



Sensorfusion in der Umweltmesstechnik

Wie aus vielen Einzelwerten ein valides Umweltbild entsteht

In der heutigen Umweltmesstechnik stehen zahlreiche Sensoren zur Verfügung, um Luftqualität, Klimaparameter oder Emissionen zu überwachen. Doch jede Messung ist nur ein Ausschnitt der Realität – mit technischen Eigenheiten, Messunsicherheiten und Umgebungseinflüssen. Die Kunst liegt darin, aus vielen Einzelwerten ein schlüssiges Gesamtbild zu formen. **Sensorfusion**, oder die Sichtweise einzelner Sensoren mit anderen Sensormessgrößen in Kombination, eröffnet uns eine große Möglichkeit in der Messtechnik. Dieser Artikel soll einen Überblick von Möglichkeiten geben, die MW technologies auch verwendet, um nicht nur Messdaten zu liefern, sondern auch Zusammenhänge besser zu verstehen und daraus optimierter zu handeln.

Warum ist Sensorfusion heute notwendig?

Sensorfusion bezeichnet die algorithmische Kombination von Daten mehrerer Sensoren, um eine robustere, genauere und belastbarere Einschätzung eines physikalischen Zustands zu ermöglichen.

Beispiel:

Ein Feinstaubsensor (PM_{2.5}) zeigt hohe Werte. Ist es Rauch? Pollen? Nebel? – Nur mit ergänzenden Daten (z. B. Luftfeuchte, VOC, Windrichtung) lässt sich dieser Peak interpretieren.

Gründe für Sensorfusion:

- Kompensation von Einzelsensor-Drift oder -Ungenauigkeit
- Kontextualisierung von Messwerten (z. B. VOC-Werte bei hoher Luftfeuchte)
- Erhöhung der Ausfallsicherheit durch Redundanz

Typische Anwendungen in der Umweltmesstechnik und Ziel

Anwendung	Beteiligte Sensoren	Nutzen der Fusion
Feinstaubanalyse	PM1/PM _{2.5} , rel. Feuchte, Temperatur, VOC	Erkennung von Nebel vs. Rauch; Kompensation Feuchte
Geruchskartierung	VOC, NH ₃ , Schwefelverbindungen, Windrichtung	Lokalisierung der Quelle
Smart Farming	Temperatur, Bodenfeuchte, Evapotranspiration, Wind	Genauere Ermittlung des Wasserbedarfs
Innenraumluftqualität	CO ₂ , VOC, Temp., Bewegungssensor	Ableitung von Lüftungsbedarf
Wasserstoffleck-Erkennung	H ₂ -Sensorik, Drucksensor, Luftströmung	Lokalisierung bei dynamischen Luftverhältnissen

Ziel durch Sensorfusion ist primär die Dateninformationsqualität zu steigern und sekundär ein Finden von Optimierungspotentialen. Dadurch ist eine Effizienz oder Energieeinsparung möglich, was wiederum zu Kostenersparnis führt.



Beispiel: Außenstation zur Luftqualitätsüberwachung

Eine Messtation ist nach meteorologischem Standard und zusätzlich mit folgenden Sensoren ausgestattet:

- PM1/PM2.5/PM10 (Feinstaub)
- VOC (volatile organische Verbindungen)
- CO₂
- Temperatur, rel. Feuchte
- Windrichtung & -geschwindigkeit

Die Rohdaten zeigen abends regelmäßig VOC-Peaks. Durch die Fusion mit Wind- und Temperaturdaten lässt sich klar erkennen: Es handelt sich um Luftmassen aus südlicher Richtung, nahe einer Gewerbezone. Die Messung wird ergänzt durch algorithmische VOC-Feuchtekorrektur, wodurch falsch-positive Peaks vermieden werden.

Zusätzlich wird nun mittels Sensorfusion ein Zusammenhang zwischen Temperatur und Feuchtigkeit in Kombination von PM2.5, also Feinstaub hergestellt.

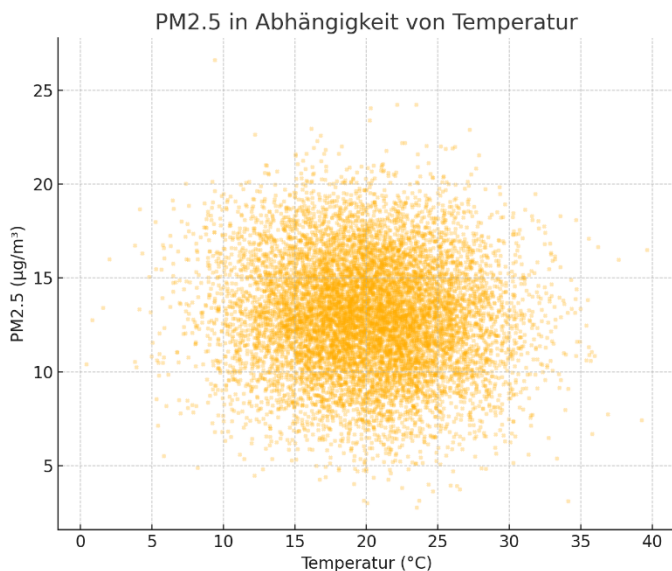


Abb. 1 - Zusammenhang T zu PM2.5 (Quelle: MW technologies)

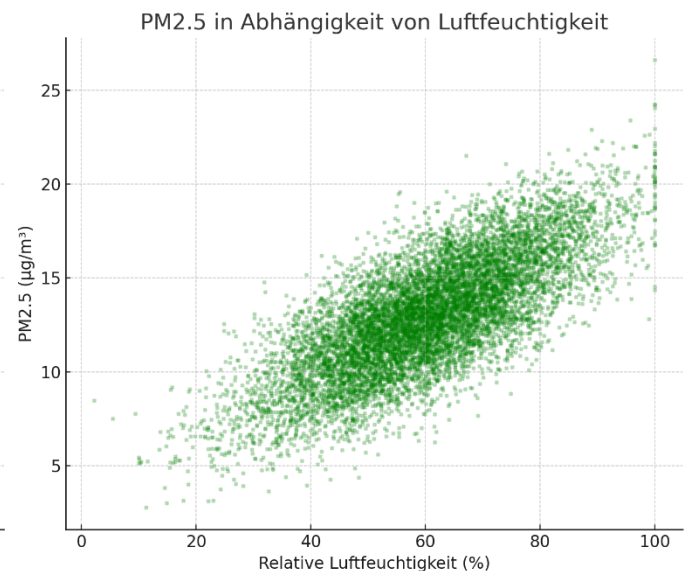


Abb. 2 - Zusammenhang Feuchtigkeit zu PM2.5 (Quelle: MW)

Ausgangsbasis:

- Temperatur: Mittelwert 20 °C, Schwankung ± 5 °C
- Luftfeuchtigkeit: Mittelwert 60 %, Schwankung ± 15 %
- PM2.5: Feinstaubwerte, beeinflusst durch Feuchte (positiv) und Temperatur (negativ)

Interpretation aus der Analyse:

- **Links Abb.1:** Mit steigender Temperatur sinken die PM2.5-Werte leicht – vermutlich durch bessere Konvektion und geringere Kondensation.
- **Rechts Abb.2:** Je höher die relative Luftfeuchtigkeit, desto höher die gemessenen PM2.5-Werte – typischerweise durch hygroskopisches Wachstum von Partikeln.

Diese Zusammenhänge lassen sich **nicht durch Einzelwerte erklären**, sondern erst durch die Fusion und Analyse *mehrerer Sensoren gleichzeitig*. Solche **Monte-Carlo-Analysen** eignen sich hervorragend, um Vorverarbeitung und Kompensationslogik für reale Messsysteme zu validieren. So kann ein absoluter Mehrwert aus den Grunddaten ermittelt werden. Im oberen Fall könnte man nun interpretieren, dass eine Wolkenbildung erfolgt und dadurch ein Regenereignis in einem bestimmten Umkreis stattfinden könnte.

Voraussetzungen für ein funktionieren des Zusammenspiels mehrerer Messgrößen

Sensorfusion setzt qualitativ hochwertige und **zeitlich synchronisierte Rohdaten** voraus. Wichtige Aspekte dabei:

- **Hohe Datengüte und Signalstabilität**
→ Sensoren mit niedriger Drift, guter Temperaturkompensation
- **Einheitliche Zeitbasis**
→ Gleichzeitige Abtastung / Zeitstempelung
- **Offene Schnittstellen**
→ z. B. Modbus RTU/TCP, 4–20 mA, LoRaWAN – für einfache Integration
- **Kalibrierte Sensorik**
→ Wertekombination ist nur sinnvoll, wenn alle Sensoren korrekt skaliert sind

Fazit

Einzelmesswerte liefern punktuelles Wissen – die Fusion hingegen ermöglicht systemisches Verständnis. Für Umweltüberwachung, industrielle Emissionskontrolle oder Smart Cities ist die Sensorfusion ein zentraler Baustein, um valide Entscheidungen auf Basis von Messdaten zu treffen.

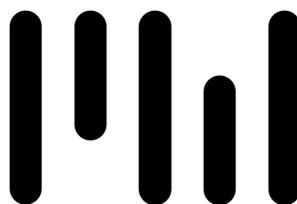
MW technologies liefert:

- **qualitativ hochwertige Einzel- und Multisensoren von uns oder unseren Partnern**
- **integrierbare Lösungen mit synchronisierter Schnittstelle**
- **Know-how bei Systemintegration & Kalibrierung**
- **Unterstützung bei Datenfusion & Modellbildung**

Sensorfusion beginnt bei der Hardware – und hier liegt unsere Stärke.

Stefan Manzenreiter

Co-Founder/CEO



sensors. simplified.

Copyright © 2025, MW technologies GmbH

