

Rauch ist in der Luft: Wie Feuerwerke die Luftqualität beeinflussen

Übersetzt von Anne Käfer



Chikugo-river- Feuerwerks-Festival in Kurume, Fukuoka, Japan, 5. August 2011

Mit freundlicher

Genehmigung von Kurume-Shimin; Bildquelle: Wikimedia Commons

*Ist Dir klar, dass Feuerwerke eine messbare Luftverschmutzung verursachen? **Tim Harrison** und **Dudley Shallcross** von der Universität Bristol, UK, erklären, wie man die atmosphärischen Schadstoffe im Unterricht untersucht.*

Ob an Neujahr, an Guy Fawkes oder an Diwali, die meisten von uns sind schon Zeugen eines Feuerwerk-Schauspiels geworden – und erinnern sich an die Explosionen und die Schauern von farbigem Licht. Was ist aber mit schwefelhaltigem Rauch?

Wie Wissenschaftler gezeigt haben, hinterlassen Feuerwerke ihre Spuren in der Luftqualität – auch noch einige Zeit, nachdem die Kracher und das Leuchten vorbei sind.

Nach der jährlichen Guy Fawkes-Feier in Großbritannien hat man erhöhte Konzentrationen an Partikeln (Rauch oder Ruß), entstanden durch die Verbrennungen beim Feuerwerk, sowie hohe Konzentrationen an Metallionen wie Magnesium, die von den Feuerwerken selbst stammen, gefunden. Feuerwerke sind auch in Verbindung mit anderen Molekülen wie Stickstoffdioxid (NO_2) und Schwefeldioxid (SO_2) gebracht worden. Derartige Beobachtungen wurden während und nach einer Diwali-Feier in Hisar City, Indien, im November 1999 gemacht; weiterhin in Mainz in Deutschland bei den Neujahrs-Feiern 2004/2005; während der Lantern-Feier in Peking, China, im Jahr 2006; in Mailand, Italien, am Abend, nachdem Italien die Fußballweltmeisterschaft 2006 gewann (Drewnick et al., 2006; Ravindra et al. 2003; Vecchi et al., 2008; Wang et al., 2007).

Untersuchung der Luftqualität im Unterricht

Du kannst auch zusammen mit Deinen Schülern die Wirkung von Feuerwerken auf die Luftqualität untersuchen. Wir haben in Großbritannien mit Schülern im Sekundarbereich daran gearbeitet, den Einfluss des Abends von Guy Fawkes auf die Luftqualität zu untersuchen (s. Anhänge). Das Projekt war eine Einführung zur Nutzung von Datenbanken zur Luftqualität – die Messungen von zahlreichen Schadstoffen enthalten, eine Fundgrube an Daten zur Verwendung in Schulen – aber auch eine Möglichkeit, richtige Forschung im Unterricht durchzuführen.

Die Luftqualität kann mit vielen Fächern im Unterricht in Verbindung gebracht werden. Die Chemie und Physik der Feuerwerke umfassen zahlreiche interessante Themenstellungen, wie Verbrennung, Schall, Licht und freigesetzte Schadstoffe. Es lässt sich aber auch eine tiefer gehende Diskussion über die Natur der Luftverschmutzung führen; was die Folgen sind wie saurer Regen und Klimawandel. Letztere sind Themenstellungen für den Unterricht in Biologie, Gesundheit und Erdkunde. Die Analyse der Daten bietet ein riesiges Potenzial zur Belebung des Mathematik- und Informatik-Unterrichts.

Informationen über die wichtigsten Schadstoffe, verursacht durch Feuerwerke, sowie einige Einzelheiten über die Chemie der Feuerwerke können von der website^{w1} von Science in School heruntergeladen werden. Weitere Einzelheiten über allgemeinere Folgen der Luftverschmutzung können über die UK-AIR website^{w2} heruntergeladen werden.

Datenbanken



Feuerwerke beim Nagaoka Festival, Japan

Mit freundlicher Genehmigung von Kropsoq; Bildquelle: Wikimedia Commons

Du solltest eine öffentlich zugängliche Datenbank zum Thema Luftqualität benutzen, die mindestens tägliche Messungen für die Gegend, die für Dich von Interesse ist, liefert. Das UK-Archiv^{w2} zur Luftqualität enthält stündliche Daten für eine Reihe chemischer Spezies; primäre Schadstoffe (die direkt emittiert werden) einschließlich NO, NO₂, CO und SO₂; Kohlenwasserstoffe und partikelförmige Stoffe; und sekundäre Schadstoffe (gebildet aus den primären Schadstoffen) wie Ozon. Die Daten werden an 186 Stellen in UK gesammelt, wobei es sich um Monitore am Straßenrand bis hin zu entfernten Regionen zur Messung von Hintergrund-Niveaus handeln kann. Einige Stellen arbeiten seit Mitte der 70iger Jahre, wobei sie für eine unglaubliche Menge an Daten sorgen. Die Autoren arbeiten gerne mit jeder Gruppe von Schülern zusammen, die die Aspekte der UK-Daten zur Luftqualität interpretieren möchten.

Für Malta gibt es die Datenbank der Malta Environment and Planning Authority^{w3}, die Daten zu CO, NO, NO₂ und O₃ enthält.

Wenn Du die Daten eines anderen europäischen Landes analysieren möchtest, wirst Du die AirBase^{w4}, finden, die Datenbank zur Luftqualität der European Environment Agency – eine nützliche Quelle, da sie Messungen für die meisten europäischen Länder enthält. Beachte



Ein wunderschöner Sonnenuntergang über Mumbai, Indien, verursacht durch partikelförmiges Material in der Luft

Mit freundlicher Genehmigung von Bm1996; Bildquelle: Wikimedia Commons

jedoch, dass die Dateien sehr groß sind, so dass Du einige Zeit zum Herunterladen benötigst, und dass sie weniger leicht verständlich sind als die UK- und Malta-Datensätze.

Unsere Ergebnisse

Wir haben die Konzentration an partikelförmigem Material (PM) an allen Stellen analysiert, an denen zu Guy Fawkes 2009 in UK gemessen wurde. PM besteht aus festen oder flüssigen Partikeln, die in einem Gas suspendiert sind. Sie werden nach ihrer Größe kategorisiert als PM₁₀ (Durchmesser 10 µm oder weniger), PM_{2.5} (2.5 µm oder weniger), PM₁ (1 µm oder weniger) und ultrafein (0.1 µm oder weniger). Verbrennungen von Feuerwerken entwickeln eine Reihe von Partikelgrößen, aber hauptsächlich kleinere Ruß-Partikel (z.B. PM_{2.5}) während Leuchtfeuer größere Partikel bilden können. PM entsteht auch in der Bauindustrie, und es gibt auch natürliche Quellen wie Pollen, Meersalz und vom Wind verwehtes lockeres Erdreich. Ein erhöhtes Niveau von Partikeln in der Luft führt zu Herz- und Lungen-Krankheiten; kleinere Partikel sind besonders schädlich, da sie tiefer ins Atmungssystem eindringen können. PM hat auch einen deutlichen Einfluss auf das Klima: Ruß-Partikel führen zur Erwärmung, während reflektierende Partikel eher eine Abkühlung bewirken.



**Neujahrs-Feuerwerke
2010/2011 in Prag,
Tschechien**

Mit freundlicher
Genehmigung von Karelj;
Bildquelle: Wikimedia
Commons

Als Beispiel (Abb.1) zeigen wir die Konzentrationen an PM_{2.5} und PM₁₀ aus dem Zentrum von Reading, einer Universitätsstadt im Süden von UK. Obwohl der Abend von Guy Fawkes auf den 5. November fällt, wird häufig erst am nächsten Wochenende gefeiert. Die Daten vom 5. bis 9. November 2009 zeigen, dass die Konzentration an Partikeln am Abend des 7. November (einem Samstag) ein Maximum erreicht. Vergleicht man diese Daten mit dem Durchschnittswert von 2009, so findet man, dass die Konzentrationen an diesem Samstag um einen Faktor bis zu sieben erhöht sind (s. Abb.1).

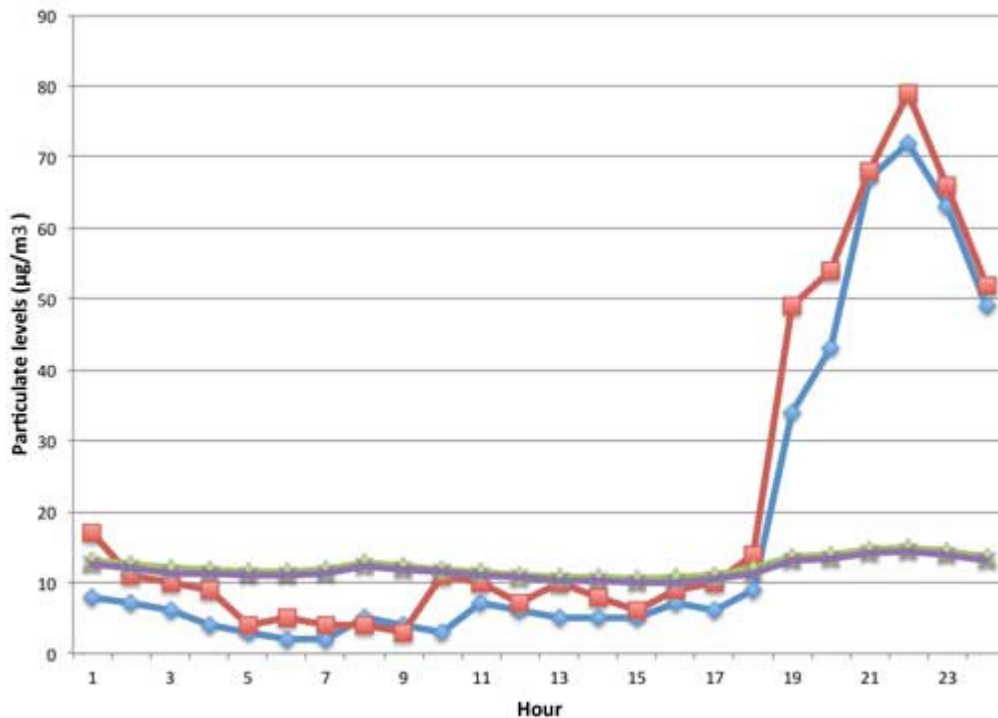


Abb. 1: PM₁₀ and PM_{2.5}-Konzentrationen aus dem Zentrum von Reading, UK: Konzentrationen am .7 November 2009, und Durchschnittswerte für 2009. Blau: PM_{2.5} am 7. November 2009; rot: PM₁₀ am 7. November 2009; grün: PM_{2.5}-Durchschnitt für 2009; lila: PM₁₀-Durchschnitt für 2009.

Zum Vergrößern auf das Bild klicken

Mit freundlicher Genehmigung von Tim Harrison und Dudley Shallcross

Weil PM_{2.5} alle Partikel mit einem Durchmesser von 2.5 µm oder weniger erfasst und die Konzentrationen an PM₁₀ und PM_{2.5} ungefähr gleich sind, sind die meisten gebildeten Partikel sehr klein – und besonders schlecht für das Atmungssystem. Es ist sehr schwierig, sichere Grenzen für die Partikel-Exposition festzusetzen, aber zur Zeit liegt die Grenze für PM₁₀ in Europa bei einer jährlichen Konzentration von 40 µg/m³, und einer täglichen Konzentration von 50 µg/m³, die nicht mehr als 35mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (häufig auch *Grenzwertüberschreitung* genannt). Der Durchschnittswert aus der Nacht vom 7. November betrug 34.7 µg/m³, was weniger als die Grenzwertüberschreitung ist, was aber viel höher als der Durchschnittswert von 2009 ist. An anderen Stellen in UK fanden wir, dass die PM₁₀-Konzentrationen an diesem Tag überschritten wurden.

Recherchen

Diese Datenbanken bieten eine Fülle von möglichen Fragen, die man im Unterricht stellen kann, wobei die Beispiele keineswegs auf die Verschmutzung durch Feuerwerke beschränkt sind. Zum Beispiel:

- Graphische Aufzeichnung der Konzentrationen von verschiedenen Schadstoffen vor, während und nach



einem Feuerwerk (z.B. Neujahr). Welche Schadstoffe erscheinen zuerst? Welche brauchen länger? Sind alle Konzentrationen der gemessenen Schadstoffe betroffen? Warum bzw. warum nicht?

Eine Photomontage von acht Aufnahmen von Feuerwerken vom Abend von Guy Fawkes im Roundwood Park in Harlesden, London, UK

Mit freundlicher Genehmigung von Billy Hicks; Bildquelle: Wikimedia Commons

- Wenn Du Daten von verschiedenen Stellen, die in der Datenbank erfasst sind, verwendest, solltest Du das Niveau von bestimmten Schadstoffen (z.B. Kohlenmonoxid) in der Stadt und auf dem Land vergleichen. Welche Erklärungen kannst Du für Deine Beobachtungen finden?
- Welche Unterschiede gibt es in der Ozon-Konzentration an verschiedenen Orten zu verschiedenen Tageszeiten?
- In Europa herrscht überwiegend Westwind. Kannst Du irgendeine Struktur in der Luftqualität von Ost nach West entdecken?

Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung bei folgenden Lehrern und Schülern, die an der UK-Untersuchung zur Luftqualität teilgenommen haben: Dr. Oznur Kemal (Lehrer), Sophie Danby, Marta Tondera, Kelly Lam Ho, Candice Chan Ting Yan, Boni Chau Bo, Jenny Chow Kar Yee, Christine Fong Chi, Sophie Hawkins, Charlotte Hooper, Annabelle Fricker, Siobhan Stewart und Emma Tremewan, von der Leweston School Dorset; Naomi Shallcross, Beth Shallcross und Esther Shallcross von der Gordano School, Portishead; John Jones (Lehrer), Beth Jones und Cat Wood vom Cheltenham College, Cheltenham.

Referenzen

Drewnick F et al. (2006) Measurement of fine particulate and gas-phase species during the New Year's fireworks 2005 in Mainz, Germany. *Atmospheric Environment* **40**: 4316-4327.

Ravindra K, Mor S, Kaushik CP (2003) Short-term variation in air quality associated with firework events: a case study. *Journal of Environmental Monitoring* **5**: 260-264.

Vecchi R, et al. (2008) The impact of fireworks on airborne particles. *Atmospheric Environment* **42**: 1121-1132.

Wang Y, et al. (2007). The air pollution caused by the burning of fireworks during the lantern festival in Beijing. *Atmospheric Environment* **41**: 417-431.

Internet-Referenzen

w1 – Zusätzliche Information zur Chemie von Feuerwerken (siehe Datei: „Zusätzliche Information zur Chemie von Feuerwerken“)

w2 – Die UK-AIR-Internetseite bietet ein umfangreiches Datenarchiv sowie zahlreiche Informationen zur Luftverschmutzung. s. <http://uk-air.defra.gov.uk>

w3 – Daten zur Luftqualität in Malta, s. www.mepa.org.mt/airquality

w4 – Zum Herunterladen von Daten zur Luftqualität von der European Environment Agency's AirBase, s.: www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/airbase-the-european-air-quality-database-3

Weiterführende Materialien

Russell MS (2000) The Chemistry of Fireworks. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry. ISBN 0-85404-598-8

Rezension

Sicher ist nicht alles Gold, was glänzt. Der beliebte Brauch nach einem Sieg beim Fußball oder als Festival über verschiedene Abende verteilt spektakuläre Feuerwerke zu veranstalten, kann tatsächlich zur Luftverschmutzung beitragen. Dieser Artikel liefert Quellen und Ideen für Lehrer sich dem Thema Luftverschmutzung zu nähern, indem spezielle Gelegenheiten betrachtet werden, bei denen hohe Konzentrationen an gasförmigen und partikelförmigen Schadstoffen bei Feuerwerken in die Luft freigesetzt werden. Die Schüler haben die Gelegenheit zu naturwissenschaftlichen Untersuchungen im wahren Leben; statt ihre Experimente auf das Labor in der Schule zu beschränken, tauchen sie in die wissenschaftliche Gemeinschaft ein und arbeiten daran, unsere Umwelt lebenswerter zu machen.

Der Artikel kann in verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern eingesetzt werden: z.B. in Chemie (Eigenschaften und Reaktionen von Metallverbindungen; Verbrennung; Stabilität von Verbindungen; Oxidationsmittel), Physik (Antriebstechnik; Licht und Schall) oder Biologie- oder Gesundheitsunterricht (Einfluss der Umweltverschmutzung auf Erkrankungen der Atemwege, insbes. Asthma). Der Artikel kann auch interdisziplinär eingesetzt werden, um die globale Erwärmung zu betrachten.

Wenn die Schule die nötige Ausrüstung ausleihen kann – z.B. von einer Universität – können die Schüler sogar ihre eigenen Messungen zur Luftqualität durchführen. Das erfordert von ihnen die technische Analyse der Luft, das Sammeln und den Umgang mit Daten, den Vergleich von Daten und die Fehleranalyse. Sie könnten dann vielleicht ihre Ergebnisse einer lokalen Stelle präsentieren und die Erfahrung machen, wie zuverlässige Ergebnisse von wissenschaftlichen Untersuchungen genutzt werden können, um Druck auf Politiker auszuüben und möglicherweise Verbesserungen zu bewirken.

Angela Charles, Malta



Empfehlung der Rezensentin: Chemie, Physik, Biologie, Gesundheit, Umgang mit Daten, Globale Erwärmung
Alter ab 14