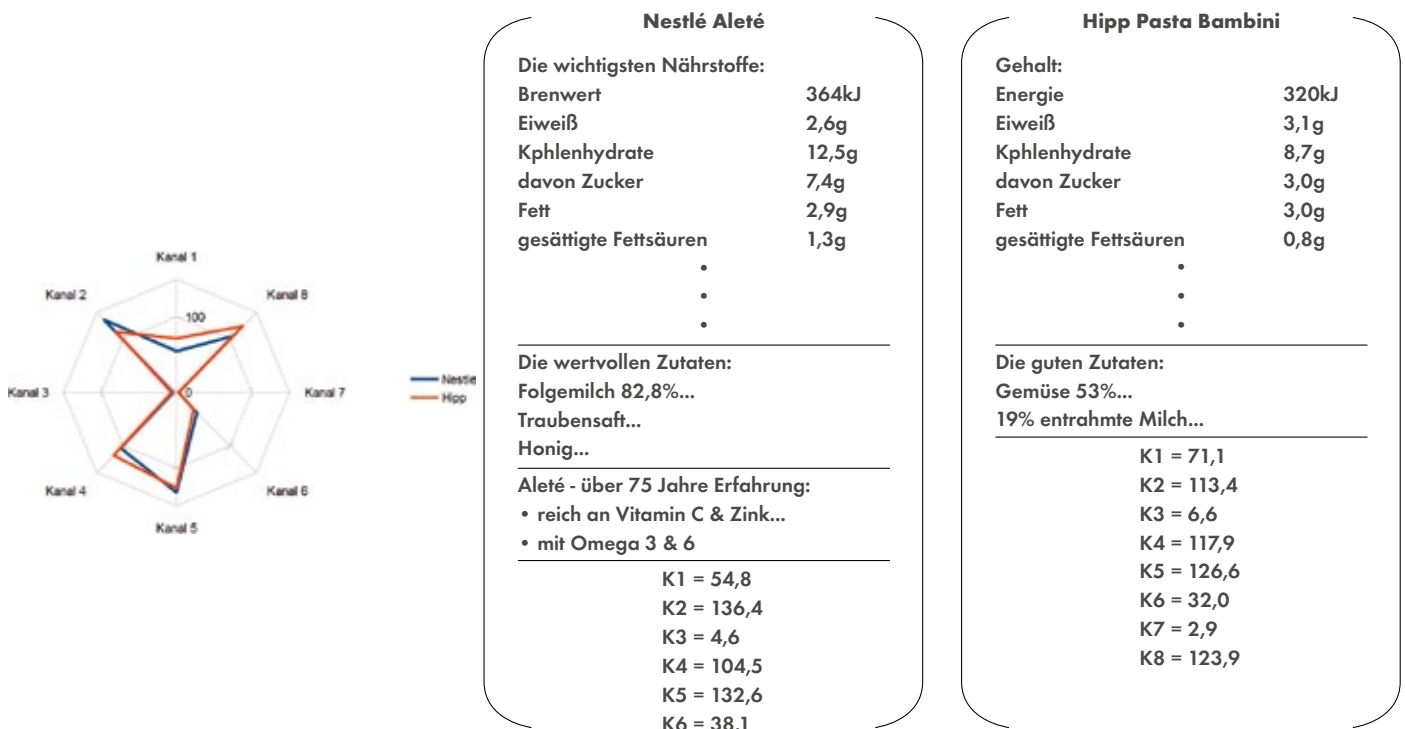


Abb.4: Untersucht wurde Aleté 8-Korn mit Honig der Firma Nestlé und Pasta Bambini Spagetti mit Tomate und Mozzarella der Firma Hipp. Die Meßwerte der Jenaer Elektronische Zunge Multiionen- SENSORICCARD® und die Analysewerte beschreiben zwei Babynahrungen objektiv. Dabei sind erstere auch für Jedermann und Jederfrau einer einfachen Kontrolle zugänglich. Das dafür notwendige Erkennungsgerät (Elektronische Zunge) kann bei Massenfertigung und massenhafter Nutzung durch den Verbraucher zu einem Volksgerät avancieren. Die Meßkanalspannungen Ki sind in Millivolt angegeben; die Inhaltsstoffe beziehen sich auf 100Gramm - Abfüllungen.

nigen, die vom Verbraucher am einfachsten nachgeprüft und kontrolliert werden können, wenn die Elektronische Zunge Allgemeinut geworden ist. Für die Bestimmung des Grades der Übereinstimmung mit einer konkreten Kontrollprobe ist ihre Kenntnis nicht einmal nötig. Die Mathematik prüft automatisch die Übereinstimmung als Klassenzugehörigkeit und die Lage im zulässigen Toleranz- und Zulässigkeitsbereich nach anerkannten mathematisch abgesicherten Methoden und mit Hilfe der abstrakt erscheinenden Zahlenwerte.

Abb. 5 zeigt zwei Produkte aus dem Bereich der Würze in Form eines Balkendiagramms, das ihre Unterschiedlichkeit deutlich hervorhebt.

Lebensmittelqualitätskontrollen

Die demonstrierte Machbarkeit der schnell, einfach und preiswert zu ermittelnden elektrochemischen Zustandsbeschreibungen durch eine Elektronische Zunge gestattet, ein System der Qualitätskontrolle so auszuarbeiten, dass es für den Verbraucher wie auch für den Produzenten von Nutzen ist.

Dabei reicht für den Verbraucher eine einfache Elektronische Zunge mit beispielsweise 8 Meßkanälen, während der Produzent zusätzlich zu diesen nochmals 8 oder auch 16 Meßkanäle für eine umfangreiche und aussagekräftigere Information einzusetzen in der Lage sein muss. Er kann jetzt die Deklaration mit diesem erarbeiten und dem im Verkehr gebrachten Lebensmittel zur Kennung zuordnen[4]. An Hand dieser bzw. den reduziert gewonnenen Vektor-komponenten kann das Lebensmittel bis auf den Teller des Verbrauchers in seiner Qualität verfolgt werden. Der Verbraucher braucht dabei keine Vektorkomponenten zu kennen. Seine Elektronische Zunge zeigt ihm an, dass das Produkt im Toleranzbereich, d.h. innerhalb der zulässigen Klassengrenzen einer Qualität liegt.

Der Vorteil dieses Systems und Vorgehens in ihm ist, dass Verbraucher, aber auch Produzent, Kontrolleur oder Journalist schnell, einfach und preiswert – wie oben bereits gesagt- jederzeit zu einer objektive Information gelangen und nicht auf Vermutungen angewiesen sind.

Weltgeschmacksdatenbank

Der für ein Lebensmittel wichtige Geschmack als Sinneseindruck ist nur ein Teil der durch den Begriff „Geschmack“ als elektrochemisches Muster umfassenden

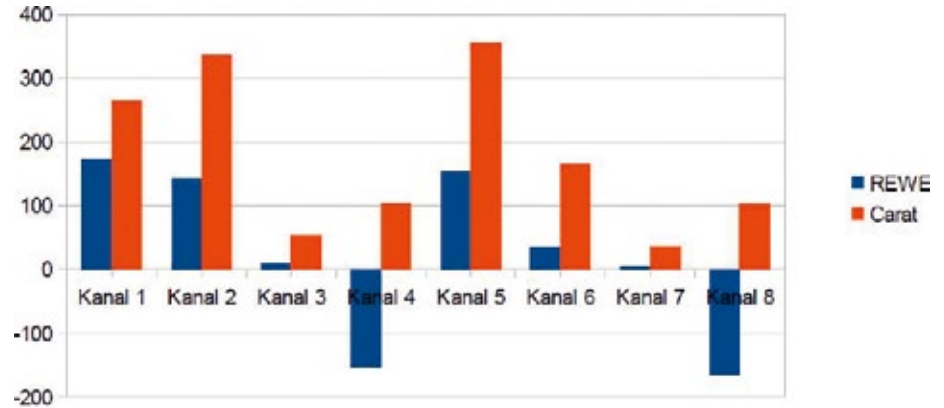


Abb. 5: Vergleich zweier unterschiedlicher Würzen mittels eines Balkendiagramms. Untersucht mit Jenaer Elektronische Zunge Multiionen- SENSORICARD® wurde French Dressing von REWE und Würze von Carat. Ordinate in Millivolt. Meßzeit 0,1 Sekunden.

Objekte [3][4]. Generell gilt, dass alle Objekte, die als Elektrolyte wirken und Ionen enthalten oder in diesen Zustand gebracht werden können, mittels einer Elektronischen Zunge ihrer elektrochemischen Zustandsbeschreibung zugänglich gemacht werden können. Damit ist der Geschmack als Charakteristikum ziemlich weit gefasst. Er kann als eine weitere Beschreibungsgröße eines Objekts aufgefasst werden und ist wegen der auch für fachliche Laien einfachen Handhabung im weltweiten Kontext einsetzbar. Daraus ergibt sich die Aufgabe, solche Objekte zu beschreiben und die Zustandsdaten in Datenspeichern aufzubewahren. Das kann im Kleinen für jedes Lebensmittelprodukt und seine Herstellung und Verarbeitung aber auch für alle Objekte mit „Geschmack“ über eine Weltgeschmacksdatenbank erfolgen. Sie hat dabei auch die Aufgabe, in ihrem Datenpool dies als Welterbe zu bewahren[3]. Bekannt ist die Samenbank „Svalbard Global Seed Vault“ in Norwegen, die den Genpool der Samen im Weltmaßstab zu erhalten hilft. Jeder dieser Samen könnte mit einer Elektronischen Zunge in seinem Zustand zusätzlich charakterisiert werden, um so das Welterbe nicht nur als Samenkorn in seiner Vergänglichkeit zu erhalten, sondern auch in seinem Geschmack mittels eines elektrochemischen Vektors unzerstörbar und für alle Zeiten. Und das alles nur auf dem CD-Format.

Literatur

- [1] www.multisensoric.de/produkte/literatur und BMWI-Projekt 62/99 (1999-2001) Elektronische Zunge. JENASENSORIC e.V./Ahlers
- [2] H. Ahlers, R. Reisch, L. Wang. Elektronisch riechen, schmecken etc. Elektro-

nische Sinnessensorik für Lebensmittel, Medizin, Umwelt und Technik. 2010, Beuth-Verlag, Berlin, Wien, Zürich, Behrs-Verlag Hamburg

- [3] H. Ahlers, Ch. Keil. Die Elektronische Zunge als innovatives Mustererkennungsinstrumentarium. *mpa* (2014)10, S. 22-25
- [4] H. Ahlers. Lebensmittelsicherheit als Menschheitstraum. Die aktuelle Technik läßt eine neue Art der Zustandsbeschreibung zu. *Fleischwirtschaft* (2015)1. H. Ahlers, D. Wötzel, W. Kratzenberg, T. Keil. *Lebensmittelsicherheit mittels Elektronischer Sinnessensorik. Fleischwirtschaft* (2015)2, S.52-56
- H. Ahlers. *Geschmacksdatenbank sichert Welterbe. Fleischwirtschaft* (2015)3, S.100-103
- [5] H. Ahlers. *Wie schmeckt denn nun Beton?* *BFT* (2011)7, S.20-22
- [6] H. Ahlers, Ch. Keil, T. Keil. *Sensorisch unbestechlich-Die Elektronische Zunge. Der Deutsche Weinbau* (2015)5, S.26-27
- [7] H. Ahlers. *Geruchsbelastung „schmecken“ . Die Quickdetektion von Eberfleisch kann mit der „Elektronischen Zunge“ erfolgen. Fleischwirtschaft* (2012)12, S. 24-26
- [8] H. Ahlers, Ch. Keil, T. Keil: *Pferdefleischdetektion durch Sinnessensorik. In wenigen Millisekunden läßt sich ein Lebensmittel auf Einhaltung seiner Deklaration prüfen. Fleischwirtschaft* (2013) 3, S. 59-60
- [9] M. Wagner, D. Wötzel, T. Keil, H. Ahlers. *Frischeklasse einfach und schnell bestimmen. Mit der Jenaer Elektronischen Zunge läßt sich der Frischegrad eines Lebensmittels ermitteln. Fleischwirtschaft* (2013)8, S. 23-27
- [10] Patentpool IP Know Neubrandenburg