

Biogenes Isopren und sein Einfluss auf die sommerliche Ozonbelastung in urbanen Räumen am Beispiel der Stadt Essen

Patrick Wagner*, Wilhelm Kuttler
*E-Mail: patrick.wagner@uni-due.de

Einleitung

Isopren (C_5H_8) stellt als biogener flüchtiger Kohlenwasserstoff (Biogenic Volatile Organic Compound, BVOC) einen wichtigen Ozonvorläufer dar. Isopren wird in großen Mengen von der Vegetation, vor allem von einigen Laubbäumen, abgegeben (z.B. Guenther et al., 2006). Aufgrund seiner hohen Reaktivität kann Isopren auch in geringen Konzentrationen für die Luftchemie sehr bedeutsam sein. Obwohl die Vegetationsdichte in Städten deutlich geringer als im ländlichen Raum ist, können durch die unnatürliche Vegetationszusammensetzung auch in urbanen Räumen zahlreiche Isopren emittierende Bäume stehen, da typische Isoprenemitter wie Roteiche (*Quercus rubra*), Stieleiche (*Quercus robur*), Platane (*Platanus acerifolia*), Robinie (*Robinia pseudoacacia*) und Schwarz-Pappel (*Populus nigra*) beliebte Stadtbäume sind. Daher wird vermutet, dass Isopren auch in urbanen Gebieten einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag zur Ozonchemie leisten kann (z. B. Chameides et al., 1988; Taha, 1996; Benjamin & Winer, 1998). Da die Freisetzung von biogenem Isopren in hohem Maße von der Blatttemperatur und der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) abhängig ist, treten die höchsten Isoprenemissionsraten im Gegensatz zu Emissionen anthropogener Ozonvorläufer während heißer Sommertage zur Mittags- und Nachmittagszeit auf, wenn die Bedingungen für die Ozonbildung am besten sind.



Abb. 1: Messung meteorologischer Größen und Spurenstoffkonzentrationen mit dem mobilen Messlabor, Standort: Savignystraße, Essen-Holsterhausen (oberster Standort in Tab. 2).

Messmethode

Die Konzentrationen von Isopren, Benzol und Toluol wurden mit Hilfe von zwei Gaschromatographen (GC5000 von AMA Instruments, GC955 von Synspec b.v.) in ausgewählten Zeiträumen und an unterschiedlichen Orten im Stadtgebiet von Essen gemessen. Beide Gaschromatographen arbeiten mit einer Anreicherungsstufe (Adsorbentien: Carbotrap B und Carbo-pack X beim GC5000 bzw. Tenax GR beim GC955) und einem Photoionisationsdetektor. Die Konzentrationen wurden in halbstündlichen Zyklen gemessen, wobei die Dauer der Probenahme etwa 10 min betrug.

Tab. 1: Korrelationskoeffizienten für die frühen Nachmittagsstunden (12-15 MEZ) für eine Messung auf dem Dach eines Universitätsgebäudes (34 m ü. Gr.) im Stadtzentrum von Essen (23.7.-24.8.2012).

	Isopren	Benzol	Toluol
Globalstrahlung	0,20	-0,42	-0,29
Lufttemperatur	0,74	-0,03	0,02
Bodennahe thermische Schichtung, t(2 m) - t(10 m)	0,07	-0,39	-0,36
Windgeschwindigkeit	-0,02	-0,27	-0,10

Ergebnisse

a) Abhängigkeiten der VOC-Konzentrationen

Da die Isoprenemissionsrate exponentiell von der Blatttemperatur abhängt, ist auch eine starke Erhöhung der Konzentration bei Zunahme der Lufttemperatur zu erkennen (Abb. 2). Nachts fällt die Isoprenkonzentration auf Werte unterhalb der Nachweisgrenze (0,02 ppb) ab, da in der Dunkelheit kein Isopren emittiert wird. Die anthropogenen VOCs, Benzol und Toluol, zeigen diese Abhängigkeiten nicht (Abb. 2). Zur Tageszeit mit den höchsten Ozonkonzentrationen (nachmittags) zeigt sich nur zwischen der Isoprenkonzentration und der Lufttemperatur eine starke Korrelation (Tab. 1).

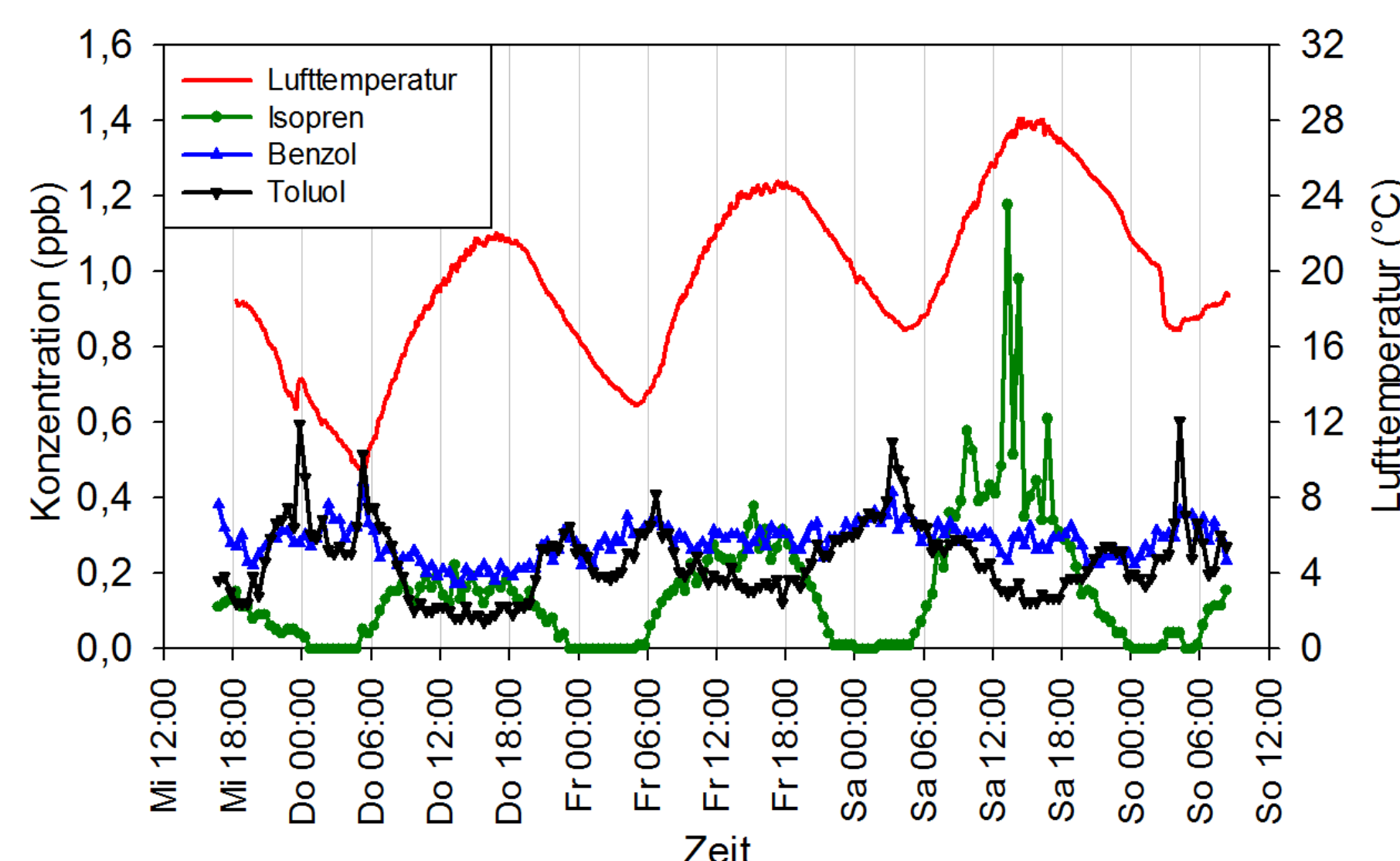


Abb. 2: VOC-Konzentrationen und Lufttemperatur während der Messung im Grugapark (1.-5.6.2011).

b) Relevanz für die Ozonbildung

Um die Bedeutung von Isopren für die Ozonbildung im Vergleich zu AVOCs abzuschätzen, wurde die Propylenäquivalentkonzentration (c_{PE}) berechnet:

$$c_{PE}(VOC) = c(VOC) \cdot n(VOC) \cdot \frac{k_{OH}(VOC)}{k_{OH}(Propylen)}$$

wobei c die Konzentration, n die Anzahl der Kohlenstoffatome und k_{OH} die Geschwindigkeitskonstante für die entsprechende Reaktion des betrachteten VOC mit OH Radikalen ist.

Eine mehrwöchige Messung auf dem Dach eines Universitätsgebäudes in der Innenstadt von Essen zeigt, dass die PE-Konzentration von Isopren vor allem bei hohen Temperaturen diejenigen von Benzol und Toluol deutlich übersteigt (Abb. 3a).

Eintägige Messungen mit dem abteilungseigenen, mobilen Messlabor an ausgewählten Standorten mit möglichst unterschiedlichen Umgebungscharakteristika (Verkehrseinfluss, Vegetationsdichte und -art)

Tab. 2: Mittlere PE-Konzentrationen und mittlere Lufttemperatur in den Nachmittagsstunden (12-18 MEZ) an ausgewählten Tagen und Standorten.

Standort und Datum der Messung	Lufttemp. (°C)	Isopren PE (ppbC)	Benzol PE (ppbC)	Toluol PE (ppbC)
Straßenschlucht mit vielen Isoprenemittern in einem Wohngebiet, 12.7.2011	26,9	30,34	0,14	2,55
Stark befahrene Straße in Innenstadt Nähe, nur wenige Isoprenemitter in der näheren Umgebung, 4.7.2012	27,2	3,07	0,06	0,81
Grugapark (Messung im Stammraum einer Gruppe von Isoprenemittern), 4.6.2011	27,3	10,18	0,08	0,22
Marktplatz in einem Wohngebiet, lediglich drei Isoprenemitter in einer Entfernung von ca. 50 m, 24.7.2012	27,8	4,22	0,03	0,30
Industriegebiet, keine Isoprenemitter im Umkreis von 200 m, 26.7.2012	28,8	2,69	0,04	0,35
Park in Innenstadt Nähe mit zahlreichen Isoprenemittern, allerdings keine Emitter im Umkreis von ca. 50 m, 25.7.2012	29,7	7,10	0,03	0,21
Parkplatz mit vielen Isoprenemittern am Campus Essen, 27.6.2011	31,4	36,87	0,09	0,94

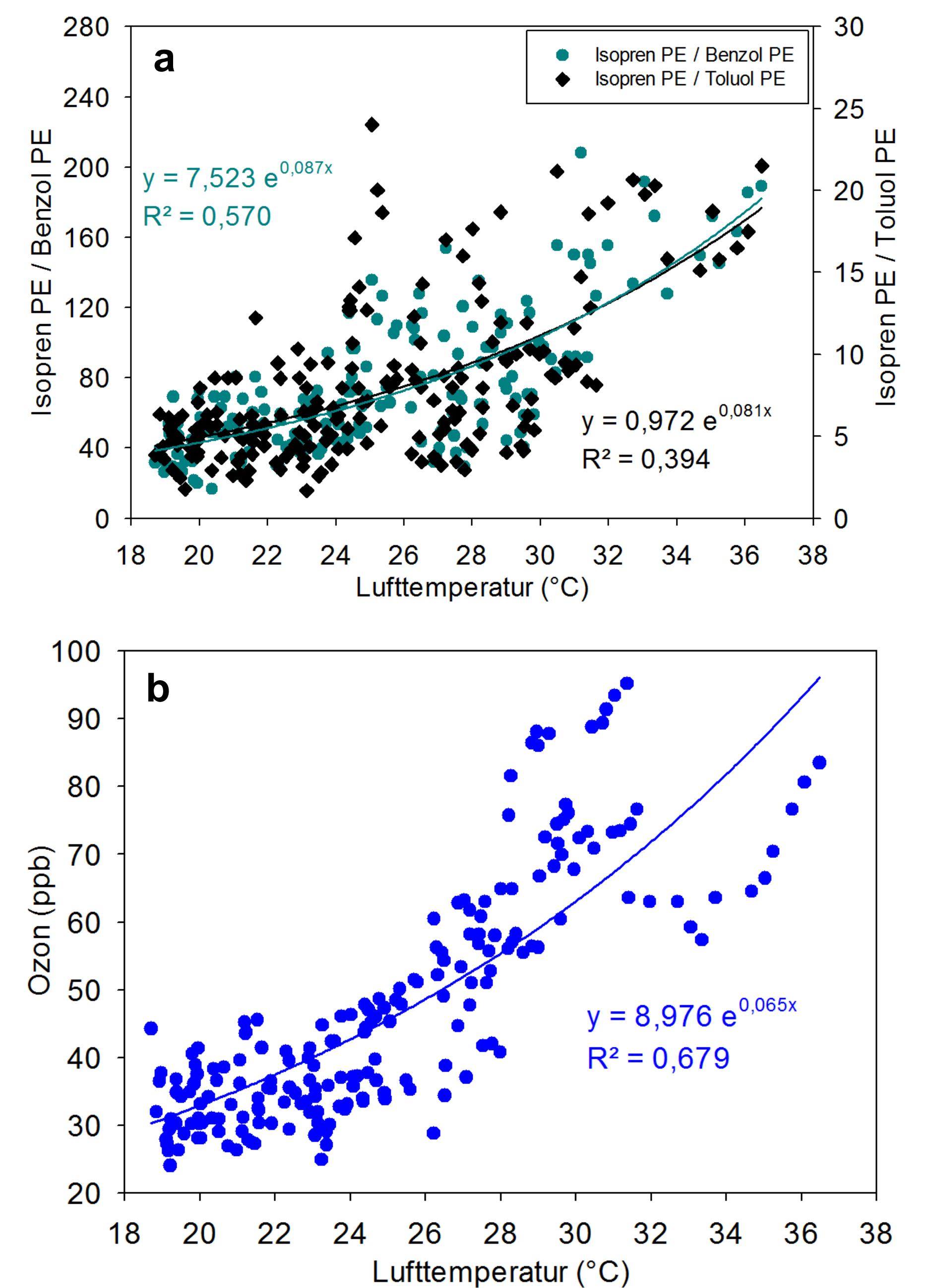


Abb. 3: Verhältnisse der PE-Konzentrationen (a) und Ozonkonzentration (b) in Abhängigkeit von der Lufttemperatur für die frühen Nachmittagsstunden (12-15 MEZ) für eine Messung auf dem Dach eines Universitätsgebäudes (34 m ü. Gr.) im Stadtzentrum von Essen (23.7.-24.8.2012).

bestätigen die luftchemische Bedeutung von Isopren an Sommertagen mit hohen Temperaturen für das gesamte Stadtgebiet (Tab. 2).

Schlussfolgerung

Biogenes Isopren stellt nicht nur in ruralen Gebieten, sondern auch in urbanen Räumen an sonnigen Tagen mit hohen Temperaturen im Sommer ein wichtiges Ozonvorläufergas dar. Dieses Ergebnis ist insofern bedeutsam, da diese Tage im Allgemeinen auch mit hohen Ozonkonzentrationen einhergehen (Abb. 3b). Da davon auszugehen ist, dass klimawandelbedingt in Zukunft häufiger stabile Hochdruckwetterlagen im Sommer auftreten, sollte in der Stadtplanung darauf geachtet werden, Baumarten, die kein Isopren emittieren, bei Neuanpflanzungen zu bevorzugen.

References

- Benjamin, M.T., Winer, A.M. (1998): Estimating the ozone-forming potential of urban trees and shrubs. Atmospheric Environment 32 (1), 53-68.
Chameides, W.L., Lindsay, R.W., Richardson, J., Kiang, C.S. (1988): The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. Science 241 (4872), 1473-1475.
Guenther, A., Karl, T., Harley, P., Wiedinmyer, C., Palmer, P.I., Geron, C. (2006): Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature). Atmospheric Chemistry and Physics 6, 3181-3210.
Taha, H. (1996): Modeling impacts of increased urban vegetation on ozone air quality in the south coast air basin. Atmospheric Environment 30 (20), 3423-3430.