

	Global Atmosphere Watch GAW Brief des Deutschen Wetterdienstes Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg	
	www.wmo.ch/web/arep/gaw_home.html	
Allgemein Klima Strahlung Treibhausgase Spurengase Aerosol Niederschlag Analysen Trends Ursachen		

Trends von atmosphärischen Kohlenwasserstoffen (VOC) und ihre Klimarelevanz

Christian Plab-Dülmer und Harald Berresheim, Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg

VOC (engl.: volatile organic compounds) sind flüchtige organische Verbindungen, wie z.B. Toluol oder Benzol. Eine breite Palette dieser Verbindungen wird im Rahmen des GAW-Programms am Hohenpeißenberg seit 1998 gemessen. In der Atmosphäre wirken VOC indirekt auf das Klima, da sie in Gegenwart von Stickoxiden und Sonnenlicht das Treibhausgas Ozon bilden und über ihre Wirkung auf die Selbstreinigungskraft der Atmosphäre (OH-Radikale) auch die Konzentration des Treibhausgases Methan beeinflussen. Bestimmte VOC bilden zusätzlich Aerosolpartikel, die wiederum Strahlung streuen oder absorbieren und die Nebel- und Wolkenbildung beeinflussen. Zudem wirken einige VOC auch toxisch.

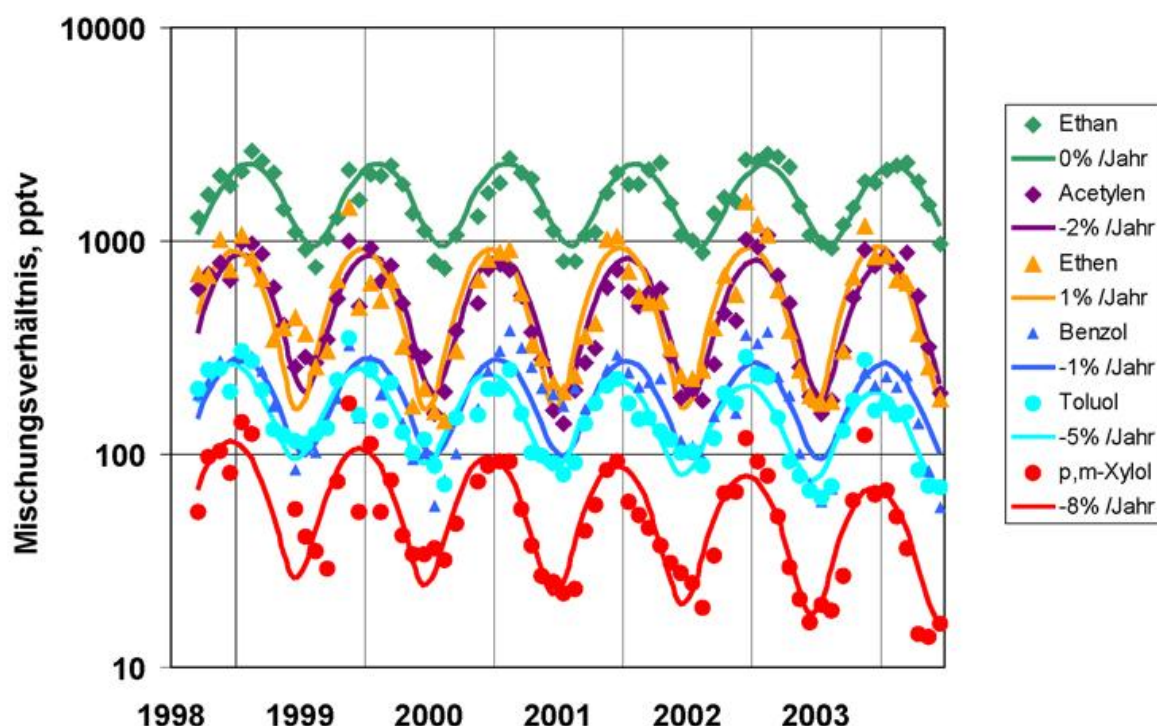


Abb. 1: Zeitreihen ausgewählter anthropogener VOC am Hohenpeißenberg. Die Monatsmittelwerte der Mischungsverhältnisse (Punkte, pptv=parts per trillion by volume) sind durch Sinus-Kurven mit linearem Trend angefitet.

Anthropogene und biogene Quellen tragen in Mitteleuropa etwa zu gleichen Teilen zum VOC-Vorkommen in der unteren Atmosphäre bei. In Abbildung 1 sind die Konzentrations-Zeitreihen von ausgewählten anthropogenen VOC dargestellt, die am Hohenpeißenberg in den Jahren 1998-2004 gemessen wurden. Auffällig sind zunächst die ausgeprägten Jahresschwünge mit 2-5-mal niedrigeren Mischungsverhältnissen im Sommer, die infolge des stärkeren chemischen Abbaus der VOC durch Reaktion mit OH-Radikalen in dieser Jahreszeit niedriger sind als im Winter. Abgesehen von Ethan (Hauptquellen: Biomassenverbrennung und Erdgas-

leckagen) stammen die dargestellten VOC überwiegend aus Kfz-Emissionen und der erdölverarbeitenden Industrie. Ethen, Acetylen, Benzol und Toluol werden außerdem bei Hausbrand, letzteres auch bei Lösungsmittelverdampfung freigesetzt. Es ergeben sich je nach Komponente unterschiedliche Trends, z.B. -1%/Jahr für Benzol (statistisch nicht signifikant) oder -8%/Jahr für Xylol, im Mittel -4%/Jahr für alle gemessenen anthropogenen VOC. Ursachen für die Trends und die beobachteten Unterschiede können in Änderungen der Emissionen, der Herkunft der Luftmassen, oder der mittleren OH-Konzentration der Atmosphäre liegen.

In Deutschland hat sich die Kfz-Flottenzusammensetzung zu höheren Anteilen von emissionsärmeren Fahrzeugen (EURO1-4), aber auch zu relativ mehr Dieselfahrzeugen verschoben. Dies lässt erwarten, dass sich die Emissionsmuster des Kfz-Verkehrs verändert haben. Zum Beispiel wird durch den höheren Anteil von Dieselfahrzeugen relativ mehr Ethen emittiert, was entsprechenden Verminderungen der Emissionen dieser Verbindung aus Benzin-Kfz wieder entgegenwirkt. Dies könnte eine Ursache für die gleichbleibenden Ethen-Konzentrationen sein (Abb. 1). Der Faktor der unterschiedlichen Luftmassenherkunft fällt vor allem für langlebige VOC ins Gewicht: Ethan, Acetylen und Benzol verbleiben länger als ca. 10 Tage in der Atmosphäre, Ethen, Toluol und Xylol dagegen nur 2 Tage oder weniger. Damit ist der Einflussbereich für die langlebigen Komponenten wesentlich größer und beinhaltet auch einen stärkeren Beitrag von Emissionen aus anderen europäischen Ländern. Die am Hohenpeißenberg beobachteten Trends der anthropogenen VOC (2-8 Kohlenstoffatome/Molekül) sind vergleichbar mit denen von anderen mitteleuropäischen Messstationen (Solberg, EMEP/CCC-Report 8/2004). An diesen Stationen des EMEP-Messnetzes, mit dem das GAW-Programm in Zukunft enger verknüpft sein wird, werden anthropogene VOC bereits über einen längeren Zeitraum (seit 1992) gemessen. Die EMEP-Messungen deuten auf stärker abnehmende Konzentrationen zu Beginn der Beobachtungsphase und ein Abflachen in den letzten Jahren hin (mittlerer Trend: ca. -5%/Jahr).

Biogene VOC sind meist sehr reaktive Verbindungen, die in Mitteleuropa hauptsächlich aus Pflanzen in die Atmosphäre gelangen. Ihr Emissionsmaximum tritt daher im Sommer auf und ist stark an Temperatur- und Lichtverhältnisse gekoppelt. In Abb. 2 sind die am Hohenpeißenberg gemessenen Mischungsverhältnisse von Isopren und Terpenen, die hauptsächlich von Bäumen emittiert werden, als Funktion der Temperatur dargestellt. Aus dem stark exponentiellen Zusammenhang ist sofort erkennbar, wie deutlich sich eine Klimaänderung von nur wenigen Temperaturgraden auf die Emission dieser Verbindungen auswirken könnte. Der in Abb. 2 gezeigte Zusammenhang ist charakteristisch für den ländlich geprägten Raum in Mitteleuropa (Mischung aus Wald und landwirtschaftlichen Nutzflächen). Während der Vegetationsperiode sind in dieser Umgebung die biogenen VOC die wichtigsten Reaktionspartner von OH und haben dann einen sehr starken Einfluss auf die Ozonbildung sowie auf die Bildung von Partikeln und deren Wachstum.

Zusammenfassend ergibt sich eine zunehmende Bedeutung der VOC in Bezug auf die (bereits stattfindende) Klimaerwärmung: Steigende Temperaturen lassen in den gemäßigten nördlichen Breiten zunehmende biogene VOC-Emissionen erwarten. Auch bei den anthropogenen VOC sind steigende Emissionen - insbesondere bei den Verdampfungsfreisetzen - zu erwarten. Damit könnte mehr Ozon gebildet und weniger Methan abgebaut werden und über beide Treibhausgase eine positive Rückkopplung auf die Temperatur erfolgen. Weiterhin könnten erhöhte Terpenemissionen das Aerosolwachstum beschleunigen und die Strahlungsverteilung und Niederschlagsbildung der Atmosphäre verändern. Die VOC-Messungen am Hohenpeißenberg im Rahmen des GAW-Programms tragen zu einem besseren Verständnis dieser Zusammenhänge bei und dienen zur Überwachung und Früherkennung entsprechender klimarelevanter Entwicklungen.

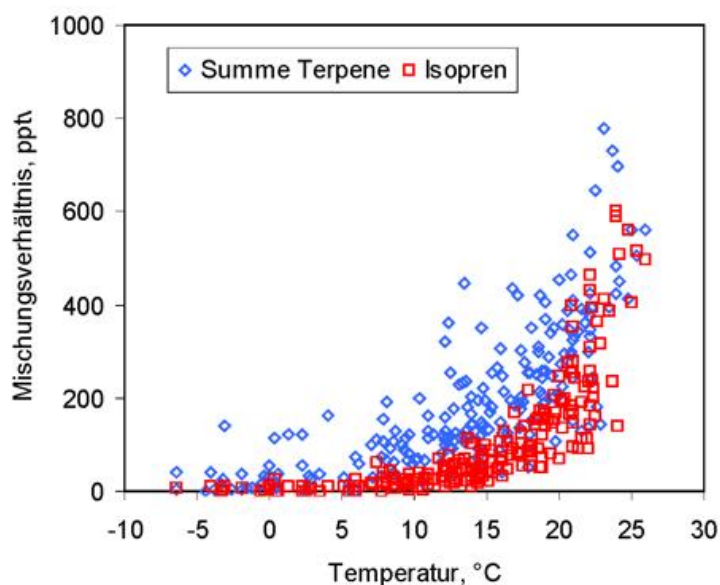


Abb. 2: Mischungsverhältnisse von Isopren und der Summe der Monoterpene als Funktion der Temperatur (mittägliche Messungen vom Hohenpeißenberg im Jahr 2000).