

## Der Himmel über Los Angeles

### **Steigende Temperaturen beeinträchtigen die Luftqualität**

Feinstaub und Ozon machen Mensch und Umwelt stark zu schaffen. Woher die dafür verantwortlichen flüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC) stammen und was der Klimawandel damit zu tun hat erforscht Dr. Eva Pfannerstill, Nachwuchsgruppenleiterin am Jülicher Institut für Energie und Klimaforschung (IEK 8). In ihrer soeben erschienenen Science-Publikation, die an der Universität Berkeley entstanden ist, beleuchtet sie den Beitrag pflanzlicher und menschlicher Emissionen auf die Luftqualität von Los Angeles.

Katalysatoren und Filteranlagen sowie der Umstieg auf Elektromobilität haben die Belastungen durch Auto- und Industrieabgase in den vergangenen Jahrzehnten deutlich gesenkt. „Die Luftqualität in Megastädten wie Los Angeles hat sich aber nicht im gleichen Maße verbessert. Sie stagniert etwa seit 2010“, sagt Dr. Eva Pfannerstill. „Welche anderen Quellen von flüchtigen Kohlenwasserstoffen gibt es, die wir vielleicht unterschätzt haben?“, fragt sie. Der Schlüssel zur Antwort liegt im komplexen Zusammenspiel zwischen Stickoxiden aus Verbrennungsprozessen fossiler Energieträger, steigenden Temperaturen und den damit zunehmenden Ausdünstungen von Pflanzen und ebenfalls zunehmenden Verdunstungsraten von Benzin, Farben, Lacken oder künstlichen Duftstoffen.

### **Quellen lokalisieren**

Auf mehreren Messflügen über Los Angeles setzten Pfannerstill und ihre Kolleg:innen modernste Instrumente und ein spezielles Rechenverfahren ein. Diese Kombination lieferte eine noch nie dagewesene Fülle von Messdaten von über 400 verschiedenen flüchtigen Kohlenwasserstoffen und ihren Quellen: Neben den typischen pflanzlichen Stoffen auch Fahrzeugemissionen, Lösungsmittel und sogar Reinigungs- und Körperpflegeprodukte. „Das Besondere an unserer Methode ist, dass wir pro Sekunde zehn Messpunkte für die Konzentration dieser Stoffe festhalten und gleichzeitig mit derselben Messfrequenz den Wind in drei Dimensionen analysieren. So können wir genau quantifizieren, welche Mengen der gemessenen Substanzen wirklich in der Stadt emittiert werden, und nicht von woanders dorthin transportiert wurden“, beschreibt Pfannerstill das Vorgehen.

### **Reduktion von Stickoxiden nötig**

Die Ergebnisse zeigten einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Tagestemperatur und der Belastung durch Feinstaub und Ozon. Bei 20° Celsius war diese in beiden Fällen gering, bei über 30° Celsius stieg die Belastung aber sehr stark an. Die Messungen ergaben auch: Haupttreiber des Geschehens bei hohen Temperaturen sind sogenannte Terpenoide (gasförmige Kohlenwasserstoffe) aus Pflanzen, gefolgt von Verdunstungen aus Lösungsmitteln. Beide reagieren dann mit den Stickoxiden von Abgasen zu Ozon und Feinstaub.

„Analysen ergeben, dass die derzeitigen Stickoxidemissionen in Los Angeles um weitere 50 Prozent reduziert werden müssten, um die Ozonbelastung bei den hohen Temperaturen zu minimieren“, berichtet Pfannerstill. Gleichzeitig weist Pfannerstill auf eine Besonderheit im Stadtbild von Los Angeles hin: „Eukalyptusbäume machen rund fünf Prozent des lokalen Baumbestandes aus. Diese emittieren sehr viel Monoterpene. Auch die Blüte der Jacaranda-Bäume, die zu den häufigsten

Baumarten von Los Angeles gehören, kann zu den hohen Monoterpen- und Sesquiterpenkonzentrationen beigetragen haben, die wir während der Flüge gemessen haben. Gleichzeitig erhöht Trockenstress die Emissionen der beiden Terpenarten“, fügt sie an.

## **Flüge über deutschen Wäldern geplant**

Eva Pfannerstill verstärkt seit Januar 2024 die Jülicher Klimaforschung und wird in Kürze mit ihren neu entwickelten Analysemethoden auch den Himmel über Deutschland vermessen – genauer gesagt, die Stoffe, die aus Städten und Wäldern in die Luft gelangen. Gemeinsam mit mehreren Arbeitsgruppen sind hierzu zwei große Zeppelin-Messkampagnen geplant. Ziel ist es, auch hier den Zusammenhang zwischen Klimawandel, gestressten Pflanzen und menschengemachten Emissionen zu entschlüsseln. „Wir beginnen nächstes Jahr mit einem Testflug, auf welchem wir die Instrumente und deren Flugtauglichkeit prüfen. 2026 und 2028 starten dann die beiden großen Messkampagnen“, berichtet Pfannerstill.

Die Daten sind eine wichtige Ergänzung für Klimamodelle. Denn bisherige Berechnungen zur Stressantwort von Wäldern stützen sich oft auf Labormessungen mit wenigen und auch nur kleinen Bäumen – welche beispielsweise auch in Jülich an der Atmosphärenkammer SAPHIR durchgeführt werden. Die Forschenden werden die Ergebnisse aus diesen Labortests dann mit den Daten aus den Messflügen in Relation setzen und vorhandene Modelle präzisieren. „Das ist das Besondere an der Jülicher Forschung: Wir können Daten aus der realen Welt mit Hilfe groß angelegter Messkampagnen erheben und diese in kleinerem Maßstab im Labor kontrolliert nachvollziehen. Modelliererinnen und Modellierer nutzen die gesammelten Daten in Berechnungen und Modellen, um die Zusammenhänge auf einen größeren Maßstab zu skalieren. Letztlich dienen die Ergebnisse dazu, Wege aufzuzeigen, wie sich die Luftqualität in einem sich wandelnden Erdsystem verbessern lässt“, fasst Pfannerstill zusammen.

## **Zusatzinfo: Pflanzen unter Stress**

Hitze, Dürre und Schädlinge lösen bei Pflanzen Stressreaktionen aus. Diese verändern unter anderem die Menge und Zusammensetzung der gasförmigen Substanzen, welche die Pflanzen in die Luft abgeben. Dazu zählen flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC), Terpenoide wie beispielsweise Isopren oder Monoterpene und Sesquiterpene. Abhängig von der Art des Stresses ändert sich die Zusammensetzung der abgegebenen Moleküle. Wie genau dieser Molekülmix variiert, auch im Hinblick auf den Klimawandel, ist Gegenstand intensiver Forschung. Gleichzeitig reagieren einige der biogenen Stoffe mit Stickoxiden aus Autoabgasen oder anderen Emissionen zu Ozon und tragen auch zur Bildung von Aerosolen – welche auf das Klima kühlend wirken können – aber auch zu schädlichem Feinstaub bei.

Original publication: Pfannerstill, E. Y., Arata, C., Zhu, Q., Place, B., Schulze, B., Ward, R., Woods, R., Harkins, C., Schwantes, R. H., Seinfeld, J. H., Bucholtz, A., Cohen, R. C., and Goldstein, A. H.: Temperature-dependent emissions dominate aerosol and ozone formation in Los Angeles, *Science* 383:6702, 2024. DOI: 10.1126/science.adg8204