

Algorithmusentwicklung für intelligente Gassensorik



Jonas Friedemann Heuer und Dr. Daniel Fabian Kärcher, Intervall Beratung GmbH

Projektziel

Mittels Machine-Learning-Algorithmen wollen wir die Sensorsignale eines neuartigen Gassensors unseres Kunden Bosch Sensortec veredeln, speziell angepasste usecase-abhängige neuronale Netze für den Sensor entwickeln und so vielseitige Einsatzbereiche erschließen.

Lösung

Mit Hilfe der Technologie von Wolfram Mathematica haben wir verschiedene Machine-Learning-Algorithmen prototypisch entwickelt und miteinander verglichen. Die Mathematica Notebooks dienen darüber hinaus als lebendes Lastenheft für die anschließende Softwareentwicklung.

Ergebnis

Der neuartige Gassensor von Bosch Sensortec stellt – in Kombination mit den von uns entwickelten Algorithmen und der Kundenanwendung BME AI-Studio – die weltweit kleinste Lösung zur spezifischen Erkennung von Gaskompositionen dar. Durch die KI wird der „gewöhnliche“ AQ-Sensor zum anwendungsoffenen Gassensor, der den spezifischen Fingerabdruck verschiedener Gaskompositionen messen und unterscheiden kann.

Gassensorik stellt auf dem Gebiet der Consumer-Elektronik eine neue Dimension der sensitiv erfassbaren Wirklichkeit dar.

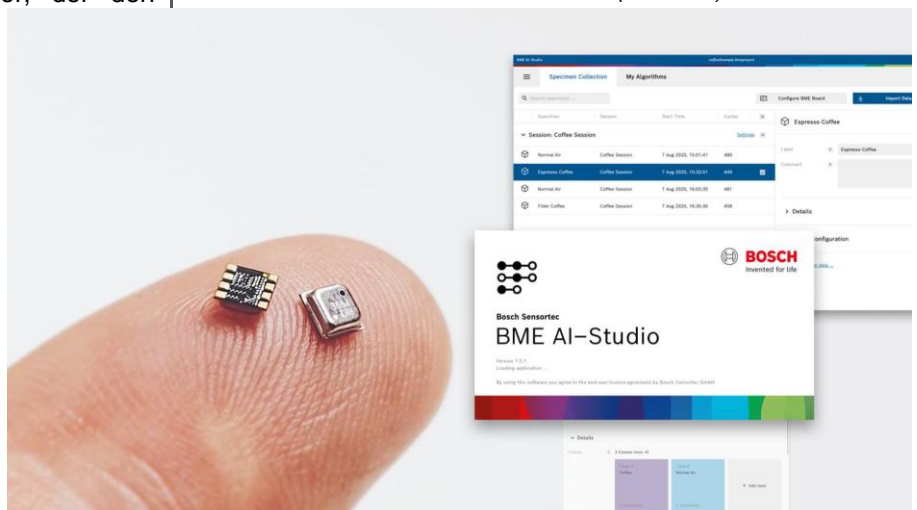
Ein Beispiel ist die Messung der Luftqualität mit einer solchen „digitalen Nase“: Ob zu Hause, im Büro oder im Freien – Gassensorik gewinnt in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Der neuartige MEMS (micro-electromechanical system) Gassensor BME688 von Bosch Sensortec kann neben Gas auch Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck messen.

Der neuartige MEMS (micro-electromechanical system) Gassensor BME688 ist in der Lage, eine Vielzahl von Gasen im ppb-Bereich (parts per billion) zu erkennen – darunter flüchtige organische Verbindungen (VOCs), flüchtige Schwefelverbindungen (VSCs) und andere Gasarten, wie beispielsweise Kohlenmonoxid und Wasserstoff.

Abbildung 1: Kombination aus Software (BME AI-Studio) und Hardware (BME688)

Vorbemerkung

Sensoren sind ein zentraler Bestandteil der Digitalisierung. Sie wandeln analoge Signale in digitale und helfen so, physikalische Größen *computationally* erfassbar zu machen.



Projektziel

Gemeinsam mit Bosch Sensortec haben wir uns mit der Fragestellung beschäftigt, inwieweit die Performance (Sensitivität und Selektivität) des BME688 durch intelligente Algorithmen verbessert werden kann. Dabei haben wir Machine-Learning-Algorithmen speziell für den BME688 entwickelt, die auf einem Mikrocontroller („on edge“) ausgeführt werden können. Die Architektur soll dabei mit einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle umgehen können und letzten Endes Kunden befähigt werden, innerhalb einer nutzerfreundlichen Softwareumgebung eigene, speziell für ihre Bedürfnisse zugeschnittene neuronale Netze selbst trainieren zu können. Ergebnis dieses Prozesses ist das BME AI-Studio.

<https://www.bosch-sensortec.com/software-tools/software/bme688-software>

Lösung

Schritt 1: Datenanalyse

In einem ersten Schritt verwendeten wir Mathematica als Werkzeug zur Datenanalyse, um schnell einen Eindruck über die Qualität und Beschaffenheit der Gassensordaten zu bekommen. Dank der Möglichkeiten der funktionalen Programmierung innerhalb von Mathematica konnten wir einen modularen Baukasten zur Datenanalyse der BME688-Rohdaten aufbauen. Dies erlaubte uns, Messungen schnell zu visualisieren und anschließend weiterzuverarbeiten. Dabei ist auch ein Dashboard zur schnellen und kondensierten Visualisierung der großen Rohdatenmengen entstanden. Das Notebook-Format erlaubt dabei einen guten Kompromiss zwischen modularisiertem und wiederverwendbarem Code einerseits und individueller Investigation und Dokumentation einzelner Datensätze andererseits. Wir verwenden dabei die Darstellung im Dataset[] Format, TimeLinePlot[] und komplexe Overlays aus verschiedenen Visualisierungen. Diese werden automatisiert in ein

PDF-Format exportiert und dokumentieren so auch unabhängig der Wolfram-Technologie den Datenbestand.

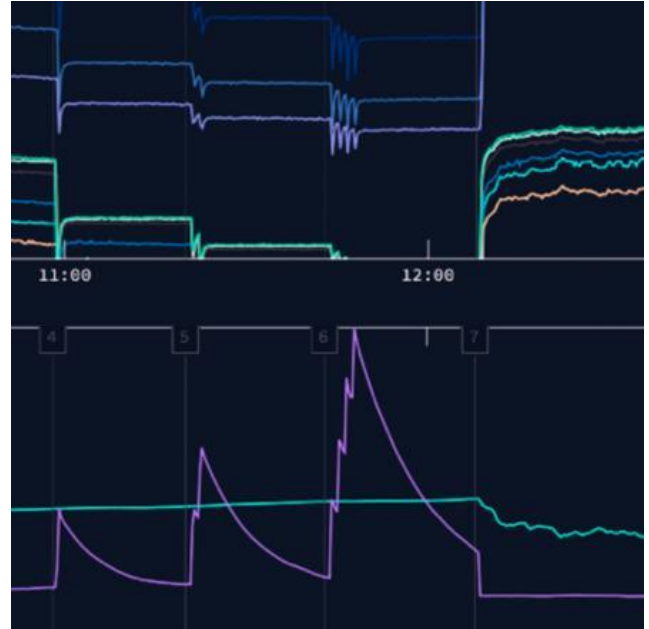


Abbildung 2: Gassensor Rohdaten

Schritt 2: Exploration von Algorithmen

In einem zweitem Schritt bauten wir auf die gesammelten Gasdaten aus Schritt 1 auf und explorierten verschiedene Möglichkeiten der Algorithmusentwicklung. Hierbei haben wir auf die Vielzahl an Funktionen aus dem Bereich Künstliche Intelligenz bzw. neuronale Netze innerhalb des Mathematica-Werkzeugkastens zurückgegriffen. Funktionen wie NetTrain[] und die dazugehörige Architektur der verwendeten Netze konnten wir schnell und effizient aufsetzen – und diese im Detail für unseren spezifischen Fall modifizieren. Beim Training der neuronalen Netze war es uns wichtig, die Ergebnisse genau validieren zu können. Auch hier konnten wir auf zahlreiche Performanceindikatoren out-of-the-box zurückgreifen und Datenvisualisierungsfunktionen zur Bewertung von Trainingsergebnissen nutzen.

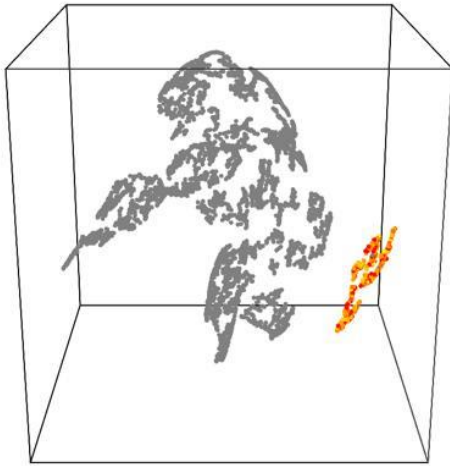


Abbildung 3: 3D-Projektion von Klassifikationsergebnissen eines neuronalen Netzes

Schritt 3: Transfer zur Applikation

Im letzten Schritt übersetzten wir die gewonnenen Ergebnisse in eine separate, benutzerfreundliche Kundenanwendung auf Basis von Webtechnologie. Hier profitierten wir von dem vorausgegangenen explorativen Prozess der Datenanalyse (Schritt 1). Die große Flexibilität innerhalb der Mathematica-Umgebung war enorm hilfreich, den komplexen Prozess von der Datenkuratierung bis zum Training der neuronalen Netze inhaltlich klar zu strukturieren. Die gewonnenen Erkenntnisse konnten direkt in den Designprozess für ein kundenfreundliches User Interface einfließen. Der dabei entstandene Mathematica-Code (aus Schritt 2) diente den Softwareentwicklern als direkte Vorlage zur Implementierung der Machine-Learning-Funktionen. Dank Wolfram Player konnte der Code nicht nur textuell übergeben werden, sondern stellenweise funktional nachvollzogen werden.

```

1, 0];
return result / _size(matrix) || 0;
}

// Computes the F1 score.
// @param (number[]) matrix - The confusion matrix
// @returns (number) - The computed F1 score

function getF1Score(matrix) {
  // f1 = precision * recall / (precision + recall)
  const precision = getPrecision(matrix);
  const recall = getRecall(matrix);
  const result = (2 * precision * recall) / (precision + recall);
  return result || 0;
}

module.exports = {
  getPrecision,
  getRecall,
  getF1Score,
  getF1ScoreRate,
};

```

Abbildung 4: Code-Beispiel aus dem BME AI-Studio

Wir konnten somit die Produktentwicklung – von den ersten Ideen, über die inhaltliche Erarbeitung und Implementierung, bis zum Rollout der Anwendung – in Mathematica erarbeiten und begleiten: Ganz im Sinne unserer Philosophie bei Intervall, digitale Produkte an der Schnittstelle zwischen Computation und Design zu entwickeln. Mathematica ist dabei ein entscheidender Teil der Lösung.

Ergebnis

Der neuartige Gassensor BME688 von Bosch Sensortec kann neben Gas auch Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck messen und stellt – in Kombination mit den von uns entwickelten Algorithmen sowie der von uns konzipierten und gestalteten Software BME AI-Studio – die weltweit kleinste Vier-in-Eins-Lösung zur spezifischen Messung und Erkennung von Gaskompositionen dar. Durch die Künstliche Intelligenz wird der „gewöhnliche“ Luftqualitäts-Sensor zum anwendungsoffenen, flexibel einsetzbaren Gassensor, der den jeweiligen Fingerabdruck verschiedener Gaskompositionen messen und unterscheiden kann.

Das Aufzeichnen der benötigten Gassensordaten und das Trainieren der neuronalen Netze für den Sensor ist über die zugehörige Software BME AI-Studio möglich, welche die komplexen Vorgänge auch für Nicht-Experten zugänglich macht. Ein modernes, einfaches Interface – basierend auf Webtechnologie – führt Anfänger und Experten gleichermaßen durch die nötigen

Schritte, um ein speziell auf den Kunden zugeschnittenes neuronales Netz zu trainieren.

Mit der Applikation können Kunden Gasmessungen aufzeichnen, verwalten und kuratieren, um sie im Anschluss für das Training eines neuronalen Netzes zu verwenden – alles maßgeschneidert für die spezifischen Anwendungsfälle des Kunden. Das trainierte neuronale Netz wird anschließend direkt auf dem Mikrocontroller („on edge“) ausgeführt und kann jederzeit per Software-Update aktualisiert und verbessert oder gänzlich geändert werden. Dies stellt auf dem Gebiet der Gassensorik eine Weltneuheit dar.

Mit Hilfe des BME AI-Studio können zukünftig neue, innovative Anwendungsgebiete erschlossen werden. Beispielsweise lassen sich Brandsituationen im Innenraum, aber auch im Freien frühzeitig erkennen. Möglich ist auch die Überwachung von Produktionsprozessen, beispielsweise die Einhaltung von Grenzwerten oder Qualitätsstandards. Auch im medizinischen Bereich bietet Gassensorik enorme Potenziale: Mittels Gassensorik lässt sich die medizinische Grundversorgung kostengünstiger und von Zuhause aus erledigen. Präventives Monitoring wird zugänglicher und einfacher.

Link zum Video auf dem Youtube-Kanal von Bosch Sensortec:

<https://www.youtube.com/watch?v=xcZKKNrBt2g>



ADDITIVE Soft- und Hardware
für Technik und Wissenschaft GmbH

Max-Planck-Str. 22 b
D-61381 Friedrichsdorf/Ts.

Telefon: +49 (0)61 72-59 05-0

Fax: +49 (0)61 72-77 613

E-Mail: info@additive-net.de

Internet: <http://www.additive-net.de/software>

ADDITIVE – seit über 25 Jahren der bewährte Partner für professionelle Hard- & Softwarelösungen in Industrie, Forschung & Wissenschaft. Vom Standardprodukt bis zu maßgeschneiderten Applikationsprojekten inklusive Servicekonzept. ADDITIVE steht für Full-Service-Dienstleistung und nachhaltigen Wissenstransfer. Die hochqualifizierten, interdisziplinär zusammengestellten Teams der ADDITIVE-Geschäftsbereiche freuen sich darauf, Ihre Aufgaben optimal und effizient umzusetzen.

Intelligente Lösungen in 4 Geschäftsbereichen

ADDITIVE-Geschäftsbereich SOFTWARE

- Vertrieb von führender Premium-Software für Technik & Wissenschaft zur Datenerfassung, Berechnung, Analyse, Visualisierung & Automation
- Beratung, Betreuung und Service für ADDITIVE-Softwareprodukte

ADDITIVE-Geschäftsbereich MESSTECHNIK & SENSORIK

- BeanAir® – kabellose Datenerfassung & Sensoren
- Nanolike – hochempfindliche Dehnungsmessstreifen mit geringstem Stromverbrauch

ADDITIVE-Geschäftsbereich IT-SERVICE

- IT-Services, Cloud-Services, Web-Applikationen und Datenintegration

ADDITIVE-Geschäftsbereich ACADEMY

- Zertifizierte, praxisorientierte Produkt- und Themenschulungen, Workshops und Seminare
- Schulungen im ADDITIVE-Trainingszentrum (oder bei Ihnen vor Ort)

I N T E R V A L L

Intervall Beratung GmbH

Jonas Friedemann Heuer
Dr. Daniel Fabian Kärcher

Rotebühlplatz 5
D-70178 Stuttgart

Telefon: +49 711 40 18 93 27

E-Mail: mail@intervall.io

Internet: www.intervall.io

Intervall erforscht komplexe Fragestellungen und neue Lösungsräume. Wir kombinieren Methoden aus Design und Computational Thinking. Gemeinsam mit unseren Kunden entwickeln wir digitale Produkte. Unser Antrieb: die Mitgestaltung unserer zukünftigen digitalen Gesellschaft.

Mit unserer langjährigen Erfahrung beraten wir Kunden auf strategischer Ebene und finden für interne und externe Projekte innovative Lösungsansätze und Produktvisionen.

Auf operativer Ebene schaffen wir konkreten Mehrwert, indem wir Unternehmensprozesse mit fortschrittlichen Analysen betrachten (Advanced Analytics) und mit einem starken Netzwerk an Partnern kleinere und mittlere Produktentwicklungen vorantreiben.

Wir beschäftigen uns bei Intervall seit mehreren Jahren mit Gassensorik und KI sowie den Einsatzgebieten von digitalen Gassensoren. Mit dem BME AI-Studio können wir die gesammelte Erfahrung im Bereich KI/Machine Learning und Gassensorik einbringen und zudem über eine anwenderfreundliche Software an ein breites Publikum weitergeben.