

MULTISENSORIC

Electronic tongue to "taste" concrete

Elektronische Zunge zum „Schmecken“ von Beton

One of the principles that can be applied to the design of an electronic tongue is to generate an electrochemical voltage, just like in a galvanic cell but also similar to the human or animal tongue. Both the biological and the engineered tongue generate an electrical voltage using the presence of ions. A minute amount of moisture makes substances dissociate so that they are present in ionized condition. Thanks to the research of Prof. Walther Nernst, it has been known for about 100 years that different electrodes that consist of conductive materials generate an electrical voltage from the ions present in the substance. Similar to the individual lingual papillae, this electrochemical voltage can be generated multiple times and structured as a pattern using various electrodes. This makes the related object suitable for treatment using the principles of mathematical pattern or object recognition theory, which makes it possible to teach in a pattern and to subsequently detect it using appropriate classification methods. This can happen in only a few split seconds, and the signal can then be processed electronically and displayed or linked via the Internet using state-of-the-art technical capabilities.

Electrodes may be composed of a wide range of conductive materials that usually react to ions with a low degree of selectivity. This is why an overall impression can be gained from a pattern of electrochemical voltages, similar to the physiological impression a human being gets on the basis of their sensual perception. In the latter case, however, this step results in a subjective taste classified by the human brain, whereas Nernst voltages provide an objective "taste" and thus deliver a su-

perordinate piece of taste information from all ion-containing substances, which results in an objective description and quality information that can also be used in construction engineering.



The Jena electronic tongue ("Multiionen-Sensoricard") is composed of a measuring head with ten electrodes for eight measurement channels to determine the vector components, an electronic unit, a USB cable and a computer

Die Jenaer Elektronische Zunge Multiionen-Sensoricard besteht aus einem Messkopf mit zehn Elektroden für acht Messkanäle zur Ermittlung der Vektorkomponenten, einer Elektronik, einem USB-Kabel und einem PC

Design of the electronic tongue

The electronic tongue requires a measuring head to generate the Nernst voltages upon making contact with the measured object, an electronic unit to take up and process these voltages, and a computer that applies mathematical principles to determine and recognize patterns or classes. This process is informed by mathematical object or pattern recognition theory.

The measuring head must provide eight measuring channels to accommodate the eight vector components that represent the individual classes. Since electrical voltages are only generated between any two electrodes, eight conductive electrodes and a conductive reference electrode are needed, which are all integrated in the measuring head. In popular terms, the resulting voltage pattern can also be referred to as a fingerprint of the measured object. Figure 1 shows a prototype of this electronic tongue that can

Ein Prinzip, das auf die Konstruktion einer Elektronischen Zunge angewendet werden kann, besteht in der Erzeugung elektrochemischer Spannungen wie bei einem galvanischen Element, aber

auch wie bei der menschlichen oder ganz allgemein tierischen Zunge. Sowohl die biologische als auch die technische Zunge generieren eine elektrische Spannung aus der Anwesenheit von Ionen. Bereits geringste Feuchtigkeit sorgt dafür, dass Stoffe dissoziieren und somit ionisiert vorliegen. Seit etwa 100 Jahren ist dank Prof. Walther Nernst bekannt, dass unterschiedliche Elektroden aus elektrisch leitenden Materialien durch die im Stoff vorhandenen Ionen eine elektrische Spannung erzeugen. Diese elektrochemische Spannung kann ähnlich wie bei den verschiedenen Papillen der biologischen Zunge mit unterschiedlichen Elektroden vielfach erzeugt und als Muster organisiert werden. Dann wird ein solches Objekt mit der mathematischen Musterbeziehungstheorie behandelbar, sodass ein Muster anzulernen und dann über Klassifizierungsverfahren wiederzuerkennen ist. Dies kann in Bruchteilen von Sekunden geschehen, elektronisch

problemlos weiterverarbeitet und angezeigt oder dank der heutigen technischen Möglichkeiten über das Internet verknüpft werden.

Die Elektroden können aus verschiedensten leitenden Materialien zusammengestellt werden, die im Allgemeinen schwachselektiv auf Ionen reagieren. Es kann also ein Gesamteindruck mithilfe eines Musters elektrochemischer Spannungen gewonnen werden, ähnlich wie beim physiologischen menschlichen Sinneseindruck. Dort handelt es sich jedoch um einen vom Gehirn eingeordneten subjektiven Geschmack, während die Nernst-Spannungen einen objektiven „Geschmack“ abliefern. Sie ergeben daher gewissermaßen eine übergeordnete Geschmacksinformation aller Ionen enthaltenden Stoffe und somit eine objektive Beschreibung und Qualitätsinformation auch im Bauwesen.

Konstruktion der Elektronischen Zunge

Die Elektronische Zunge benötigt einen Messkopf zum Erzeugen der Nernst-Spannungen, wenn mit ihm das Messobjekt berührt wird, eine Elektronik, die diese elektrischen Spannungen aufnimmt und aufbereitet, und einen Rechner, der die Mathematik zum Feststellen und Wiedererkennen von Mustern oder Klassen einsetzt. Den Input dafür liefert die mathematische Objektbeziehungstheorie.

Der Messkopf muss für acht Vektorkomponenten, die die Klassen ausmachen, acht Messkanäle vorsehen. Da die elektrischen Spannungen nur zwischen zwei Elektroden entstehen, werden somit acht leitende Elektroden sowie eine leitende Referenzelektrode benötigt, die alle in den Messkopf integriert werden. Das sich ergebende Spannungsmuster kann auch populärwissenschaftlich als

Figure: Horst Ahlers

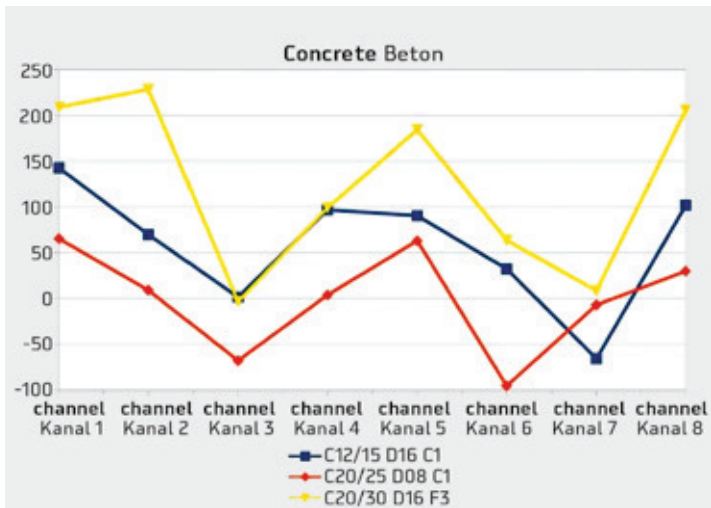


Figure: Horst Ahlers

The vector components provided by the individual measurement channels are shown as characteristic curves to distinguish the individual concrete mixes, or as a fingerprint

Die Vektorkomponenten, die von den einzelnen Messkanälen geliefert werden, sind als charakteristischer Kurvenzug zur Kennung der einzelnen Betonmischungen beziehungsweise als Fingerprint dargestellt

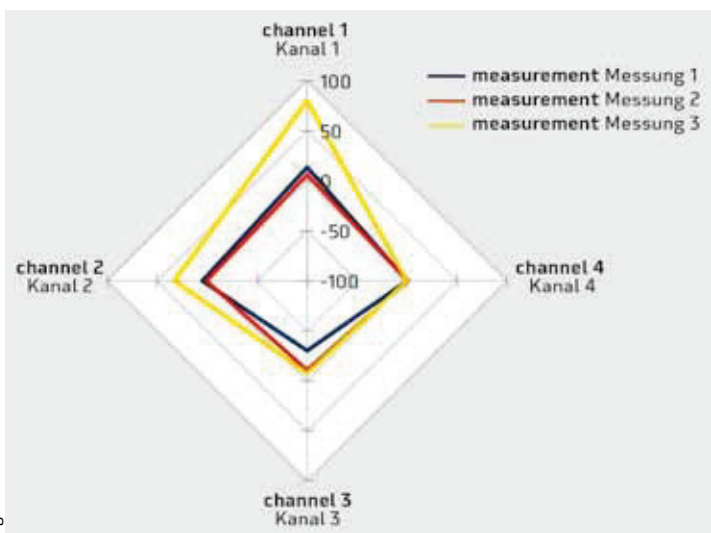


Figure: Horst Ahlers

About ten years ago, a concrete specimen 12 x 8 x 4 cm in size was produced with embedded electrodes made from metal wires consisting of various materials to evaluate the setting behavior of the concrete. To demonstrate the influence of moisture, three different types of water exposure were triggered and analyzed, as shown in the spider diagram

Eine Betonprobe 12 x 8 x 4 cm wurde vor etwa zehn Jahren mit Elektroden aus fünf Metalldrähten unterschiedlichen Materials für die Untersuchung des Abbindens angefertigt. Zur Demonstration des Feuchteinflusses wurden drei unterschiedliche Wassereinflüsse vorgenommen und ausgewertet, sichtbar im Spinnendiagramm

determine the “taste” of concrete. This is not a taste classified by the human brain; rather, it is based on the information obtained from the entire set of ions with a low degree of selectivity (as is the case in humans).

Quality check of concrete mixes

For a quick check of the quality of a given concrete mix, either

Fingerprint des Messobjekts angesehen werden. Ein Prototyp einer solchen Elektronischen Zunge ist in **Abbildung 1** zu sehen. Mit dieser kann der „Geschmack“ von Beton festgestellt werden. Es ist kein Geschmack, der vom menschlichen Gehirn zugeordnet wird, basiert aber auf der schwachselektiven Information aus der Gesamtheit der vorhandenen Ionen wie auch beim Menschen.



Perfekt beschichtet zum perfekten Stein!

Der Trend zu großformatigen, hellen Betonsteinen mit besonderen Oberflächendesigns stellt höchste Anforderungen an die Produktion. Unser neues Beschichtungssystem für Druckstücke **NanoTech-Line®** verringert die Anhaftung von Beton, verhindert Verfärbungen von Weißzementprodukten und reduziert zudem den Verschleiß. **Die perfekte Lösung für perfekte Steine.**



WIR LIEFERN INNOVATIVE BETONZUSATZ- MITTEL FÜR NAHEZU ALLE BETON- ANWENDUNGEN.

- Betonzusatzmittel
- Laborleistungen
- Trockenbaustoffe



MAPEI
beton » TECHNİK

MAPEI GmbH | Bahnhofplatz 10 | 63906 Erlenbach
Telefon +49-93 72-98 95-0 | Fax +49-93 72-98 95-48
www.mapei.de

a sample is taken or a suitable sensor immersed into the mix. **Figure 2** shows three such measurements performed for standard mixes in accordance with DIN EN 206-1 and DIN 1045-2 (2001). These results demonstrate that it is possible to distinguish the individual mixes from each other fairly efficiently, and that these differences can be detected until the concrete arrives on the construction site if further changes in its condition are sought in.

This method enables listing of an entire library of varied mixes or conditions on an electronic storage medium. For any further examined sample, its voltage parameters are checked for similarity to stored values and subsequently recognized. It is only this recognition step that is interesting to the user, whereas Nernst voltages are relevant only to the internal process. This provides the advantage that information is available on-site as soon as it is required. Prior to this step, the teach-in and analytical process must be performed and implemented as an app.

Quality control of fresh and hardened concrete

Any electrodes permanently embedded in the concrete can provide information on the concrete's setting behavior, as well as being queried with respect to its condition in subsequent years. However, this would require prior testing at a research laboratory that classifies chemical and mechanical characteristics. Thereafter, the building or structure can be tested for its condition at any time using appropriate measuring points and the associated electrical voltages of the electrodes. For this purpose, electrodes can be embedded not only in concrete but also in other building materials that exhibit an ionic reaction. **Figure 3** shows a concrete block with five inserted electrodes that deliver a fingerprint complete with vector components, measurement channel voltages and voltage patterns.

Summary: The electronic tongue must be taught in with respect to the object to be recognized. Once this step has been completed, however, it is small enough to fit in any pocket whilst being capable of easily detecting patterns within only a few seconds, which makes the electronic tongue suitable as a quality control tool for daily use in any ion-containing substance with an electrolytic effect.

CONTACT

Multisensoric GmbH
Ottogerd-Mühlmann-Str. 31
07743 Jena/Germany
☎ +49 7223 967-0
hjh.ahlers@web.de
➔ www.multisensoric.de

Kontrolle von Betonmischungen

Zur schnellen Kontrolle von Betonmischungen wird eine Probe entnommen oder ein dafür geeigneter Messfühler in die Mischung gehalten. In **Abbildung 2** sind die Ergebnisse von drei solcher Messungen aufgeführt, die für Standardmischungen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 (2001) durchgeführt wurden. Sie zeigen, dass diese recht gut unterschieden werden können und dies bei weiterem Anlernen von Zustandsänderungen auch detektierbar ist, bis der Beton auf der Baustelle ankommt.

In dieser Art und Weise lässt sich auf einem elektronischen Speicher eine ganze Bibliothek von variierten Mischungen beziehungsweise Zuständen auflisten. Wird wieder eine Probe untersucht, so werden deren Spannungswerte mit den gespeicherten auf Ähnlichkeit geprüft und wiedererkannt. Lediglich diese Wiedererkennung ist für den Nutzer interessant, während die Nernst-Spannungen nur verfahrensintern relevant sind. Dies hat den Vorteil, dass die Informationen vor Ort in der Praxis sofort zur Verfügung stehen, sobald sie benötigt werden. Im Vorfeld muss der Anlern- und Analyseprozess vorgenommen und als App implementiert werden.

Frisch- und Festbetonüberwachung

Werden in den Beton Elektroden dauerhaft eingebracht, so können diese sowohl über das Abbindeverhalten Auskunft geben als auch in späteren Jahren über den Zustand des Betons befragt werden. Dies setzt allerdings zunächst eine Untersuchung in einem Forschungslabor voraus, das die Zuordnung chemischer und mechanischer Eigenschaften vornimmt. Danach kann ein Bauwerk jederzeit an geeigneten Messstellen und deren elektrischen Spannungen der Elektroden auf seinen Zustand hin getestet werden. Die Elektroden lassen sich dafür nicht nur in Beton, sondern auch in anderen ionisch reagierenden Baumaterialien unterbringen. In **Abbildung 3** ist ein Betonklotz mit fünf eingebrachten Elektroden dargestellt, die einen Fingerprint mit Vektorkomponenten, Messkanalspannungen und Spannungsmustern liefern.

Fazit: Die Elektronische Zunge muss auf das zu erkennende Objekt angelernen werden. Wenn dies jedoch vollzogen ist, passt sie in jede Jackentasche und führt eine Mustererkennung unkompliziert und in Sekundenschnelle durch. Dadurch ist sie als tägliches Qualitätsüberwachungs-Hilfsmittel für alles geeignet, was elektrolytisch wirkt und Ionen enthält.

Text: H. Ahlers, C. Keil, T. Keil