

Ein neues Innenraummesssystem zur Erfassung von Schadstoff- und Klimaparametern

In Industrienationen verbringen Menschen den Großteil ihrer Zeit in Innenräumen. Aktuelle Studien zeigen, dass bis zu 90 % der täglichen Zeit in geschlossenen Räumen verbracht werden, wovon rund zwei Drittel auf den eigenen Wohnbereich entfallen. Dabei stehen die Menschen mit einer Vielzahl an potenziell gesundheitsrelevanten Luftschadstoffen in Kontakt: Hierzu zählen sowohl partikelförmige Schadstoffe, beispielsweise Feinstaub und Ruß, als auch gasförmige Schadstoffe wie etwa flüchtige organische Verbindungen (VOC), Stickoxide oder Radon. Darüber hinaus können auch Umgebungsparameter wie Temperatur, Luftfeuchte, Beleuchtung oder Lärm Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit haben. Zahlreiche epidemiologische und toxikologische Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen der luftgetragenen Schadstoffbelastung und negativen gesundheitlichen Folgen.

Dennoch ist die Innenraumluftqualität im Gegensatz zur Außenluft bislang nur wenig untersucht: Neben dem privaten Charakter der Innenräume stellt insbesondere die Messtechnik eine Herausforderung dar: Klassische Messsysteme sind aufgrund von Platzbedarf, Lautstärke und Kosten für einen breiten Einsatz im Alltag nur eingeschränkt einsetzbar. Eine neuartige Alternative sind kostengünstige Sensoren, die als zusätzliche Vorteile weniger Platzbedarf und geringere Lautstärke aufweisen. Allerdings ist deren Anwendbarkeit für die Innenraumluft bislang kaum erforscht: Kostengünstige Sensoren basieren häufig auf konstruktiven Kompromissen, die mit messtechnischen Grenzen in Hinblick auf Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Sensitivität und Querempfindlichkeiten verbunden sind. Ein wesentliches Problem besteht zudem darin, dass die kostengünstigen Systeme oft nicht gegenüber etablierten Referenzmessverfahren validiert sind. Zusätzlich sind viele der Sensoren primär für die Außenluft entwickelt. Hieraus ergibt sich der Bedarf, die Anwendbarkeit von kostengünstigen Sensoren zur Erfassung von Schadstoffen im Innenraum zu untersuchen.

Zu diesem Zweck entwickelt und validiert das IUTA in einem aktuellen Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) ein neuartiges Innenraummesssystem auf Basis kostengünstiger Sensoren, um eine große Bandbreite an Schadstoffen der Innenraumluft mit hoher Anwendungsfreundlichkeit und reduziertem Aufwand zu erfassen. Anschließend soll das Messsystem im Rahmen einer Pilotstudie erprobt werden, um die Innenraumluftqualität exemplarisch in 30 Privathaushalten innerhalb und außerhalb der Heizperiode zu erfassen. Bei erfolgreicher Eignung soll das Messsystem in zukünftigen Bevölkerungsstudien des UBA eingesetzt werden, um in flächendeckenden Datenerhebungen die klassischen Messverfahren sinnvoll zu ergänzen und ein tieferes Verständnis für die Zusammenhänge zwischen Luftqualität und Gesundheit zu generieren.

Zu Beginn des Projektes wurden die zu erfassenden Parameter der Innenraumluftqualität definiert und geeignete Sensoren ausgewählt. Diese umfassen:

- Partikuläre Schadstoffe: Feinstaub, Ruß, ultrafeine Partikel
- Gasförmige Schadstoffe: Anorganische Gase (CO , CO_2 , NO , NO_2 , O_3), flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Radon
- Umgebungsparameter: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Beleuchtungsstärke, Schallpegel

Zur besseren Einordnung der Messwerte verfügt das Messsystem zusätzlich über einen Bewegungssensor, der die Präsenz von Personen im näheren Umfeld des Messsystems erfasst. Um die Performance der Sensoren zu überprüfen, wurden alle Sensoren unter Labor- und Realbedingungen mit Referenzmesstechnik validiert, um innenraumtypische Korrekturfaktoren zu bestimmen. Für die meisten Sensoren hat sich eine lineare Nachkalibrierung als geeignet erwiesen, um eine für den Anwendungszweck ausreichende Genauigkeit zu erreichen.

Nach Abschluss der Validierungen wurden alle Sensoren zu einem Multiparametermesssystem kombiniert. Dieses umfasst zusätzlich einen Microcontroller und eine Speicherkarte, um die Kommunikation mit den Sensoren zu ermöglichen und deren Daten lokal zu speichern. Das Messsystem ist mobil konzipiert und besteht aus einem Aluminiumkoffer, in den alle Komponenten integriert sind (siehe Abbildung 1): Der Deckel besteht aus einem luftdurchlässigen Gitter, unter dem sich die erste Gruppe an Sensoren befindet. Dazu zählen die Sensoren für Feinstaub, gasförmige Schadstoffe, das Raumklima, den Schallpegel und die Lichtintensität sowie der Bewegungssensor zur Präsenzdetection. Auf dem Boden befindet sich die zweite Gruppe an Sensoren, die die eigenständigen Messgeräte für Radon, Ultrafeine Partikel und Ruß umfasst.

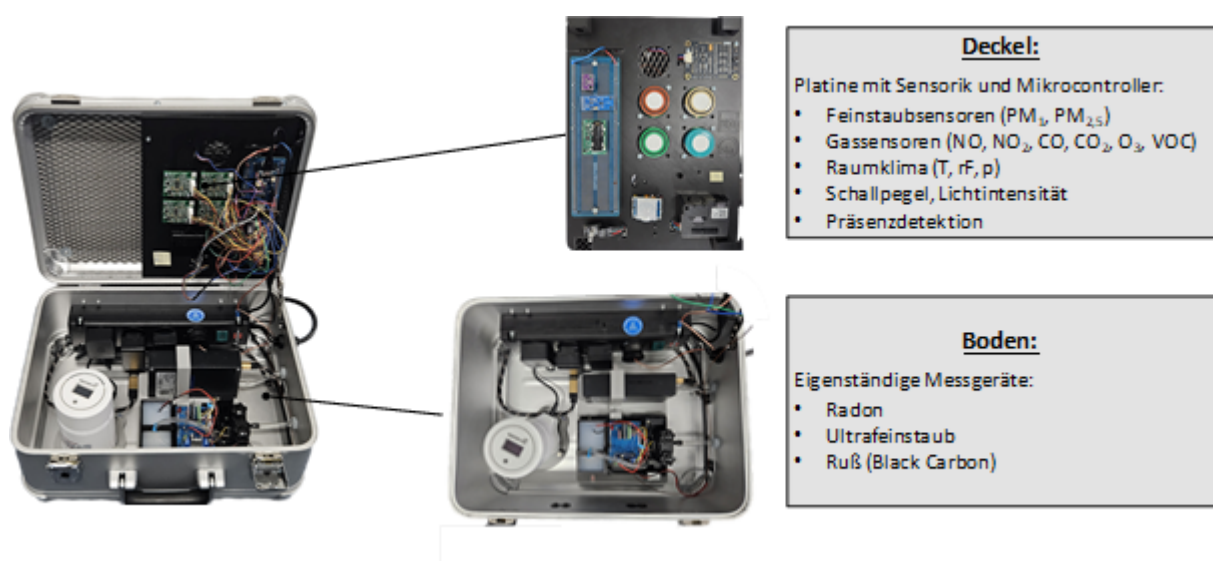


Abb. 1: Anordnung der kostengünstigen Sensoren im Multiparametermesssystem in Deckel und Boden des Messkoffers.

Insgesamt wurden von diesem Messsystem sechs Exemplare gebaut, die nach einer weiteren Überprüfung (Vergleichbarkeit der sechs Systeme unter Alltagsbedingungen) anschließend im Rahmen einer Felderprobung eingesetzt werden, um die Luftqualität in 30 Privathaushalten bei alltagsüblichen Aktivitäten zu bestimmen. Die Messungen erfolgen für jeweils eine Woche sowohl einmal im Winter, als auch im Sommer, um saisonale Unterschiede zu erkennen.

Das Projekt schließt mit einer Bewertung des Anwendungspotentials der Sensoren für die Bestimmung der Innenraumluftqualität ab. Hierbei sollen sowohl technische Aspekte (z. B. Langzeitstabilität und messtechnischen Grenzen) als auch nicht-technische Aspekte wie Alltagstauglichkeit und Akzeptanz bei den besuchten Haushalten berücksichtigt werden. Als Ergebnis werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, unter welchen Rahmenbedingungen kostengünstige Sensoren in zukünftigen Bevölkerungsstudien eingesetzt werden können, um die Datenbasis zur Innenraumluftqualität zu erweitern.