

Administration communale de Sanem

Monsieur David HENGEN

Service écologique

B.P. 74

L-4401 BELVAUX

Bestimmung von flüchtigen organischen Substanzen in der Umgebungsluft von Sanem in Zusammenhang mit Geruchsereignissen

Phase 1

Aufgaben- und Zielstellung

Im Winterhalbjahr 2022-2023 wurden Messungen in der Umgebungsluft von Sanem durchgeführt mit dem Ziel chemische Leitsubstanzen im Zusammenhang mit Geruchsereignissen zu ermitteln.

Praktische Vorgehensweise

Methodik

Bei Feststellung eines anhaltenden Geruchsereignisses wurde Umgebungsluft mittels einer Pumpe über eine Sorptionsmatrix geleitet. Zwei verschiedene Medien wurden eingesetzt: (1) Tenax-Röhrchen zur Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC: *volatile organic compounds*) und (2) DNPH-Kartuschen zur gezielten Ermittlung von Aldehyden, insbesondere Formaldehyd.

Probenahme

Die Probenahme wurde von Herrn Romain Borrelbach durchgeführt. Nach entsprechenden Anleitungen zur Bedienung der Luftpumpen und zum Umgang mit dem Probematerial wurde zwischen dem 8. Oktober 2022 und dem 19. März 2023 insgesamt bei fünf Geruchsereignissen beprobt. Die erste Beprobung fand in Soleuvre statt, nahe an den Emissionsquellen, und die vier weiteren unmittelbar am Wohnhaus in Sanem. Formaldehyd wurde an zwei Terminen im März 2023 bestimmt.

Analytik

Die VOC-Analytik erfolgte in Anlehnung an ein bewährtes *Screening*-Verfahren für Innenraumluft durch ein in Umweltanalytik akkreditiertes Labor. Die Standardliste umfasst insgesamt 235 flüchtige organische Verbindungen aus 13 verschiedenen chemischen Stoffgruppen: Alkane (27), Alkene (11), aromatische Kohlenwasserstoffe (23), Ester und Ether (33), Ketone (9), Alkohole (14), Glykol-Verbindungen (34), halogenierte Kohlenwasserstoffe (13), Terpene (19), Siloxane (4), Aldehyde (18), Carbonsäuren (11), polyaromatische Kohlenwasserstoffe (10) und sonstige (9).

Flüchtige organische Substanzen in der Umgebungsluft

Nahe an den Emissionsquellen (8. Oktober 2022)

In der Probe der näheren Umgebung der Emissionsquellen in Soleuvre wurden aus der Liste der 235 flüchtigen organischen Verbindungen insgesamt 37 Substanzen nachgewiesen (**Tabelle 1**). Das chemische Profil ist breit gefächert, da es sich auf 9 der 13 Stoffgruppen verteilt. Lediglich Alkene, Glykol-Verbindungen, halogenierte Kohlenwasserstoffe und polyaromatische Kohlenwasserstoffe wurden nicht quantifiziert.

Drei Stoffgruppen sind stellvertretend für natürliche Inhaltsstoffe des Holzes, insbesondere der Nadelgehölze: Terpene, Aldehyde und Carbonsäuren. Bei anderen Stoffgruppen sind natürliche Komponenten wahrscheinlich oder möglich, aber sowohl chemische Prozesse wie auch Produktionszusätze müssen in Betracht gezogen werden. Eine genaue Einordnung ist nur mit einer näheren Kenntnis der Produktionsprozesse möglich. Dabei sollte den Verbindungen der Kohlenwasserstoffe eine erhöhte Aufmerksamkeit zukommen; Toluol und vor allem Styrol wurden in vergleichsweise hohen Konzentrationen nachgewiesen.

Tabelle 1.

Flüchtige organische Verbindungen in der Umgebungsluft (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) anlässlich von Geruchsereignissen an fünf Terminen im Winterhalbjahr 2022-2023.

Substanz	CAS	Soleuvre	Sanem			
		08.10. 2022	17.10. 2022	01.01. 2023	09.03. 2023	19.03. 2023
<i>Alkane</i>						
Hexan	110-54-3	6,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Heptan	142-82-5	2,1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Oktan	111-65-9	1,4	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Nonan	111-84-2	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Dekan	124-18-5	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Undekan	1120-21-4	1,5	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
2-Methylpentan	107-83-5	9,6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
3-Methylpentan	96-14-0	3,9	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
2-Methylhexan	591-76-4	2,3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
3-Methylhexan	589-34-4	3,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Methylcyclopentan	96-37-7	5,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cyclohexan	110-82-7	5,8	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Methylcyclohexan	108-87-2	2,1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Substanz	CAS	Soleuvre	Sanem			
		08.10. 2022	17.10. 2022	01.01. 2023	09.03. 2023	19.03. 2023
<i>Aromaten</i>						
Toluol	108-88-3	12	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Styrol	100-42-5	67	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
<i>Ester und Ether</i>						
Ethylacetat	141-78-6	14	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
n-Butylacetat	123-86-4	2,4	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Diethylphthalat	84-66-2	4,5	3,2	3,3	< 1,0	< 1,0
<i>Ketone</i>						
Methylethylketon	78-93-3	3,9	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cyclohexanon	108-94-1	1,4	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Acetophenon	98-86-2	1,7	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
<i>Alkohole</i>						
1-Propanol	71-23-8	19	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
2-Propanol	67-63-0	9,1	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
1-Butanol	71-36-3	2,8	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
2-Ethylhexanol	104-76-7	3,1	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
<i>Terpene</i>						
Limonen	138-86-3	1,6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
3-Caren	13466-78-9	1,2	< 1,0	< 1,0	1,0	< 1,0
a-Pinen	80-56-8	5,9	< 1,0	2,8	4,7	2,3
b-Pinen	127-91-3	2,0	< 1,0	< 1,0	1,7	< 1,0
<i>Siloxane</i>						
Hexamethylcyclotrisiloxan	541-05-9	14	7,3	5,0	< 2,0	3,2
<i>Aldehyde</i>						
Pentanal	110-62-3	1,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Hexanal	66-25-1	5,4	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Oktanal	123-13-0	1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Nonanal	124-19-6	2,1	1,0	2,1	< 1,0	< 1,0
Dekanal	112-31-2	1,4	< 1,0	2,6	1,0	< 1,0
Benzaldehyd	100-52-7	5,9	1,7	< 1,0	1,5	< 1,0
<i>Carbonsäuren</i>						
Benzoessäure	65-85-0	7,4	4,3	n.b.	n.b.	n.b.

In Sanem (4 Termine)

An der Messstelle in Sanem wurden anlässlich der vier Beprobungen insgesamt neun VOCs in der Umgebungsluft ermittelt. Dabei wurden b-Pinen und 3-Caren (Terpene) einmal nachgewiesen, Diethylphthalat (Ester) und die Aldehyde Nonanal, Dekanal und Benzaldehyd zweimal, a-Pinen (Terpen) sowie Hexamethylcyclotrisiloxan (Siloxan) in drei der vier Messungen. Benzoessäure wurde in der Probe vom 17. Oktober 2022 nachgewiesen und in den späteren Proben nicht mehr bestimmt.

Alle Substanzen wurden vorher in der ersten Probe quantifiziert; damit ist davon auszugehen, dass es keine Interferenzen mit anderen möglichen Emissionsquellen gab. Die geringere Anzahl der nachgewiesenen Verbindungen, bzw. die geringeren Konzentrationen an der Messstelle in Sanem,

vergleichend zur ersten Probe, sind lediglich auf eine Verdünnung in der Umgebungsluft mit der Distanz zu den Emissionsquellen zurückzuführen.

Bei den Terpenen (a-Pinen, b-Pinen, 3-Caren) und Aldehyden (Nonanal, Dekanal, Benzaldehyd) handelt es sich, wie bereits oben angegeben, um natürliche Inhaltsstoffe des Holzes. Diethylphthalat ist grundsätzlich ein Lösungsmittel, das z.B. in der Kosmetikindustrie Anwendung findet, wird aber ebenfalls sehr umfangreich wegen seiner plastischen Eigenschaften in Kunststoffen, u.a. PVC, eingesetzt. Hexamethylcyclotrisiloxan ist grundsätzlich ein Ausgangsprodukt zur Herstellung von handelsüblichen Silikonem. Für beide Substanzen muss die genaue Herkunft ermittelt werden.

Als Einzelsubstanzen erreicht keine der in der Umgebungsluft in Sanem nachgewiesenen flüchtigen organischen Verbindungen humantoxikologisch bedenkliche Konzentrationen.

Formaldehyd in der Umgebungsluft in Sanem

Formaldehyd wurde an zwei Messterminen ermittelt und auch in messbaren Konzentrationen in der Umgebungsluft in Sanem anlässlich von Geruchseignissen im März 2023 nachgewiesen (**Tabelle 2**). Zusätzlich zu Formaldehyd wurden zwei weitere Aldehyde - Acetaldehyd und Propanal - quantifiziert. Diese Substanzen wurden separat ermittelt, weil sie mit der (allgemeineren) VOC-Analytik nicht erfasst werden können. Insgesamt erhöht sich die Anzahl der in der Umgebungsluft in Sanem nachgewiesenen VOCs demnach auf 12 Substanzen.

Wie bei den anderen Verbindungen auch, erreichen die Konzentrationen der Einzelsubstanzen keine humantoxischen Werte. Auch hier sollte der Frage nach der genauen Herkunft nachgegangen werden.

Tabelle 2.

Aldehyde in der Umgebungsluft (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Sanem anlässlich von zwei Geruchseignissen im März 2023.

Substanz	CAS	09.03. 2023	19.03. 2023
Formaldehyd	50-00-0	7,2	2,6
Acetaldehyd	75-07-0	2,9	< 2,0
Propanal	123-38-6	15	9,4

Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick

Zu vier typischen Geruchseignissen in Sanem wurden flüchtige organische Verbindungen (VOC) in der Umgebungsluft nach einem *Screening*-Verfahren ermittelt. Vorher wurde eine Messung näher an den Emissionsquellen durchgeführt. Zusätzlich wurde Formaldehyd anlässlich von zwei Ereignissen separat gemessen.

Im chemischen Profil wurden insgesamt 37 der 235 gesuchten Substanzen nachgewiesen. Sie gehören neun verschiedenen Stoffgruppen an (Alkane, aromatische Kohlenwasserstoffe, Ester, Ketone, Alkohole, Terpene, Siloxane, Aldehyde, Carbonsäuren), was einer sehr breiten Fächerung entspricht. In einer größeren Entfernung zu den Emissionsquellen wurden neun Verbindungen nachgewiesen:

drei Terpene (a-Pinen, b-Pinen, 3-Caren), drei Aldehyde (Nonanal, Dekanal, Benzaldehyd), Benzoessäure, Diethylphthalat sowie Hexamethylcyclotrisiloxan. Dazu kommen noch drei weitere Aldehyde (Formaldehyd, Acetaldehyd und Propanal), demnach insgesamt 12 Substanzen.

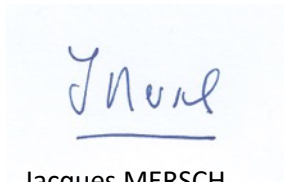
Während die Terpene und die (höheren) Aldehyde natürliche Inhaltsstoffe des Holzes, insbesondere der Nadelgehölze, darstellen, stellt sich die Frage nach der Herkunft der zahlreichen anderen Substanzen, die in der Umgebungsluft nachgewiesen wurden. Diese Ermittlung bedarf zuerst einer genauen Kenntnis der Produktionsprozesse und kann danach durch eine gezielte Literaturrecherche ergänzt werden.

Als Einzelsubstanzen erreichen die nachgewiesenen VOCs keine humantoxikologischen Richt- oder Orientierungswerte, so fern es diese gibt. Jedoch wird aus den Ergebnissen der vorliegenden Messungen ersichtlich, dass jedes Geruchsereignis eine Vielzahl von sehr unterschiedlichen chemischen Substanzen aufweist. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann die Zusammensetzung mit hunderten oder gar tausenden organischen und anorganischen Verbindungen angesetzt werden.

Es ist dieses chemische Gesamtcocktail, das die Geruchsschwelle des empfindlichen menschlichen Geruchssinn überschreitet. Die genaue Zusammensetzung des Gemischs zu ermitteln ist analytisch kaum zu bewältigen, dasselbe gilt für eine Einschätzung des human- und umwelttoxikologischen Risikos. Aufgrund der unbekannten Risikofaktoren besteht die vernünftigste Strategie darin, die akute (hohe Konzentrationen) sowie die chronische (lange Dauer) Exposition so gering wie nur möglich zu halten.

Die daraus resultierende konkrete Maßnahme geht in Richtung einer weitgehenden Reduzierung der Emissionen, wohl wissend, dass die Alternative einer Vermeidung der Exposition an der Umgebungsluft nicht möglich ist. Um die in Aussicht gestellte Verbesserung der lokalen lufthygienischen Verhältnisse präzise zu ermitteln, wäre es ratsam weitere Referenzmessungen durchzuführen.

Luxemburg, den 2. Juni 2023



Jacques MERSCH

Diplômé en Sciences écologiques

Docteur en Toxicologie de l'environnement

Auftraggeber:

Administration communale de Sanem, Service écologique (M. David HENGEN)

Administration communale de Differdange, Service écologique (M. Carlo SCACCHI)