

Aerosoles sin fronteras

Para descifrar la influencia de las partículas en suspensión sobre el medio ambiente y sobre la salud, es inevitable conocer la cantidad y la composición química de los aerosoles. Se requieren mediciones a largo plazo y con una alta resolución temporal. En el sudeste de Escocia se realizan mediciones de este tipo dentro del margen del "EMEP" que es un programa de vigilancia y evaluación del transporte a larga distancia y atravesando fronteras de los contaminantes atmosféricos en Europa. El fin del programa es suministrar regularmente informaciones científicas a los gobiernos europeos. Estas informaciones los asisten en la tarea de reducir la contaminación atmosférica y sus consecuencias.

La estación de medición Auchencorth Moss

La localidad Auchencorth Moss se sitúa apenas a unos 20 km al sur de Edinburgh, en Escocia. El terreno es una turbera alta, es decir una turbera, la cual está alimentado únicamente por agua de precipitaciones. En este rincón distante opera el CEH (Centre for Ecology & Hydrology = Centro de Ecología e Hidrología), una estación de medida que capta datos sobre la calidad del aire y de las precipitaciones. Científicos del CEH y de otras instalaciones de investigación británicas evalúan los datos, entre otros dentro del marco del EMEP. Siendo distante de centros metropolitanos, de polos industriales y de otras fuentes locales de emisión, se cualifica la región como "fondo rural" [1]. Por ello esta región es apta para evaluar la contaminación atmosférica a la que están sometidas la vegetación agrícola, los ecosistemas naturales y la población rural.

Un acuerdo para un aire limpio

En el año 1983 entró en vigencia el Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia del UNECE (la Comisión Económica de las NN UU para Europa). En ello las naciones participantes acordaron, entre otras, de combatir la contaminación atmosférica y de establecer una red de monitoreo paneuropea. El EMEP actúa en virtud de este acuerdo y asegura su base científica. El programa sigue una estrategia de monitorización [2] para obtener datos apropiados. En esta estrategia se ha fijado por ejemplo, que el monitoreo de contaminantes atmosféricos cubra completamente toda Europa, que sea de larga duración, y que se caracterice por una resolución temporal suficiente para no solamente investigar los procesos atmosféricos, sino también los sucesos singulares de contaminación.

Medidas automatizadas cada hora

En Auchencorth Moss se miden, entre otras, las concentraciones en el aire ambiente de los componentes inorgánicos contenidos en los aerosoles y de los gases inorgánicos solubles en agua. Estas concentraciones se determinan cada hora automáticamente con el MARGA (Monitor for AeRosols and Gases in ambient Air = Monitor para AeRosoles y Gases en el Aire ambiente). Marsailidh M. Twigg y sus colegas del CEH, de la Metrohm Applikon y de la School of Chemistry de la University of Edinburgh han publicado recientemente una evaluación de los resultados, que se han obtenido entre el 2006 y 2012 – es decir un período de seis años y medio. El traba-

jo ha sido publicado en la revista de acceso abierto "Atmospheric Chemistry and Physics Discussions" [3].

Medir con el MARGA

El MARGA analiza por cromatografía iónica aerosoles y gases en trazas solubles en agua. El sistema en Auchencorth Moss aspira el aire ambiente incluyendo sus aerosoles con un diámetro de hasta 10 μm (PM_{10} , por sus siglas en inglés Particulate Matter). El flujo se parte en dos: La primera línea conduce directamente hacia una caja de toma de muestras, mientras que el otro flujo de aire se conduce primeramente a un separador ciclónico, el cual aparta aquellas partículas con un diámetro mayor a 2.5 μm , y los elimina de la mezcla. En consecuencia llegan a la segunda caja de toma de muestras solamente aquellos aerosoles de la fracción $\text{PM}_{2.5}$. En cada caja de toma de muestras el aire pasa a través de un WRD ("Wet Rotating Denuder" = Separador Húmedo Giratorio) el cual lleva hacia una solución los gases solubles en agua – y, después, un SJAC ("Steam-Jet Aerosol Collector" = Colector de Aerosoles con Chorro de Vapor), el cual lleva hacia una solución los aerosoles solubles en agua. De las dos cajas de toma de muestra se transportan las soluciones continuamente al sistema analítico, donde se los analizan por cromatografía iónica para aniones y para cationes. Las informaciones detalladas se encuentran en la publicación original en bit.ly/MARGApub donde la pueden descargar gratuitamente.

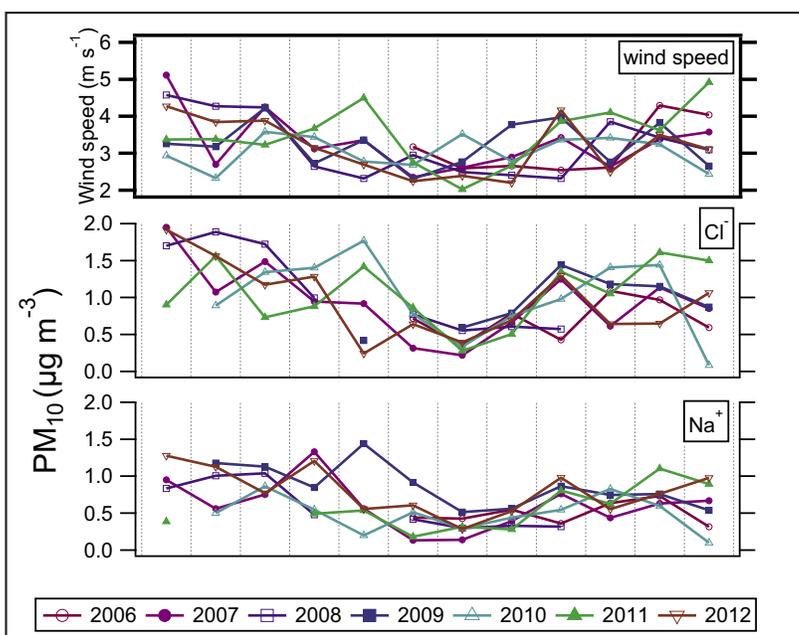


Figura 1: Las concentraciones de Cl^- y Na^+ en la fracción PM_{10} son notablemente menores en el verano que en el invierno. En el invierno la entrada de estos iones de origen marino en el ambiente es mayor debido a la mayor velocidad del viento (Twigg et al. 2015).

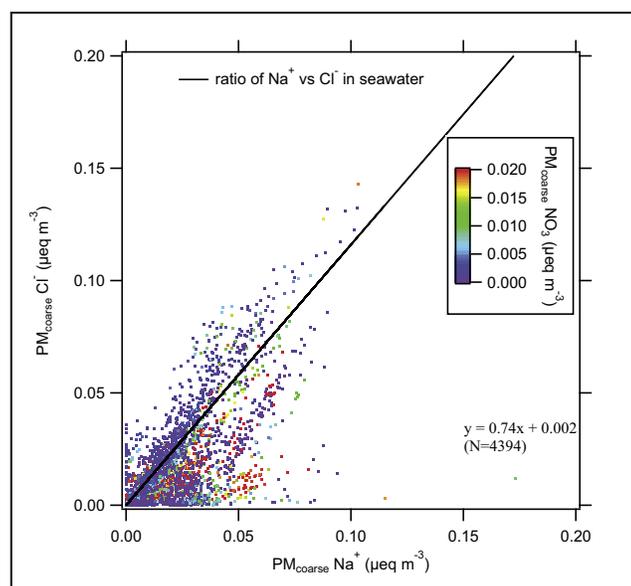


Figura 2: Cada punto representa una medición del año 2012 y muestra la ratio entre el sodio y el cloruro. Si el punto se encuentra por debajo de la línea negra, implica un déficit del Cl^- . La cantidad del NO_3^- en cada medición se indica mediante el código de colores. Altas concentraciones de NO_3^- con frecuencia vienen combinados con un déficit del Cl^- (Twigg et al. 2015).

Viene de la página 4

Visualizar los sucesos singulares de contaminación

Las mediciones horarias muestran variaciones de la composición de los aerosoles durante el transcurso del día, incluso los sucesos de contaminación puntuales. Considerando que el fondo de las concentraciones de contaminantes es bajo durante la mayor parte del tiempo, se pueden detectar tales eventos en un sitio como Auchencorth Moss con especial claridad. En la noche del 5 de noviembre se celebra en el Reino Unido la "Guy Fawkes Night" con fuegos artificiales. En la Guy Fawkes Night del año 2012 se ha podido medir a la media noche una concentración significativamente elevada de K^+ con $2,61 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, es decir una concentración cuarenta veces más alta que la media anual de unos $0,07 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Aparte de las variaciones en el transcurso del día los investigadores Twigg y sus colegas han podido observar con el MARGA también tendencias de larga duración, por ejemplo las diferencias temporales en las concentraciones de Na^+ y Cl^- . Estos iones provienen mayormente del mar, y con el aumento de la velocidad del viento durante los meses invernales son transportados con mayor eficacia del agua hacia el aire, vea la figura 1.

Los iones de origen marino

Auchencorth Moss es cerca del mar en cada dirección del viento. Por ello la presencia de iones marinos en el aire es relativamente alta. Las especies de iones típicamente marinos son Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} y K^+ – sin embargo estos iones no son necesariamente de origen marino. La fracción de origen marino se puede calcular, ya que en el mar estos elementos se encuentran en proporciones fijas. Twigg y sus colegas suponen que la totalidad del Na^+ medido es de origen marino y calculan de

su concentración las porciones marinas de los iones restantes. En la fracción de aerosoles gruesos (la fracción PM_{10} menos la $\text{PM}_{2.5}$) los iones de origen marino son 73 %, y en la fracción fina ($\text{PM}_{2.5}$) todavía son un 30 % de los iones inorgánicos.

En un gran número de mediciones singulares y también en el medio de todas mediciones, los investigadores han notado un déficit del Cl^- medido en comparación con el valor calculado partiendo de la concentración del Na^+ medida. En la fracción gruesa, la concentración calculada del Cl^- marino ha superada la concentración total, es decir marina y no marina, de Cl^- medida en las muestras. Considerando el exceso medido del NO_3^- , que no es de origen marino, se puede inferir que hay intercambio de cloruro y nitrato. Esto puede realizarse mediante una reacción con HNO_3 durante el transporte de cloruro de sodio a través de largas distancias. Apoya esta hipótesis que los altos valores de nitrato medidos en Auchencorth Moss se detectan, por lo general, en la misma medición con un déficit de Cl^- , como lo documenta una evaluación de las mediciones del año 2012, vea la figura 2.

Elucidar el origen de las masas de aire con simulaciones computarizadas

En las inmediaciones de la estación de medición no existen fuentes de emisión. El transporte de masas de aire a través de largas distancias, en consecuencia, tiene gran influencia sobre la composición de los aerosoles captados en Auchencorth Moss. Se pueden determinar las fuentes de las masas de aire con simulaciones computarizadas que, utilizando datos meteorológicos, proporcionan las trayectorias atravesadas hasta llegar a Auchencorth Moss. Para retrotrazar las masas de aire, se han simulado trayectorias para el período del 2007 hasta el 2012 en intervalos de tres horas – un total de 17 370 trayectorias. Con ayuda de un análisis de cluster, Twigg y sus colegas han agrupado trayectorias similares, vea la figura 3, y establecido posibles nexos entre las composiciones de los aerosoles y las fuentes de las masas de aire. Las trayectorias 1, 2 y 4, que se originan en los océanos Atlántico y Ártico, todas tienen altos valores para Na^+ y Cl^- , vea la figura 4. Esto vale también para la fracción $\text{PM}_{2.5}$, la cual, como regla general, queda compuesta de iones secundarios (antropógenos). Las masas de aire que atraviesan continentes, es decir trayectorias 5 y 6, transportan por lo contrario considerablemente más aerosoles secundarios como NO_3^- y NH_4^+ .

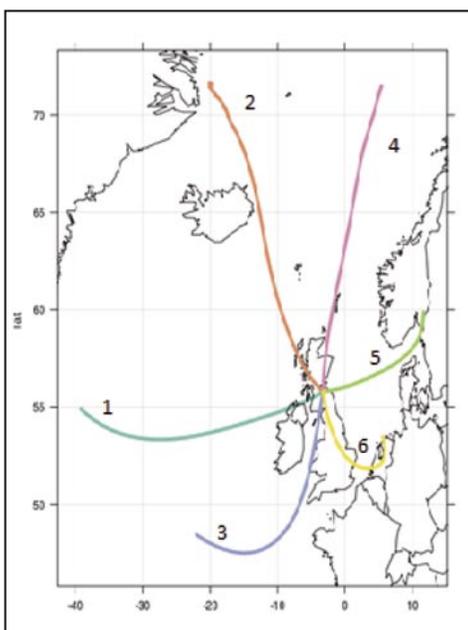


Figura 3: Las retro-trayectorias de las masas atmosféricas se han agrupado en seis cluster. Los trazados representan la media de las trayectorias de cada cluster (Twigg et al. 2015).

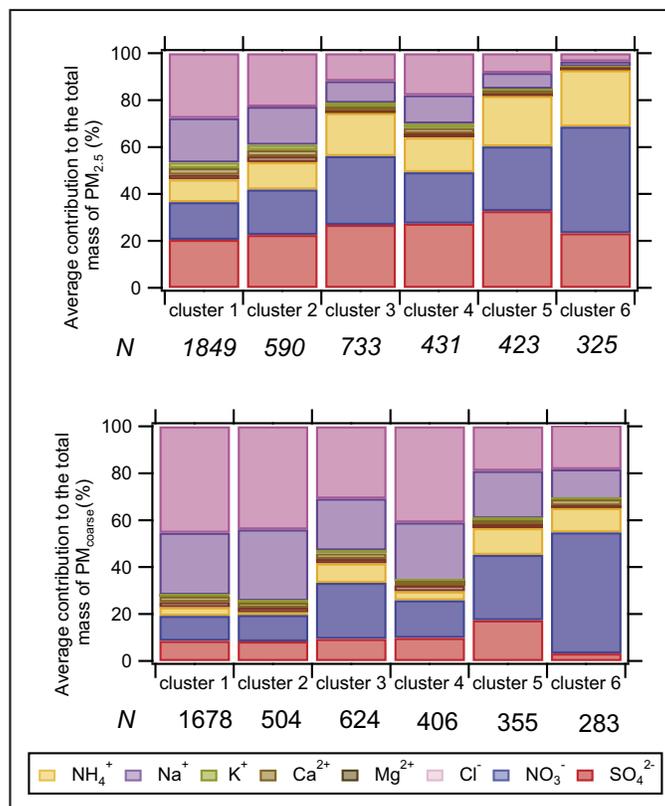


Figura 4: Para cada cluster de las retro-trayectorias se presentan las concentraciones de las especies de iones individuales en $\text{PM}_{2.5}$ (arriba) resp. PM_{10} (abajo) (Twigg et al. 2015).

Conclusiones

La determinación casi continua de los componentes inorgánicos de los aerosoles en Auchencorth Moss permite el análisis, tanto de sucesos de contaminación como también de las tendencias de largo plazo. En combinación con simulaciones computarizadas se pueden además determinar las fuentes de las masas de aire que llevan los aerosoles a la estación de medición. Twigg y sus colegas han podido determinar que, en localidades rurales como Auchencorth Moss, una parte importante de los aerosoles, y con ello también de la contaminación del aire, ha atravesado una gran distancia. Esto subraya la importancia de una cooperación transnacional para controlar las emisiones.

Referencias

- [1] Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa
- [2] Unece.org, (2015): «EMEP Strategies». Consultado el 27 de agosto de 2015 de <http://www.unece.org/env/lrtap/emep/stategies.html>.
- [3] Twigg, M. M. et al. (2015) Atmos. Chem. Phys. 15, 8131–8145

Stephanie Kappes

Metrohm, Suiza
Anote el 116-301