

# *Abschätzung des Einflusses der Biomasseverbrennung für die Luftqualität in der Alzette Tallage Walferdange*

## **Abschlussbericht 2023**

Projektzeitraum: 10/2022 – 09/2023

### ***VERTRAGSPARTNER:***

Administration  
communale de  
Walferdange

### ***AUTOREN:***

Ivonne Trebs  
Céline Lett  
Jürgen Junk

Belvaux, September  
2023

## Inhaltsverzeichnis

1. Kontext.....	3
2. Arbeitsbeschreibung.....	4
3. Ergebnisse .....	6
3.1 Analyse der Lufttemperatur zum Bewerten von Inversionswetterlagen und Heizaktivitäten.....	6
3.2 Niederschlagsverteilung im Untersuchungszeitraum.....	7
3.3 Immissionskonzentrationen von Feinstaub - PM10, PM2.5, PM1.0.....	8
3.3 Anteil der Biomasseverbrennung am Feinstaub PM10.....	10
3.4 Einfluss der Inversionsereignisse auf die Partikelkonzentration und den Biomasseanteil.....	12
4. Zusammenfassung.....	14

## 1. Kontext

Feinstaub bezeichnet primär emittierte und sekundär gebildete Aerosole. Primärer Feinstaub wird unmittelbar an der Quelle freigesetzt, zum Beispiel bei Verbrennungsprozessen. Entstehen die Partikel durch gasförmige Vorläufersubstanzen wie Schwefeloxide, Stickoxide oder Ammoniak, so werden sie als sekundärer Feinstaub bezeichnet. Primärer Feinstaub entsteht durch Emissionen aus Kraftfahrzeugen, Kraft- und Fernheizwerken, Öfen und Heizungen in Wohnhäusern, bei der Metall- und Stahlerzeugung oder auch beim Umschlagen von Schüttgütern. Er kann aber auch natürlichen Ursprungs sein, beispielsweise als Folge von Bodenerosion oder dem sogenannten „sea spray“ (Aerosolpartikel die direkt aus dem Ozean an der Luft-See Grenzfläche gebildet werden). In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die dominierende Staubquelle. Dabei gelangt Feinstaub nicht nur aus Motoren - vorrangig aus Dieselmotoren - in die Luft, sondern auch durch Brems- und Reifenabrieb, sowie durch die Aufwirbelung des Staubes von der Straßenoberfläche. Eine weitere wichtige Quelle ist die Landwirtschaft. Die Emissionen gasförmiger Vorläuferstoffe, insbesondere die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft, tragen zur sekundären Feinstaubbildung bei (Tang et al., 2021<sup>1</sup>).

Dieses Projekt bewertet die Immissionskonzentrationen von PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> sowie PM<sub>1.0</sub> (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner 10, 2,5 und 1 µm) in der Heizperiode 2022/2023 in der Gemeinde Walferdange als Vertreter einer luxemburgischen Ortschaft in Tallage. Bei der ausgewählten Messperiode sowie der damit verbundenen Zeitspanne der Probenahme wurde darauf geachtet, dass eine repräsentative Probenanzahl vor der Heizperiode und einige Proben bei wieder ansteigenden Lufttemperaturen im Frühjahr 2023 bei auslaufender Heizperiode analysiert werden konnten. Ein Fokus dieser Studie ist das in Tallagen verstärkte Auftreten von Inversionswetterlagen mit geringem Frischluftaustausch durch Turbulenz. Weiterhin wird der Anteil der Biomasseverbrennung (z.B. durch Kamine und Öfen) an PM<sub>10</sub> in der Heizperiode 2022/2023 abgeschätzt. Hierzu wird eine chemische Charakterisierung der gesammelten Partikel durchgeführt, die sich u.a. auf den Anhydrozucker Levoglukosan bezieht. Dieser gilt als Marker für die Biomasseverbrennung.

Die am LIST entwickelte Labormethode zur Quantifizierung des Biomasseanteils an bodennahem atmosphärischem Feinstaub wurde bereits in mehreren vorhergehenden Projekten angewendet. Untersuchungen zu Feinstaubbelastungen in besiedelten Tallagen (z.B. der Alzette) und des Anteils der Biomasseverbrennung am Feinstaub sind in Luxemburg besonders relevant, da sich in den Tälern entlang der Flüsse zahlreiche Ortschaften befinden und damit ein bedeutender Anteil der Bevölkerung in Tallagen wohnt und arbeitet. Eine Arbeitshypothese ist, dass dort aufgrund der häufig auftretenden Inversionswetterlagen mit höheren Immissionskonzentrationen zu rechnen ist.

Eine Inversionswetterlage ist eine Wetterlage, die durch eine Umkehr des vertikalen Temperaturgradienten geprägt ist. Die oberen Luftschichten sind hierbei wärmer als die unteren. Durch die Inversion wird die untere Luftschicht von der oberen abgeschirmt, man

---

<sup>1</sup> Tang, Y.S., C.R. Flechard, U. Dammggen, et al., *Pan-European rural monitoring network shows dominance of NH<sub>3</sub> gas and NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> aerosol in inorganic atmospheric pollution load*. Atmospheric Chemistry and Physics, 2021. 21(2): 875-914.

spricht von einer stabilen Schichtung. Dies liegt an der höheren Dichte der kälteren Luftschicht, wodurch die turbulente Vermischung mit der darüber liegenden, wärmeren Luftschicht weitgehend unterdrückt wird. Infolge der Abschirmung kann es vor allem bei Inversionen zu einer Ansammlung von Luftschadstoffen und anderen Beimengungen in der kühleren, unteren Schicht und speziell in Tallagen oder Geländesenken kommen.

Biomasseverbrennung produziert überwiegend feinere Partikel. Eine weitere Arbeitshypothese ist daher, dass sich der Anteil der feineren PM<sub>1.0</sub>-Fraktion am PM<sub>10</sub> in einer Tallage während der Heizperiode erhöht. Aufgrund der zu erwartenden verstärkten Biomasseverbrennung bzw. Holzfeuerung in den Wintermonaten am Untersuchungsstandort sind Schwankungen in der Levoglukosanbelastung zu erwarten.

## 2. Arbeitsbeschreibung

Direkt im Zentrum der Gemeinde Walferdange (Place de la Mairie, Gelände der Messstation des MECDD, Abbildung 1) wurden im Talgrund (232 m üNN) von Anfang Oktober 2022 bis Ende Juni 2023 zwei Low Volume Sampler (PM<sub>10</sub>) der Firma ComdeDerenda abwechselnd betrieben (vgl. Abbildung 2). Die Filter (Pall, Teflon) zum Sammeln des Feinstaubes wurden auf Tagesbasis (24 Stunden) belegt. Die Masse des mit diesen Filtern gesammelten Feinstaubes wurde einer chemischen Analyse der Anhydrozucker, sowie einer gravimetrischen Bestimmung unterzogen. Parallel dazu wurde ein optischer Partikelzähler (GRIMM EDM 264) genutzt. Dieses Gerät liefert kontinuierliche Massenkonzentrationen der PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und PM<sub>1.0</sub>-Fraktion und wurde so betrieben, dass Halbstundenmittelwerte für die drei Feinstaubfraktionen, sowie für die Lufttemperatur und die Luftfeuchte ermittelt wurden.

Atmosphärische Aerosole bestehen aus einer komplexen Mischung von anorganischen und organischen Verbindungen, wobei die wasserlöslichen organischen Verbindungen den größten Anteil ausmachen. Innerhalb dieser Verbindungen treten die Anhydromonosaccharide Levoglukosan (1,6-Anhydro-beta-D-Glucopyranose) und in geringerem Maße die Stereoisomere Mannosan (1,6-Anhydro-beta-D-Mannopyranose) und Galaktosan (1,6-Anhydro-beta-DGalactose) als thermische Abbauprodukte von in Biomasse enthaltenen strukturellen Polysacchariden auf. Während Levoglukosan bei der Pyrolyse von Cellulose, dem Hauptbestandteil von Holz entsteht, resultieren Mannosan und Galaktosan aus der pyrolytischen Zersetzung von Hemicellulose. Diese ist verstärkt in nichtholzigen Pflanzen vertreten. Das Verhältnis der Anhydrozucker zueinander ermöglicht demnach eine Aussage bezüglich der Art der verbrannten Biomasse. Steigt das Levoglukosan / Mannosan Verhältnis an, ist dies ein Hinweis auf einen höheren Anteil an verbrannten Harthölzern. Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen dagegen keine Anhydrozucker. Levoglukosan erfüllt somit alle Anforderungen eines Markers zur Identifizierung von Biomasseverbrennungsquellen (Fuller et al., 2014<sup>2</sup>). Es ist in ausreichend hohen Konzentrationen in Aerosolen vorhanden, hochspezifisch bezüglich seiner Emissionsquellen und relativ stabil in der Atmosphäre. Anhydromonosaccharide wie Levoglukosan, Mannosan und Galaktosan

---

<sup>2</sup> Fuller G. W., Tremper A. H., Baker T. D., Yttri K., Butterfield D. *Contribution of wood burning to PM<sub>10</sub> in London*, 2014. *Atmospheric Environment*, Volume 87, 87-94.

können auch als allgemeine Marker für Biomasseverbrennung angesehen werden, da für sie keine anderen bedeutenden Quellen bekannt sind.



**Abbildung 1:** Lage der Messstation im Zentrum von Walferdange (Place de la Mairie, roter Stern).



**Abbildung 2:** Aufbau der Messgeräte am Messstandort Place de la Mairie: zwei Low Volume Sampler (PM10) der Firma ComdeDerenda (rechts) und ein optischer Partikelzähler (GRIMM EDM 264) (links).

Alle Filter wurden im chemischen Labor des LIST nasschemisch aufgeschlossen und mit einer bereits etablierten Methode zur Levoglukosanbestimmung (und der beiden Isomere Mannosan, Galaktosan) analysiert (Liquid-Chromatographie Massenspektrometrie/ Massenspektrometrie (LC-MS/MS)). Aus diesen Konzentrationen wurde der Anteil der

Biomasse berechnet. Zusätzlich wurde über die Verhältnisse der analysierten Zucker untereinander auf die Art der Biomasseverbrennung (Hartholz, Weichholz) geschlossen.

Wir verwenden den Umwandlungsfaktor von 10 (Schmidl et al. 2008), um die Levoglucosankonzentrationen in die Anteile der Biomasse an der entsprechenden Feinstaubkonzentration mit folgender Formel zu berechnen:

$$PM_{\text{Biomass}} = \text{Konz. PM Levoglucosan} \times F \quad (F = 10, \text{ Schmidl et al., 2008}^3).$$

Die im GRIMM EDM 264 integrierte meteorologische Station erlaubt über den Vergleich der Lufttemperaturdaten mit der höher gelegenen ASTA Station Mamer (315 m üNN) auf dem Luxemburger Sandsteinplateau die Bewertung der Häufigkeit von Inversionswetterlagen. Die Analyse der meteorologischen Zeitreihen erlaubt Aussagen über die Häufigkeit der Inversionswetterlagen in Walferdange und liefert in Kombination mit den Schadstoffbelastungen Informationen über die gesundheitliche Belastung der Wohnbevölkerung. Des Weiteren dient diese Information zur Unterscheidung zwischen lokalen und übergeordneten Quellen der Feinstaubbelastung.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Analyse der Lufttemperatur zum Bewerten von Inversionswetterlagen und Heizaktivitäten

Die Lufttemperatur und die Luftfeuchte wurden von Anfang Oktober 2022 bis Mitte Juni 2023 von der im GRIMM EDM 264 integrierten meteorologischen Station erfasst und regelmäßig ausgelesen. Die Messungen wurden mit der ca. 83 Höhenmetern darüber liegenden Station Mamer der Ackerbauverwaltung verglichen, um mögliche Temperaturinversionen im Tal der Alzette zu identifizieren. Zur Beurteilung, ob eine lokale Temperaturinversion vorliegt, wurde die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Stationen ermittelt. Das Kriterium für die Beurteilung des Vorhandenseins einer Inversionswetterlage lautet wie folgt:

$$T_{\text{Stunden\_Walferdange}} < T_{\text{Stunden\_Mamer}} \text{ für mindestens 4 Stunden}$$

Anhand dieses Kriteriums einer höheren Lufttemperatur in Mamer als an der 83 m tiefer gelegenen Station in Walferdange für mindestens vier aufeinanderfolgende Stunden konnten im Untersuchungszeitraum von insgesamt 262 Tagen nur 17 Tage mit Temperaturinversionen identifiziert werden. Der Einfluss der Inversionsereignisse auf die Partikelkonzentration, sowie den Biomasseanteil wird in den Kapiteln 3.3 und 3.4 beschrieben.

Die mittlere Lufttemperatur in den Wintermonaten (Dez. 2022 - Feb. 2023) des Untersuchungszeitraumes lag an der Messstation in Walferdange bei 4,9°C (Minimum -9,8°C und Maximum 16,6°C). In keinem Wintermonat lag das Monatsmittel der Lufttemperatur unter null Grad Celsius. Damit kann dieser Winter im Vergleich zu den letzten 10 Jahren als mild eingestuft werden.

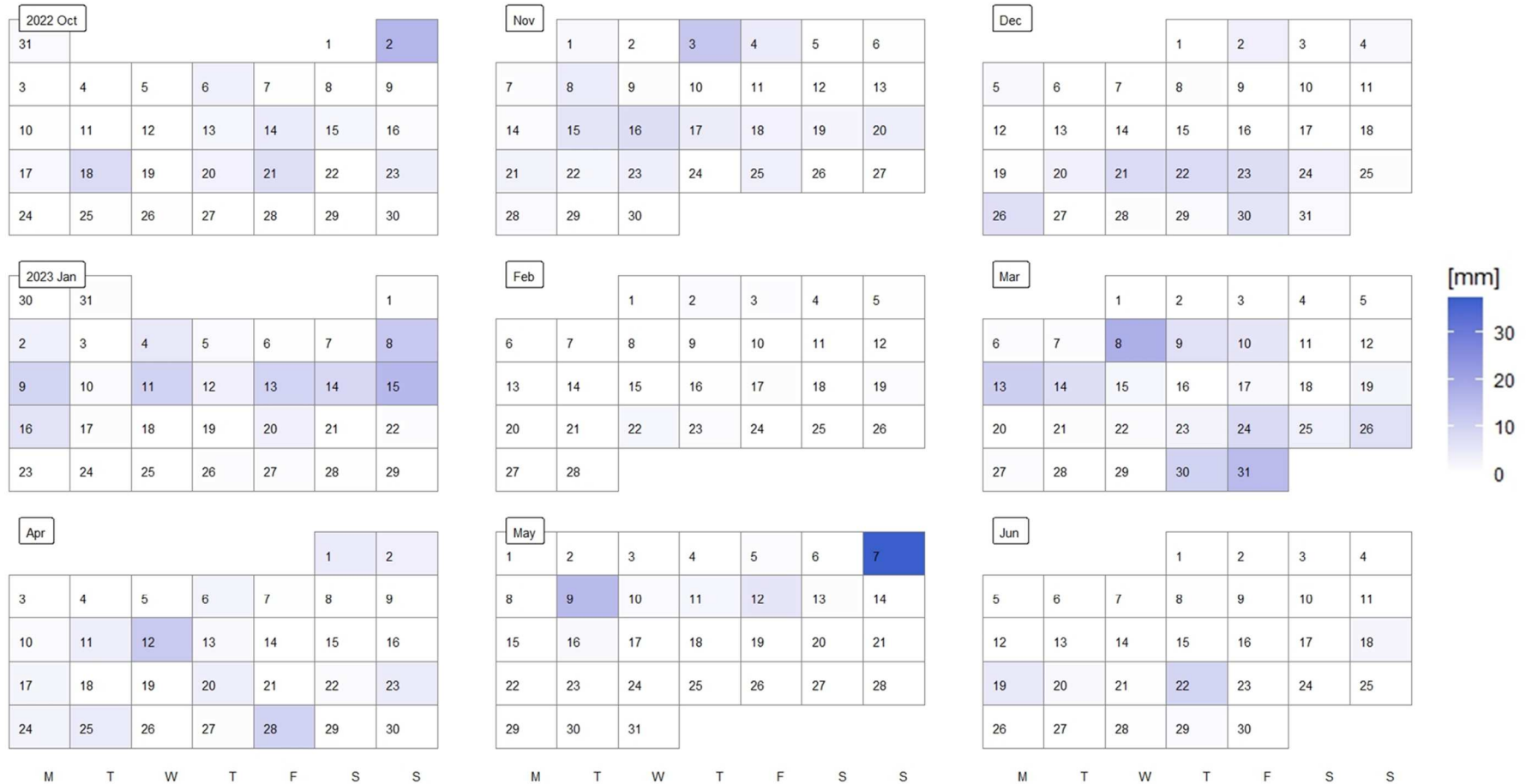
---

<sup>3</sup> Schmidl C., Marr I.L., Caseiro A., Kotianova P., Berner A., Bauer H., Kasper-Giebl A., Puxbaum H. *Chemical characterisation of fine particle emissions from wood stove combustion of common woods growing in mid-European Alpine regions*, 2008. Atmospheric Environment 42, 126-141.



### 3.2 Niederschlagsverteilung im Untersuchungszeitraum

Abbildung 3 zeigt, dass Februar, Mai und Juni am niederschlagsärmsten und November, Dezember, Januar und März am niederschlagsreichsten waren. Der Wintermonat Februar 2023 war außergewöhnlich trocken, da so gut wie kein Niederschlag gefallen ist. Daher war in diesem Monat die Auswaschung von Feinstaub aus der Atmosphäre vernachlässigbar. Im Vergleich zu den letzten 10 Jahren war die Niederschlagssumme im Winter 2022/23 gering.

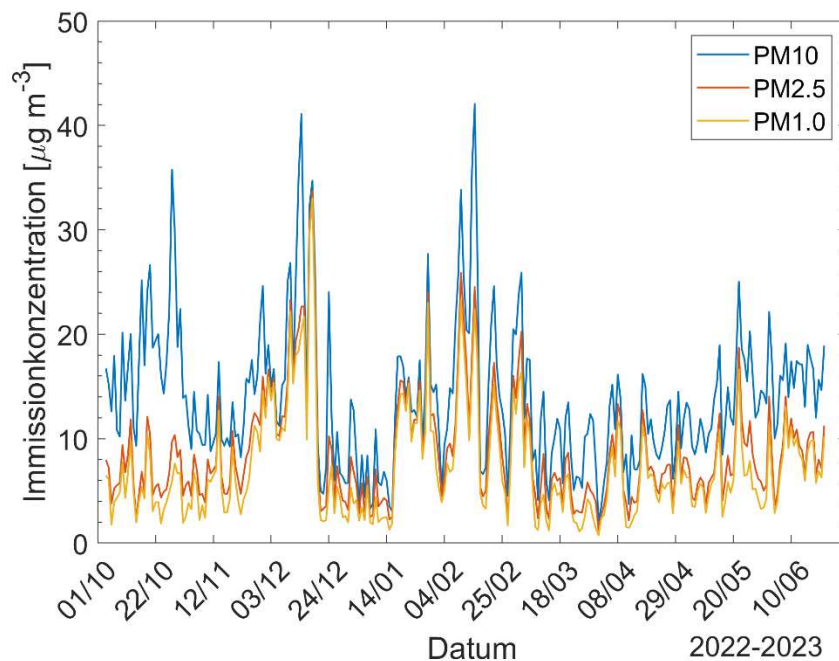


**Abbildung 3:** Tagessummen des Niederschlages an der Wetterstation Walferdange (Administration de la gestion de l'eau).

### 3.3 Immissionskonzentrationen von Feinstaub - PM10, PM2.5, PM1.0

Abbildung 4 zeigt die Tagesmittelwerte der Immissionskonzentrationen von PM10, PM2.5 und PM1.0 im Zentrum von Walferdange in der neunmonatigen Messperiode. Die Feinstaubimmissionskonzentrationen sind insgesamt als gering einzustufen (vgl. Tabelle 1). Es kommt in dem dreivierteljährlichen Untersuchungszeitraum zu keinem Überschreitungstag für PM10, an denen der Tagesmittelwert von  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  überschritten wird (maximal 35 Überschreitungen pro Jahr sind erlaubt). In Abbildung 4 wird außerdem deutlich, dass im ersten und zweiten Dezember-Drittel 2022 sowie im Februar 2023 die höchsten Immissionskonzentrationen in allen drei Fraktionen gemessen wurden.

Die durchschnittliche Feinstaubimmissionskonzentration der verschiedenen Fraktionen während der gesamten Messkampagne, sowie während Tagen mit Inversionsereignissen sind in Tabelle 1 dargestellt. Tage mit Inversion weisen wie erwartet höhere Werte auf, da sich der Feinstaub unter diesen Bedingungen in der Tallage vermehrt ansammeln kann. Diese Erhöhung war für die PM10-Fraktion am ausgeprägtesten.



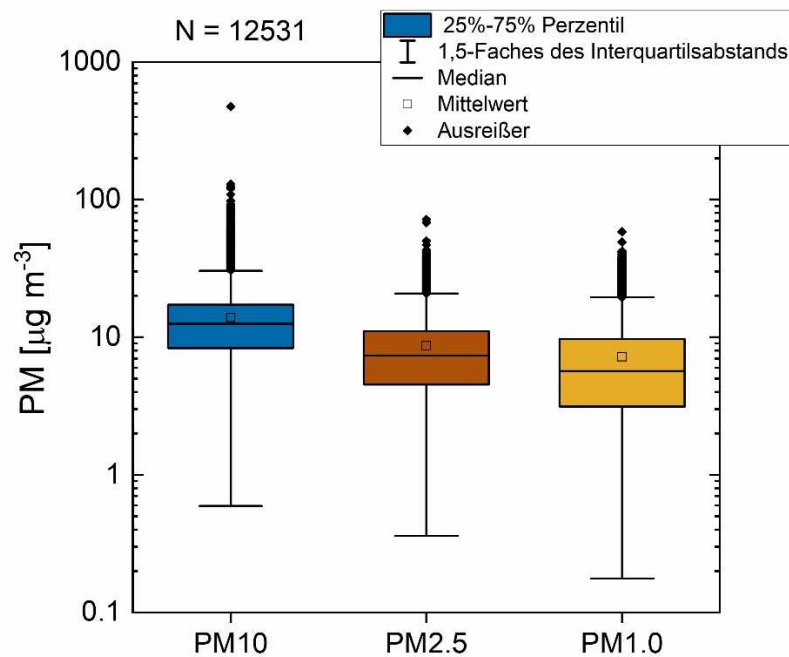
**Abbildung 4:** Tagesmittelwerte der Immissionskonzentrationen von PM10, PM2.5 und PM1.0 im Zentrum von Walferdange, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023, Tagesgrenzwert =  $50 \mu\text{g m}^{-3}$ .

**Tabelle 1:** Mittlere Feinstaubkonzentrationen der verschiedenen Fraktionen während der gesamten Messkampagne, sowie während Tagen mit Inversionsereignissen (4h = vier aufeinanderfolgende Stunden mit geringeren Lufttemperaturen in Walferdange).

	Gesamt [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]	Inversion [ $\mu\text{g m}^{-3}$ ]
PM10	13,9	18,7
PM2.5	8,7	10,6
PM1.0	7,2	9,3

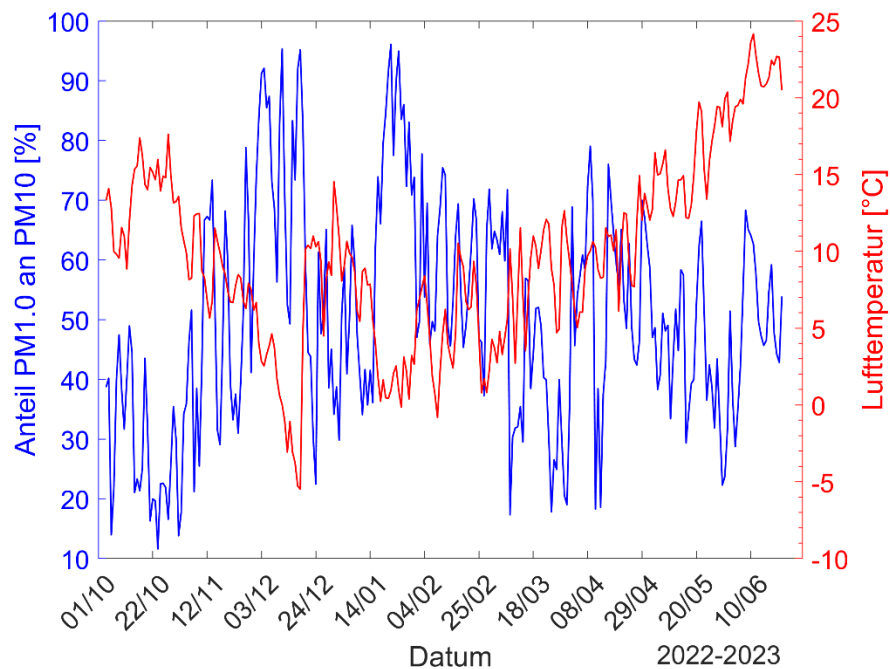


Abbildung 5 zeigt anhand der Boxplots der Halbstundenwerte der Immissionskonzentrationen den Schwankungsbereich der Werte. Es wurden in der PM10 Fraktion Halbstundenwerte von über  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  registriert, die Mediane von  $12,5 \mu\text{g m}^{-3}$  für PM10,  $7,4 \mu\text{g m}^{-3}$  für PM2.5 und  $5,7 \mu\text{g m}^{-3}$  sind allerdings sehr gering.



**Abbildung 5:** Boxplots der Halbstundenwerte der Immissionskonzentrationen von PM10, PM2.5 und PM1.0 an der Station Walferdange, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023.

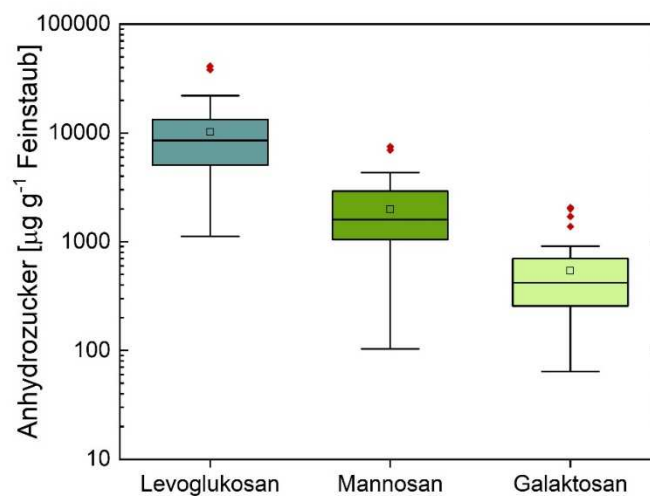
Abbildung 6 illustriert den zeitlichen Verlauf des Anteils von PM1.0 am gesamten PM10 angegeben in Prozent zusammen mit der gemessenen Lufttemperatur. Mit dem Beginn der Heizperiode im November 2022 erhöht sich der Anteil von PM1.0 am gesamten Feinstaub, was auf eine Zunahme der Heizaktivitäten auch durch verbrannte Biomasse zurückzuführen ist. Bei den tiefsten Lufttemperaturen Mitte Dezember und Ende Januar ist der Anteil von PM1.0 maximal und erreicht Werte über 90 %. Die hohen Lufttemperaturen Ende Dezember und Anfang Januar verursachten einen Rückgang der Heizaktivitäten und damit einen niedrigeren Anteil von PM1.0 am gesamten Feinstaub (50-60 %). Trotz des kontinuierlichen Anstieges der Lufttemperatur ab März 2023 blieb der Anteil von PM1.0 am gesamten Feinstaub im Mittel bei 50 %.



**Abbildung 6:** Verhältnis von PM1.0 zu PM10 an der Station Walferdange zusammen mit der gemessenen Lufttemperatur, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023.

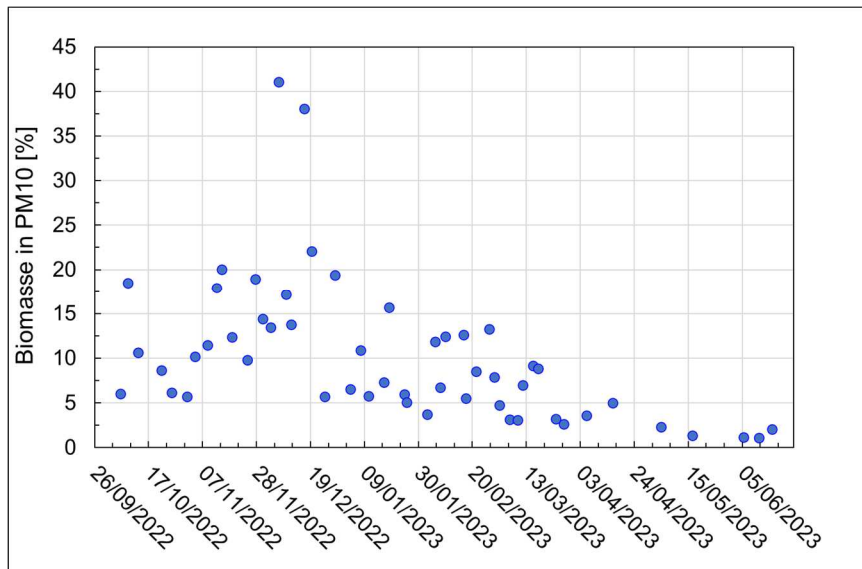
### 3.3 Anteil der Biomasseverbrennung am Feinstaub PM10

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Filter sind in Abbildung 7 dargestellt. Diese verdeutlicht, dass die Konzentration von Levoglukosan in PM10 wesentlich höher (~ Faktor 10) als von Mannosan und Galaktosan ist. Es gibt keinen signifikanten Unterschied in den Verhältnissen dieser Konzentrationen im Zeitverlauf. Die niedrigen Werte wurden zu Beginn des Sommers gemessen.



**Abbildung 7:** Boxplots der gemessenen Anhydrozuckerkonzentrationen im gesammelten Feinstaub an der Station Walferdange, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023.

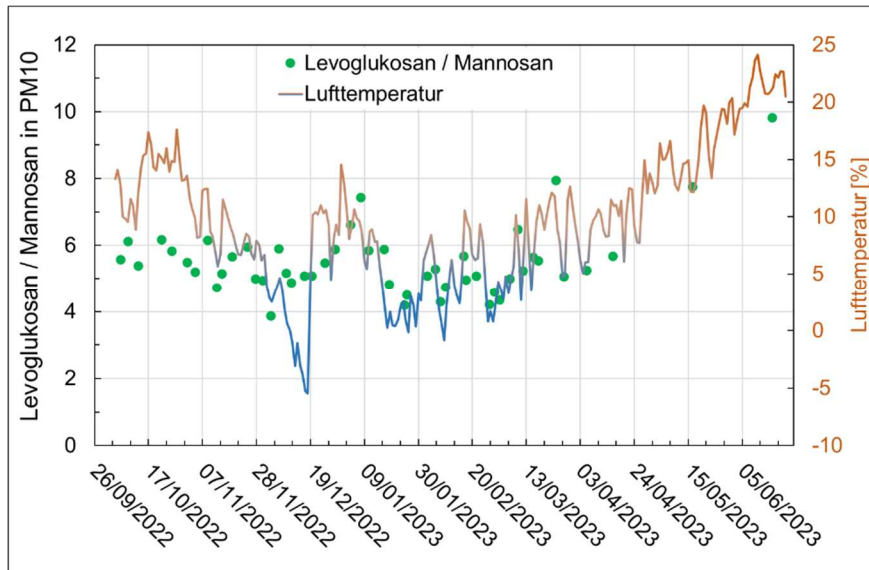
Die Levoglukosankonzentration wurde mit dem Umwandlungsfaktor von 10 in den Anteil der Biomasse an PM<sub>10</sub> umgewandelt (siehe Kapitel 2). In Walferdange liegt der Prozentsatz der Biomasseverbrennung zwischen 1 % und 41 % (Abbildung 8). Im Winter wurden höhere Biomasseanteile gemessen und die Maximalwerte traten in der kältesten Periode Mitte Dezember auf. Zu Sommerbeginn sinkt der Anteil der Biomasseverbrennungsprodukte im Feinstaub auf 2 % des gesamten PM<sub>10</sub>. Der Mittelwert des Anteils der Biomasse am PM<sub>10</sub> beträgt 10 % im Untersuchungszeitraum.



**Abbildung 8:** Anteil der Biomasse in Prozent an der Masse des PM<sub>10</sub> Feinstaubes an der Station Walferdange, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023

Die Abbildung 9 zeigt das Levoglukosan / Mannosan (L/M)-Verhältnis für PM<sub>10</sub>. Dieses Verhältnis kann zur Identifizierung der Art der verbrannten Biomasse herangezogen werden. Die relativen Anteile von Levoglukosan zu Mannosan (L/M) wurden zur Quellenrekonstruktion von Verbrennungsmaterial in atmosphärischen Aerosolen verwendet. Unterschiede im L/M-Verhältnis in den Abgasen aus der Verbrennung von Weichholz und Hartholz (ca. 5 bzw. ca. 10–20) ermöglichen eine Unterscheidung zwischen Einträgen aus diesen beiden Verbrennungsquellen in die bodennahe Umgebungsluft (Louchouart et al., 2009<sup>4</sup>). Die L/M-Verhältnisse für unsere Probenahmestelle in Walferdange lagen zwischen 3,8 und 9,8 (Abbildung 9). Die Probenahmeergebnisse zeigen generell niedrigere Werte im Winter, mit Ausnahme von Ende Dezember als es einen Anstieg der Lufttemperaturen gab. Außerdem gibt es einen Zusammenhang des L/M Verhältnisses mit der Lufttemperatur (Abbildung 9). Im Frühjahr und Sommerbeginn wurden höhere L/M Verhältnisse festgestellt. So ist im Winter das Signal von Nadelholz deutlich ausgeprägt, während in der warmen Periode Ende Dezember und zu Sommerbeginn die Verbrennung von Hartholz als Quelle für PM<sub>10</sub> überwiegt. Im Durchschnitt sind die L/M-Verhältnisse eher niedrig, was auf eine generelle Dominanz der verbrannten Weichholzbiomasse hinweist.

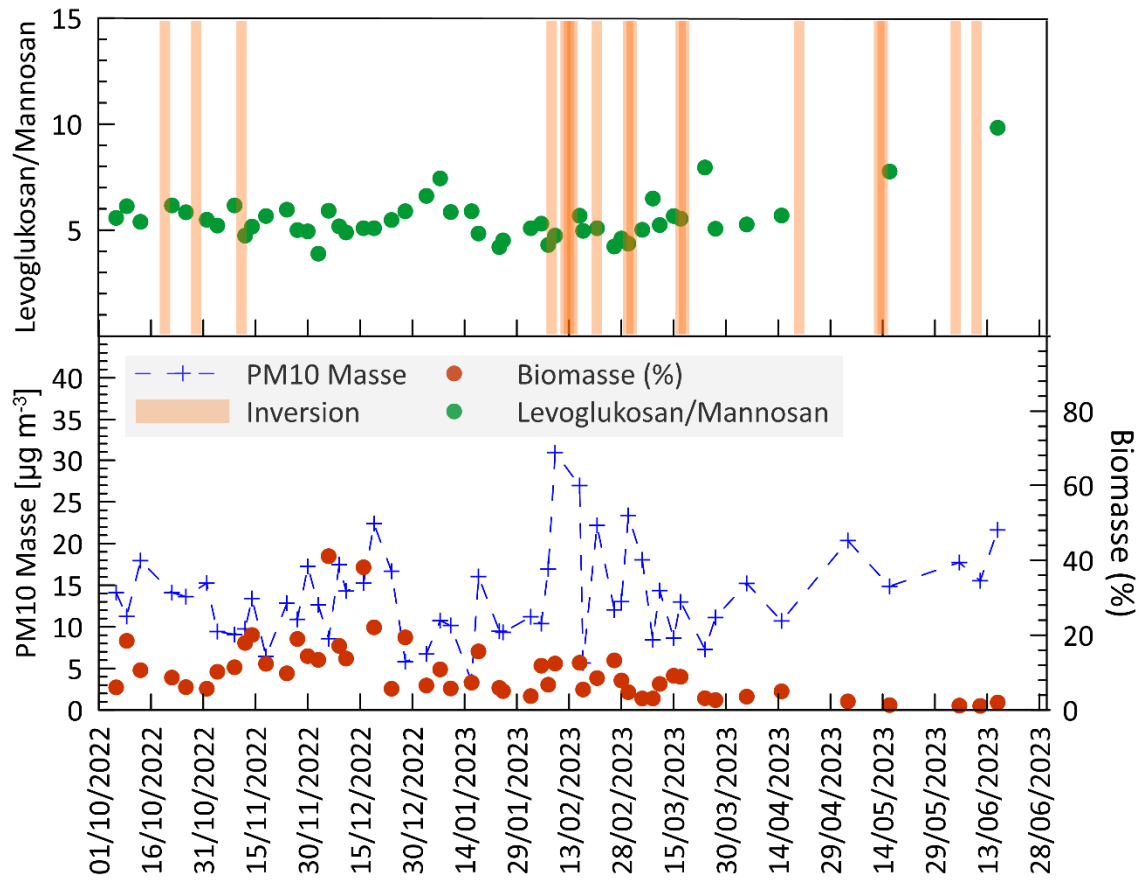
<sup>4</sup> Louchouart, P., Kuo, L., Wade, T.L. and Schantz, M. *Determination of levoglucosan and its isomers in size fractions of aerosol standard reference materials*, 2009. Atmospheric Environment 43, 5630-5636.



**Abbildung 9:** Bewertung des Levoglucosan / Mannosan-Verhältnisses zur Identifizierung der Art der verbrannten Biomasse an der Station Walferdange, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023.

### 3.4 Einfluss der Inversionsereignisse auf die Partikelkonzentration und den Biomasseanteil

Abbildung 10 zeigt den zeitlichen Verlauf des Levoglucosan/Mannosan Verhältnisses, der PM10 Massenkonzentration, sowie des Anteils der Biomasseverbrennungsrückstände am PM10. Abbildung 10 lässt erkennen, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Anteil der Biomasseverbrennungsrückstände zu Zeiten von Inversionswetterlagen gibt. Die meisten Inversionen traten im trockenen Monat Februar auf und diese Tage fallen mit den höchsten PM10 Konzentrationen zusammen (Abbildung 10). Es zeigt sich aber andererseits, dass die Tage mit den höchsten PM10 Massenkonzentrationen nicht unbedingt einen höheren Anteil an Biomasseverbrennungsrückständen beinhaltet. Die zu diesem Zeitpunkt aktiven PM10-Quellen stammen demnach nicht dominant aus der Verbrennung von Biomasse, was mit den höheren Lufttemperaturen begründet werden kann (Abbildungen 6 und 9). Die L/M-Verhältnisse sind an Tagen mit Inversion nicht erhöht, so dass ausgeschlossen werden kann, dass ein höherer Anteil verbrannter Harthölzer wie Eiche oder Buche aus lokalen Verbrennungen zur Belastung beigetragen hat.



**Abbildung 10:** Zeitlicher Verlauf des Levoglukosan/Mannosan Verhältnisses, der PM10 Massenkonzentration, des Anteils der Biomasseverbrennungsrückstände am PM10 sowie zeitliche Verortung der Tage mit Inversion an der Station Walferdange, Zeitraum 04.10.2022 bis 22.06.2023.

## 4. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes erfolgte eine Probenahme von Feinstaub direkt im Zentrum der Gemeinde Walferdange (Place de la Mairie, Messstation der Administration de l'environnement, Tallage Alzette) von Anfang Oktober 2022 bis Ende Juni 2023. Der mit Filtern gesammelte Feinstaub wurde einer chemischen Analyse der Anhydrozucker Levoglukosan, Mannosan und Galaktosan unterzogen. Diese sind nützliche chemische Marker für die Beurteilung der Verbrennung von Biomasse. Parallel dazu wurde ein optischer Partikelzähler (GRIMM EDM 264) betrieben, welcher kontinuierliche Massenkonzentrationen von PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und PM<sub>1.0</sub> liefert.

Im zeitlichen Verlauf des Verhältnisses von PM<sub>1.0</sub> zu PM<sub>10</sub> ist eine Veränderung in der Zusammensetzung des Feinstaubes erkennbar. Diese ist auf das Einsetzen der Heizperiode und damit auch auf die Verbrennung von Biomasse zurückzuführen. Mit dem Abfall der Lufttemperaturen steigt der Anteil von PM<sub>1.0</sub> am Gesamtstaub zeitweise bis auf über 90 % an. Im Winter stammen im Mittel 13 % des oberflächennahen atmosphärischen PM<sub>10</sub> aus der Verbrennung von Biomasse, im Frühjahr und zum Sommeranfang nur etwa 4 %. Es zeigt sich, dass es keinen klaren Zusammenhang zwischen dem Anteil der Biomasseverbrennungsprodukte und der Masse des Feinstaubes für PM<sub>10</sub> gibt. Der Anteil an Biomasseverbrennungsrückständen ist in erster Linie auf den verstärkten Gebrauch von Holzöfen/Pelletheizungen in der Gemeinde Walferdange zurückzuführen. Insgesamt liegen die in Walferdange gemessenen Konzentrationen von Partikeln aus Biomasseverbrennung im gleichen Bereich wie z.B. in Flandern an ländlichen und städtischen Hintergrundstationen (Maenhaut et al. 2012<sup>5</sup>). Das Levoglukosan/Mannosan-Verhältnis gibt die Art der verbrannten Biomasse an und es lag in Walferdange zwischen 3,8 und 9,8. Die Probenahmeergebnisse zeigen einen Zusammenhang des L/M Verhältnisses mit der Lufttemperatur. In der kalten Jahreszeit dominieren weiche Hölzer (z.B. Kiefer, Fichte, Hemlocktanne), in der warmen Jahreszeit nimmt das Signal härterer Holzarten (Eiche, Buche) zu.

Anhand des Kriteriums einer höheren Lufttemperatur in Mamer als an der 83 m tiefer gelegenen Station in Walferdange für mindestens vier aufeinanderfolgende Stunden konnten im Untersuchungszeitraum von insgesamt 262 Tagen nur 17 Tage mit Temperaturinversionen identifiziert werden. Die Konzentration von PM<sub>10</sub> während Inversionswetterlagen zeigten im trockenen Februar 2023 die höchsten Werte, jedoch einen geringeren Anteil an Biomasseverbrennungsrückständen. Die zu diesem Zeitpunkt aktiven PM<sub>10</sub>-Quellen stammen demnach nicht dominant aus der Verbrennung von Biomasse.

Unsere Ergebnisse der Feinstaubimmissionskonzentrationen zeigen im Untersuchungszeitraum geringe Werte und es ist mit einer hohen Wahrscheinlichkeit keine Überschreitung der Grenzwerte in der Tallage Walferdange zu erwarten.

---

<sup>5</sup> Maenhaut Willy, Reinhilde Vermeylen, Magda Claeys, Jordy Vercauteren, Christina Matheeussen, Edward Roekens, *Assessment of the contribution from wood burning to the PM<sub>10</sub> aerosol in Flanders, Belgium*, 2012. In Science of The Total Environment, 437, 226-236.