

Air Pollution Information System (APIS)

Josef RINGERT, Bernhard HOFMANN-WELLENHOF,
Peter-Johann STURM und Johannes RODLER

Zusammenfassung

Die genaue Kenntnis der Luftschadstoffverteilung wird vor allem in den Ballungsräumen der Großstädte immer mehr an Bedeutung gewinnen. Das Air Pollution Information System (APIS) versucht die zur Zeit hauptsächlich in Verwendung befindlichen stationären Messeinrichtungen durch dynamische Positions- und Schadstoffmessungen zu ergänzen. Damit soll sichergestellt werden, dass sogenannte „hot-spots“ erkannt und ein flächendeckendes Bild der Luftschadstoffbelastung in urbanen Räumen gegeben werden kann. In der vorliegenden Arbeit werden die einzelnen Komponenten des Systems detailliert vorgestellt, erste Ergebnisse präsentiert und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben.

1 Einleitung

Das ständig wachsende Verkehrsaufkommen erfordert neue Lösungsansätze, um das Problem der Luftverschmutzung vor allem in den Ballungszentren in den Griff zu bekommen. Einen Beitrag dazu soll das Air Pollution Information System (APIS) liefern, das an der Technischen Universität Graz als Forschungsprojekt, finanziert durch den Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) und mit Mitteln der Österreichischen Nationalbank (OeNB) gefördert, von der Abteilung für Positionierung und Navigation und vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelt wird.

Die Schadstoffsituation einer bestimmten Region wird heutzutage in der Regel durch eine bestimmte Anzahl stationärer Messeinrichtungen (Luftgüte-Messstationen) erfasst. Die Lage und räumliche Verteilung der stationären Messeinrichtungen für das Stadtgebiet von Graz ist in Abbildung 1 dargestellt (Quelle: <http://www.gis.steiermark.at>). Das Ziel der Messungen ist es sicherzustellen, dass Grenzwerte von bestimmten Schadstoffen nicht überschritten werden bzw. dass bei länger andauernden Überschreitungen geeignete Gegenmaßnahmen zu deren Reduktion getroffen werden. Allerdings liefern stationäre Messeinrichtungen ein sehr lückenhaftes Bild der Luftgütesituation, vor allem in Gebieten mit sehr inhomogener Schadstoffverteilung. Das trifft vor allem auf Ballungsräume zu, wo es aufgrund der Verbauung und der Vielfalt an Emissionsquellen (vorwiegend KFZ) örtlich zu Konzentrationsspitzen kommen kann, welche von den stationären Luftgüte-Messstellen in diesem Gebiet nicht erfasst werden.



Abb. 1: Stationäre Lüftgüteüberwachung in Graz

Um nun eine bessere flächendeckende Schadstofffassung zu gewährleisten, werden mit dem neu entwickelten System kontinuierlich Schadstoff- und Positionsmessungen durchgeführt, wobei die Messfahrzeuge vor allem Problemgebiete (z.B. stark frequentierte Straßenzüge) befahren sollen. Als Messfahrzeuge bieten sich hierbei besonders öffentliche Verkehrsmittel (Busse oder Straßenbahnen) an, die mehrmals täglich die selbe Route befahren. Vor allem im innerstädtischen Bereich frequentieren sie oftmals genau diejenigen Straßenzüge, in denen die größten verkehrsbedingten Luftschadstoffimmissionen zu erwarten sind. Die so gemessenen Daten werden direkt an eine zentrale Stelle weitergeleitet, gespeichert, ausgewertet und auf einer digitalen Karte dargestellt. Die Aktualisierung der Messdaten richtet sich nach dem Verkehrsaufkommen, wobei in den Hauptverkehrszeiten das Messintervall kleiner ist als in der übrigen Zeit.

APIS verfolgt somit im Wesentlichen zwei Ziele: einerseits werden umfangreiche Schadstoffdaten verfügbar gemacht und andererseits können gezielt Schutzmaßnahmen (wie zum Beispiel Fahrverbote zu gewissen Zeiten in bestimmten Stadtgebieten) getroffen werden, wenn kritische Schadstoffgrenzwerte überschritten werden.

2 APIS-Komponenten

Das Air Pollution Information System kann in zwei unterschiedlichen Betriebsarten verwendet werden. Einerseits besteht die Möglichkeit Daten für eine spätere Auswertung zu speichern und nach Abschluss der Messfahrt über eine serielle Schnittstelle an eine PC zu übertragen, andererseits können sämtliche Ergebnisse über einen GSM-Datentransfer an eine Zentrale weitergeleitet werden.

Das gesamte System ist in einzelne Module unterteilt, wobei diese separat weiterentwickelt werden können, ohne die Funktionalität der anderen zu beeinflussen. In den nun folgenden Abschnitten werden die einzelnen Module detailliert vorgestellt.

2.1 Position und Zeitinformation

Zur Bestimmung der Position und der Zeitinformation wird das Global Positioning System (GPS) verwendet. Die Koordinaten der mobilen Messeinrichtung werden durch Single Point Positioning, das heißt durch Verwendung eines einzelnen GPS-Empfängers, bestimmt, wobei der Empfänger die Code Pseudoranges der GPS L1 Trägerfrequenz zu den Satelliten misst. Zur Bestimmung von dreidimensionalen Koordinaten müssen mindestens vier Satelliten sichtbar sein. Seit der Deaktivierung von Selective Availability (SA) wird die Genauigkeit des Standard Positioning Service (SPS) mit ± 13 m horizontal und ± 22 m vertikal angegeben. Beide Zahlenwerte beziehen sich auf ein Wahrscheinlichkeitsniveau von 95% (DEPARTMENT OF DEFENSE 2001). In den meisten Fällen wird diese Genauigkeit ausreichen, da ja die Routen der öffentlichen Verkehrsmittel bekannt sind. Sollte eine höhere Genauigkeit erforderlich sein, kann man Differential GPS (DGPS) einsetzen.

In der aktuellen Konfiguration wird ein 8-Kanal GPS Empfänger von Motorola verwendet. Die in analoger Form vorliegenden Schadstoffmesswerte werden über einen Analog-Digital-Wandler mit den Positionsdaten verknüpft und im Falle des Post-Processing-Betriebs auf einer PCMCIA-Karte gespeichert, siehe Abbildung 2. Kommt der Datentransfer über GSM zum Einsatz, so werden Positions- und Schadstoffdaten über ein GSM-Modem direkt an die Auswertestelle versandt.



Abb. 2: Ausrüstung für den Post-Processing-Betrieb

2.2 Luftschadstoffmessung

Die Luftschadstoffmessungen umfassen die Spurengase CO und NO_x (NO und NO₂), deren anthropogen verursachte Emissionsraten verhältnismäßig hoch sind, und welche in Ballungsgebieten vorwiegend vom Straßenverkehr verursacht werden. Neben den toxischen Effekten auf uns Menschen sind NO und NO₂ auch an photochemischen Reaktionen beteiligt, die zur Ozonbildung beitragen und vor allem im Sommer entsprechend hohe Konzentrationen verursachen. Daher soll zeitweise auch dieser Schadstoff erfasst werden. Zur Schadstoffmessung wird konventionelle Luftgütemesstechnik, wie sie auch in den stationären Luftgütemessstationen zur Anwendung kommt, eingesetzt. Nach entsprechenden Adaptierungsmaßnahmen können die

Analysatoren für die einzelnen Schadstoffkomponenten in Bussen oder Straßenbahnen installiert werden, siehe Abbildung 3 links.

Aufgabe der Testfahrten war es auch, eine geeignete Stelle für die Probenahme zu finden, an der weder Einflüsse des eigenen Fahrzeuges, noch solche in der unmittelbaren Umgebung das Messergebnis erheblich verfälschen, siehe Abbildung 3 rechts.

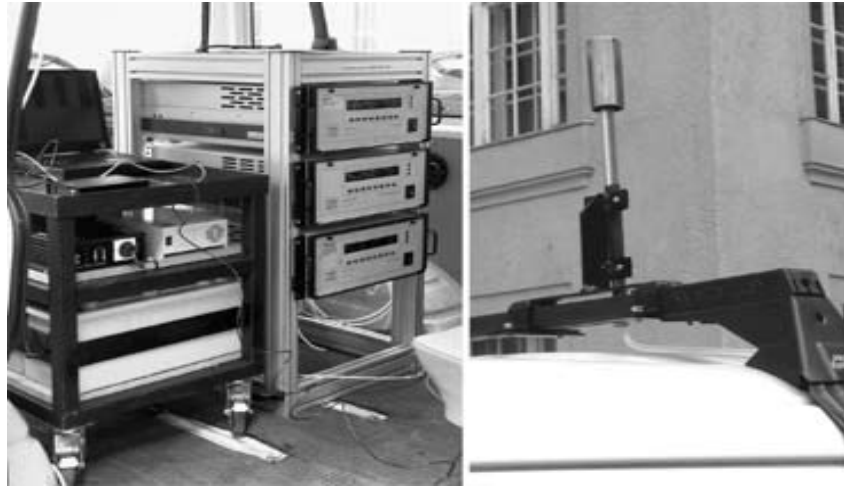


Abb. 3: Luftgüteanalytoren und Probenentnahmestelle

2.3 Datentransfer

In der Konzeptionsphase des Projekts war die Datenübertragung über eine Funkverbindung vorgesehen. Allerdings gestaltet sich die Realisierung einer solchen Funkverbindung in Österreich als schwierig, da Beschränkungen bezüglich der Frequenz und der Signalstärke existieren, was sich in einer nicht allzu großen Reichweite und einer geringen Datenübertragungsrate bemerkbar macht. Alternativ dazu wurde der Datentransfer von der mobilen Messeinrichtung zur zentralen Auswertestelle über GSM Short Message Service (SMS) realisiert.

2.4 Datenverarbeitung und -darstellung

In der Zentrale werden die Daten empfangen, gespeichert, und ausgewertet. Die Darstellung der Resultate erfolgt in einem herkömmlichen Geoinformationssystem. Auf einer digitalen Stadtkarte als Hintergrund wird der Verlauf der Bus- oder Straßenbahnlinien visualisiert und die entsprechenden Konzentrationen der Luftschadstoffe farblich dargestellt. Unterschiedliche Schadstoffe werden auf verschiedenen Layern abgelegt.

3 Erste Ergebnisse

Seit Beginn des Projekts im Juni 2000 wurden bereits über 25 Tests des Systems durchgeführt. Diese Tests betrafen anfangs hauptsächlich den GPS Empfänger und die Ausrüstung zur Schadstoffmessung in Bezug auf Qualität und Performance. Die ersten Testfahrten, bei denen das Zusammenspiel der GPS- und der Luftschadstoffausrüstung im Mittelpunkt standen, wurden noch im Post-Processing-Verfahren ausgewertet, jüngere Versuche benutzten bereits die SMS Datenübertragung. Die Ergebnisse dieser Tests können als durchaus erfolgreich und vielversprechend angesehen werden. Abbildung 4 zeigt die NO_x -Konzentration einer Testfahrt im Oktober 2001 im Innenstadtbereich von Graz. Man kann deutlich erkennen an welchen Stellen es aufgrund von Verkehrsstockungen zu einem Ansteigen der Konzentrationen gekommen ist.

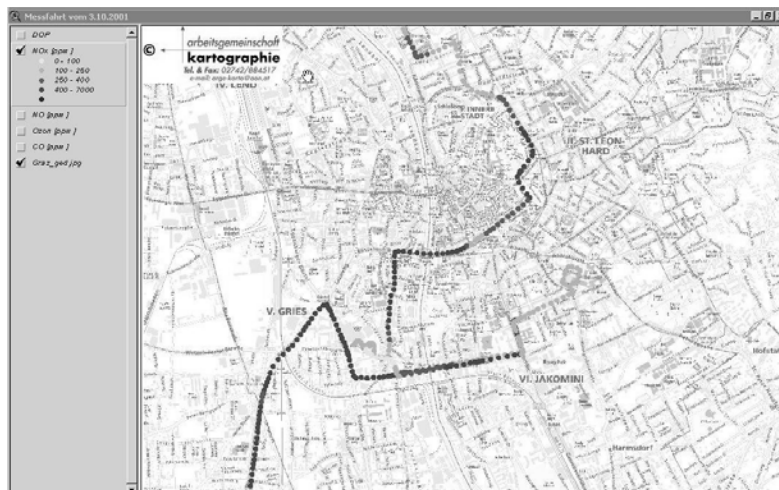


Abb. 4: NO_x -Konzentration

Die Online-Darstellung der Messergebnisse wird durch ein eigens für dieses Projekt erstelltes ArcView-Script ermöglicht, das aus den ankommenden Datenpaketen die entsprechende Information extrahiert, umwandelt und auf einer digitalen Stadtkarte darstellt.

4 Künftige Entwicklungen

In Zukunft könnten neue Sensoren GPS bei der Positionsbestimmung unterstützen, z.B. Dead reckoning (DR) oder die Positionsbestimmung in Mobilfunknetzen.

Die zur Zeit verwendete Technik zur Datenübertragung über GSM SMS könnte durch die jüngsten Entwicklungen am Mobilfunkmarkt, Wireless Application Protocol (WAP) oder General Packet Radio Service (GPRS), ersetzt werden. In etwas fernerer Zukunft geschieht die Datenübertragung wahrscheinlich nur mehr über das Universal Mobile

Telecommunication System (UMTS). Da öffentliche Verkehrsmittel als eine Möglichkeit der mobilen Messeinrichtungen vorgesehen sind, wäre es auch denkbar, den Funk, den der Verkehrsbetrieb zur Kommunikation nutzt, zur Datenübertragung zu verwenden. Die aktuellen Luftgütedaten, die das System liefert, könnten auch als eine von vielen Input-Quellen für ein Verkehrstelematiksystem dienen. Dieses System sollte in der Lage sein, den Verkehr so zu leiten, dass ein Überschreiten kritischer Schadstoffgrenzwerte praktisch nicht mehr vorkommt.

5 Literatur

Department of Defense (2001): *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard*. Assistant Secretary of Defense for Command, Control, Communications, and Intelligence.