

## 22 Das vollständig automatisierte MARGA-System zur Überwachung

### Wozu braucht es eine Überwachung der Luftqualität?

Eine der schwerwiegendsten Luftverschmutzungen ereignete sich während des grossen London Smogs im Dezember 1952. Auf Grund einer speziellen Wetterlage und den damit einhergehenden besonders kalten Temperaturen für diese Jahreszeit, haben die Einwohner immer mehr Kohle verheizt, um ihre Häuser warm zu halten. Da diese Kohle qualitativ minderwertig war, wurden grosse Mengen an  $\text{SO}_2$  in die neblige Stadtluft eingetragen, so dass die  $\text{SO}_2$ -Konzentration<sup>1</sup> in Spitzenzeiten auf bis zu 0.69 ppm (1.83 mg/m<sup>3</sup>) anstieg.

Obwohl der Wintersmog, bei dem es sich um eine Mischung von Nebel und Rauch/Abgasen handelt, nur gerade vier Tage lang über der Stadt hing, starben in dieser Zeit und in den darauffolgenden Wochen 12000 Menschen als direkte Folge dieser Luftverschmutzung, mehrheitlich an Atemwegserkrankungen. Der Smog mit seinen schwerwiegenden Auswirkungen war Anlass zur Ausarbeitung des «Clean Air Acts», einer Gesetzesverordnung mit Massnahmen zur Reduktion der Luftverschmutzung, welche vom britischen Parlament 1956 genehmigt wurde und die ihre Gültigkeit bis 1964 beihält.





Messstation zur Luftqualitätsüberwachung: nebst anderen Analysengeräten wurde auch ein MARGA-System in diesen Container eingebaut, welches über längere Zeit vollständig automatisiert betrieben werden kann.

Die beschriebene Luftverschmutzung ist sicher ein Extrembeispiel, doch sollte man nicht vergessen, dass die gegenwärtige Luftverschmutzung nach wie vor gravierende Folgen für die Umwelt und unsere Gesundheit hat. Die Erforschung und das Verständnis der Einflüsse von Luftverschmutzung und Luftbestandteilen auf das Klima und unsere Gesundheit sind von grosser Bedeutung. Luftverschmutzung wird nicht allein durch gasförmige Verbindungen verursacht, sondern auch durch Aerosole und Schwebstoffteilchen (englisch: particulate matter, PM). Diese feinsten Partikel gelangen in die Lunge und schädigen sie; ultrafeine Partikel können sich von dort aus über die Blutkörperchen sogar im ganzen Körper verteilen und zu Entzündungssymptomen führen. Obwohl diese Risiken weltweit diskutiert und erforscht werden, ist immer noch nicht bekannt, welche Verbindungen genau zu Schädigungen führen. Somit besteht ein grosser Bedarf an spezifischeren Messdaten und Daten aus Langzeitmessungen. Schnelle Messmethoden und Echtzeitmessungen der Konzentrationen der chemischen Verbindungen in der Umgebungsluft sind ein Muss und sollen ein besseres Verständnis der Zusammenhänge ermöglichen.

### Traditionelle Messmethoden mit Schwächen

Eine Vielzahl der eher traditionellen Messmethoden der Luftanalytik basiert auf sogenannten Denudern (Diffusionsabscheider zur Abtrennung von Gasen) und Filtern. Durch die mit Denudern und

Filtern ausgestatteten Messsysteme wird Luft gesogen, wobei Gase auf einem an den Innenwänden des Denuders angebrachten Absorbens absorbieren. Aerosole oder Schwebstoffteilchen hingegen werden erst nach Durchqueren des Denuders mit Filtern gesammelt. Diese Probennahme läuft in der Regel über einen längeren Zeitraum (typischerweise einen Tag oder länger), bevor die Systeme für die eigentliche Analyse ins Labor zurückgebracht werden.

Obwohl mit den traditionellen Messmethoden ein guter Überblick über die Luftbestandteile gewonnen werden kann, gibt es ein paar schwerwiegende Nachteile. Der gewichtigste Nachteil ist die Mittelung der Daten. Die Analysenergebnisse aus dem Labor geben nur die über den Zeitraum der Probennahme gemittelte Konzentration der jeweiligen Verbindung wieder. Da die Probennahme typischerweise einen Tag oder länger dauert, lassen sich bei kurzzeitig auftretenden Ereignissen keine differenzierten Aussagen zum Tagesverlauf der einzelnen Konzentrationen machen.

Ein weiterer Nachteil ist die Handhabung der Denuder und Filter. Es fallen viele manuelle Arbeitsschritte an, die sehr gewissenhaft ausgeführt werden müssen, um Kontamination zu vermeiden. Hinzu kommt, dass die Analysen zeitaufwändig sind und dass Gase und Aerosole in traditionell aufgebauten Systemen nicht gleichzeitig bestimmt werden können.

<sup>1</sup> Mortality and Morbidity during the London Fog of December 1952. Reports on Public Health and Medical Subjects No 95. London, Ministry of Health, 1954.



Das MARGA-System im Überblick. Auf dem obersten Gestellbrett steht die Box mit der Luftzuführung, dem Diffusionsabscheider und dem Dampfstrahl-Aerosolsammler sowie einigen Peristaltikpumpen zur Förderung der Hilfsreagenzien. Die Box auf dem mittleren Gestellbrett enthält die Probenzuführung, die beiden Ionenchromatographen zur Anionen- und Kationenbestimmung sowie einen herausziehbaren Computer mit aufklappbarem Display. Auf dem untersten Gestellbrett sind die Vorratsbehälter für die Eluenten, Standards,... sowie ein unterbrechungsfreies Stromversorgungssystem (USV) und eine Vakuumpumpe untergebracht.

### Überwachung der Luftqualität mit MARGA: so funktioniert es!

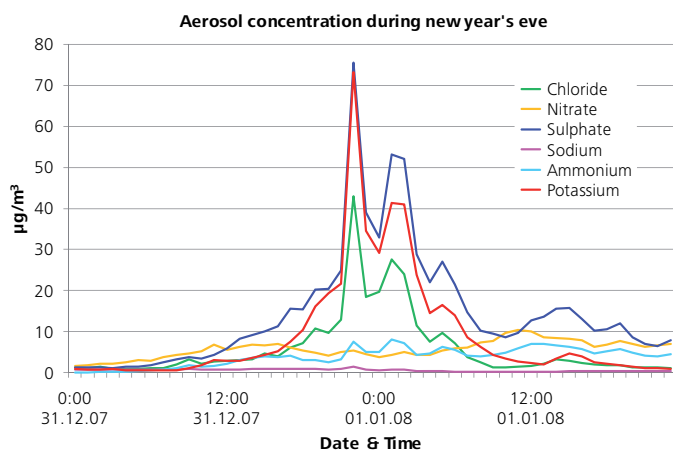
Mit dem MARGA-System zur Überwachung der Luftqualität (MARGA = **M**onitor for **Ae**rosols & **G**ases in **A**mbient **A**ir) lässt sich die Gas- und Aerosolzusammensetzung der Umgebungsluft praktisch gleichzeitig und kontinuierlich analysieren. MARGA entstammt einer Kooperation der niederländischen Metrohm-Tochtergesellschaft Applikon Analytical mit dem Energy Research Center (ECN), dem grössten niederländischen Forschungszentrum für erneuerbare Energien. Ursprünglich wurde das System von ECN entwickelt. Der analytische Teil des Messgeräts besteht aus zwei Metrohm-Ionenchromatographen für die Bestimmung von Anionen und Kationen.

Luft wird über einen teilchengrössenselektiven Abscheider (z. B. Zyklon) ins MARGA-Gerät gesogen. Dadurch lässt sich die Grösse der zu analysierenden Teilchen beispielsweise auf einen Durchmesser kleiner als 10 oder 2.5  $\mu\text{m}$  beschränken.

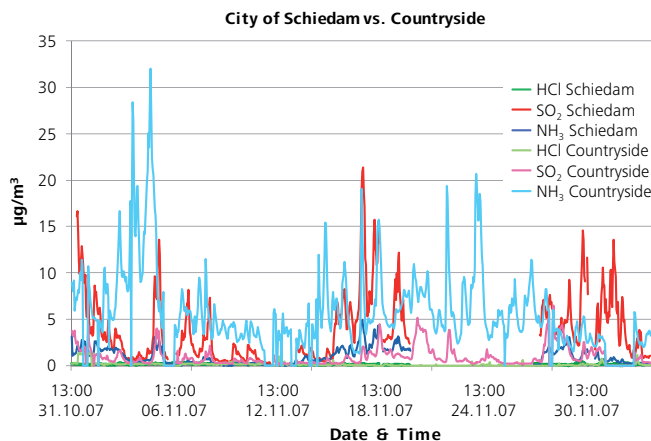
Im rotierenden Diffusionsabscheider (Wet Rotating Denuder, WRD) absorbiert eine dünne Wasserschicht die Gase aus der Luft. Vollautomatisch wird die Lösung mit den absorbierten Gasen fortlaufend

aus dem Diffusionsabscheider entfernt, gesammelt und dann in zwei Ionenchromatographen überführt, wo stündlich die Kationen- und Anionenkonzentrationen bestimmt werden. Die Menge an Wasser im Diffusionsabscheider wird durch einen kontinuierlichen Wasserfluss konstant gehalten. Die Luft aus dem Diffusionsabscheider, die jetzt frei von Gasen ist, landet in einem Dampfstrahl-Aerosolsammler (Steam Jet Aerosol Collector, SJAC). Dort wird der partikuläre Anteil des Aerosols durch Injektion von Wasserdampf in die flüssige Phase überführt. Bei diesem Vorgang wirken die Aerosolpartikel im übersättigten Dampf als Kondensationskeime, die durch Wasseraufnahme stetig wachsen und schlussendlich in einer Glasspirale (Zyklon) mechanisch abgetrennt werden. Die resultierende Lösung wird gesammelt und deren Anionen- und Kationengehalt stündlich mittels zweier Ionenchromatographen bestimmt.

Das gesamte MARGA-System läuft autonom und liefert stündlich die detaillierten Gas- und Aerosolkonzentrationen. Lediglich einmal pro Woche müssen neue Lösungen zugegeben werden. MARGA eignet sich somit optimal auch für den Feldeinsatz in entlegenen Regionen.



Luftbelastung durch Silvesterfeuerwerk in den Niederlanden: Aerosol-Konzentrationen ausgewählter Verbindungen.



Einmonatige Luftqualitätsüberwachung mit MARGA. Vergleich der Konzentrationen ausgewählter Spezies zwischen Stadt und Land.

### Beispiele einiger Messungen mit MARGA

Die Grafik 1 zeigt die mit MARGA gemessenen Aerosol-Konzentrationen einiger ausgewählter Verbindungen an einem Silvesterabend in den Niederlanden. Es ist klar ersichtlich, dass das System eine ausserordentlich kurze Ansprechzeit aufweist; die Konzentration einiger typischer Verbindungen nimmt zu, sobald es gesetzlich erlaubt ist, Feuerwerkskörper abzuschossen.

MARGA eignet sich auch bestens zum Sammeln von Messdaten über mehrere Monate. Grafik 2 zeigt die Ergebnisse der einmonatigen Luftqualitätsüberwachung an zwei unterschiedlichen Standorten (Stadt und Land). Die Konzentrationen beinahe aller Spezies unterliegen an beiden Standorten starken Schwankungen. Es lassen sich auch Unterschiede zwischen beiden Standorten erkennen; im ländlichen Gebiet ist beispielsweise die NH<sub>3</sub>-Konzentration viel höher als in der Stadt.

Die beiden Beispiele verdeutlichen einige der Vorteile des Luftqualitätsüberwachungssystems MARGA: stündlich ermittelte Resultate, ein vollständig automatisierter Dauerbetrieb sowie die gleichzeitige Bestimmung der Gas- und Aerosolzusammensetzung der Umgebungsluft. MARGA steht schon seit einigen Jahren erfolgreich in Korea, Grossbritannien, den USA und der Niederlande und seit Kurzem auch in Finnland und Deutschland im Einsatz. Ein Langzeitvertrag wurde auch mit der US-Umweltbehörde EPA unterzeichnet, mit dem Fernziel, all deren Messstationen des «Clean Air Status and Trends Networks» (CASTNET) mit MARGA-Systemen auszustatten.



Mit dem Particle Into Liquid Sampler (PILS) bietet Ihnen Metrohm ein zweites Gerät zur Probennahme von Aerosolen an. Gekoppelt mit Metrohm-Ionenchromatographen lässt sich damit die ionische Zusammensetzung von Aerosolen (partikulärer Anteil) automatisch bestimmen. Dazu wird keine zusätzliche Probenvorbereitung benötigt. Nähere Einzelheiten zu PILS erfahren Sie aus unserem neuen Prospekt «Analyse von Aerosolen/PILS – IC» (Dokumentnummern: 8.108.5006DE, 8.108.5006EN), welchen Sie unter <http://products.metrohm.com> herunterladen oder über Ihre Metrohm-Vertretung beziehen können.