



Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM_{10} -Konzentrationen in Baden-Württemberg

 Auswertung auf der Basis der Levoglucosankonzentrationen
für das Jahr 2015 und das erste Quartal 2016



Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM_{10} -Konzentrationen in Baden-Württemberg

 Auswertung auf der Basis der Levoglucosankonzentrationen
für das Jahr 2015 und das erste Quartal 2016

| | |
|-----------------------------|--|
| HERAUSGEBER | LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de |
| BEARBEITUNG | Referat 33 – Luftqualität |
| DATENGRUNDLAGE | Referat 64 – Labor für Luftmessungen und stofflichen Verbraucherschutz |
| DOKUMENTATION-NUMMER | 33-12/2016 |
| BERICHTSUMFANG | 18 Seiten |
| STAND | Oktober 2016 |

Nachdruck - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| ZUSAMMENFASSUNG | 5 |
| 1 EINLEITUNG | 6 |
| 1.1 Grundlagen | 6 |
| 1.2 Beurteilungsgrundlagen | 6 |
| 1.3 Vorgehen | 6 |
| 2 ERGEBNISSE | 8 |
| 2.1 Stuttgart Am Neckartor | 8 |
| 2.2 Reutlingen Lederstraße-Ost | 11 |
| 2.3 Tübingen Mühlstraße | 12 |
| 2.4 Tübingen Jesinger Hauptstraße | 12 |
| 2.5 Schramberg Oberndorfer Straße | 13 |
| 2.6 Stuttgart-Bad Cannstatt | 13 |
| 2.7 Gärtringen | 13 |
| 3 BEWERTUNG | 14 |
| 4 ANHANG | 15 |
| 4.1 Literatur | 15 |
| 4.2 Messwerte | 16 |

Zusammenfassung

Das Heizen mit Holz als Brennstoff erfreut sich seit einigen Jahren zunehmender Beliebtheit und wird aus Gründen des Klimaschutzes sowohl vom Land Baden-Württemberg als auch der Bundesregierung direkt und indirekt gefördert. Die mit der Verbrennung von Holz einhergehenden Emissionen von Luftschadstoffen, insbesondere Partikeln PM₁₀ (Feinstaub) und deren Vorläufersubstanzen, können lokal aber zu Beeinträchtigungen der Luftqualität bis hin zu einer Überschreitung von Immissionsgrenzwerten führen. In der vorliegenden Ausarbeitung wird deshalb auf der Basis von Partikel-Inhaltsstoffanalysen abgeschätzt, welchen Beitrag Holzheizungen zur Belastung durch Partikel PM₁₀ leisten.

Dazu wurden die Konzentrationen der für die Holzverbrennung spezifischen Indikatormolekül Levoglucosan als Inhaltsstoff von Partikeln PM₁₀ an sieben Messstellen in Baden-Württemberg gemessen. Anhand der Levoglucosankonzentration kann unter Zuhilfenahme von Korrekturfaktoren der Beitrag von Holzfeuerungs-emissionen zu den gemessenen PM₁₀-Immissionen abgeschätzt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Verbrennung von Holz zu Heizzwecken an den einzelnen Messstellen im Jahresmittel 2015 zu einer Mehrbelastung durch Partikel PM₁₀ in Höhe von 2 - 8 µg/m³ führt. Das entspricht, je nach Messstelle, 5 – 32 % der PM₁₀-Belastung. Die Holzfeuerung leistet somit zwar meist nicht den größten, aber oft einen relevanten Beitrag zu den festgestellten Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes. Dieser Beitrag ist an den einzelnen Messstellen sehr unterschiedlich. Während an den schwächer belasteten Messpunkten Stuttgart-Bad Cannstatt, Schramberg Oberndorfer Straße und Tübingen Jesinger Hauptstraße ein Großteil der Überschreitungstage durch Holzfeuerungsbeiträge mitverursacht wurden, ist ihr Beitrag gerade an den hochbelasteten Messpunkten Stuttgart Am Neckartor und Reutlingen Lederstraße-Ost deutlich geringer. Von den 68 Überschreitungstagen, die im Jahr 2015 am Messpunkt Stuttgart Am Neckartor (nach Abzug von Streusalz) festgestellt wurden, wurden 12 - 16 durch Emissionen aus der Holzfeuerung mitverursacht. Im 1. Quartal 2016 sind 4 - 7 der 23 Überschreitungstage auf die Holzfeuerung zurückzuführen. Am Messpunkt Reutlingen Lederstraße-Ost wurden von den 14 Überschreitungstagen im 1. Quartal 2016 etwa 5 - 8 Überschreitungstage durch Emissionen aus der Holzfeuerung verursacht.

1 Einleitung

1.1 GRUNDLAGEN

Das Heizen mit Holz als Brennstoff erfreut sich seit einigen Jahren zunehmender Beliebtheit und wird aus Gründen des Klimaschutzes sowohl vom Land Baden-Württemberg als auch der Bundesregierung direkt und indirekt gefördert [UM, 2016]. Die mit der Verbrennung von Holz einhergehenden Emissionen von Luftschadstoffen, insbesondere Partikeln PM_{10} (Feinstaub) und deren Vorläufersubstanzen, können lokal aber zu Beeinträchtigungen der Luftqualität bis hin zu einer Überschreitung von Immissionsgrenzwerten führen. In der vorliegenden Ausarbeitung wird deshalb auf der Basis von Partikel-Inhaltsstoffanalysen abgeschätzt, welchen Beitrag Holzheizungen zur Belastung durch Partikel PM_{10} leisten.

1.2 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

Gemäß der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [39. BImSchV] gelten für Partikel PM_{10} folgende Grenzwerte:

- Grenzwert für das Jahresmittel: $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Grenzwert für das Tagesmittel: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit maximal 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr

1.3 VORGEHEN

Um den Beitrag von Holzverbrennungsprozessen auf die Partikel PM_{10} -Konzentrationen untersuchen zu können, muss zunächst eine geeignete Indikatorsubstanz identifiziert werden. In der Literatur werden insbesondere die Substanzen Levoglucosan, Kalium und Reten als typisch für die Holz- bzw. Biomasseverbrennung angesehen. Sie werden im Folgenden vorgestellt:

- **Levoglucosan**, ein Anhydrosucker, bildet sich ausschließlich bei der Verbrennung von Kohlenhydraten, z.B. Stärke oder der in Holz enthaltenen Cellulose. Levoglucosan liegt im abgekühlten Abgas als Feststoff, d.h. als Bestandteil von Feinstaubpartikeln, vor und ist in der Atmosphäre

stabil. Levoglucosan ist eine etablierte Indikatorsubstanz für die Biomasseverbrennung, insbesondere bei der Untersuchung von Waldbränden oder Buschfeuern.

- **Kalium** ist, wie in allen Lebewesen, auch in Holz enthalten und wird bei dessen Verbrennung als Partikelbestandteil freigesetzt. Es ist ein chemisches Element und somit äußerst stabil, hat neben der Biomasseverbrennung aber noch zahlreiche weitere Quellen, z.B. die Aufwirbelung von Bodestaub und biologisches Material. Durch die in Feuerwerkskörpern enthaltenen Kaliumsalze werden zum Jahreswechsel regelmäßig sehr hohe Kaliumkonzentrationen gemessen, was die Eignung dieses Indikators zusätzlich mindert.
- **Reten** ist ein polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff und bildet sich nur bei der Verbrennung von Nadelhölzern. Da davon ausgegangen werden muss, dass in Baden-Württemberg auch signifikante Mengen an Laubhölzern verbrannt werden, erschien diese Indikatorsubstanz ebenfalls wenig geeignet.

Auf Basis der vorangegangenen Erwägungen wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung **Levoglucosan** als geeignetste Indikatorsubstanz für die Holzverbrennung ausgewählt.

Zur Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung anhand der Levoglucosankonzentration muss zunächst bekannt sein, in welchem Verhältnis V die Levoglucosan- und die Partikel PM_{10} -Masse in frischem (abgekühlten) Holzfeuerungsabgas typischerweise vorliegen. Anhand des Verhältnisses V kann man dann aus der an einer Messstation gemessenen Levoglucosankonzentration (*Levoglucosan*) auf den Holzfeuerungsbeitrag ($PM_{10,Holz}$) an dieser Messstation schließen:

$$PM_{10,Holz} = Levoglucosan / V$$

(bzw. $PM_{10,Holz} = Levoglucosan \cdot F$ mit $F = 1/V$)

Ein Vergleich von Literaturdaten und Messungen der LUBW zeigt, dass das Verhältnis V und der daraus abgeleitete Multiplikationsfaktor F sehr variabel sind (vgl. Tabelle 1-1). Der Grund hierfür ist, dass sich die Anteile von Levoglucosan an PM_{10} je nach Verbrennungsführung (Temperatur, Sauerstoffgehalt, ...), Holz- und Ofenart stark unterscheiden können [LANUV, 2013]¹. Die Abschätzung des Holzfeuerungsbeitrages ist deshalb mit hohen Unsicherheiten behaftet [Hedberg et al., 2006]. Bei dem gezeigten Vorgehen handelt es sich dennoch um ein etabliertes und auch in anderen Bundesländern so angewandtes Verfahren.

Um den Beitrag der Holzfeuerung abschätzen zu können und gleichzeitig den oben angesprochenen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, werden in der vorliegenden Studie alle Ergebnisse als Bandbreiten angegeben. Hierzu werden alle Berechnungen sowohl mit einem Faktor $F = 8$ als auch mit einem

Faktor $F = 13$ durchgeführt. In den Ergebnissen werden somit die oberen und unteren Grenzen des Holzfeuerungsanteils angegeben.

Der Beitrag der Holzfeuerung anhand der Levoglucosankonzentrationen wird an den folgenden Messstellen in Baden-Württemberg bestimmt (absteigend geordnet nach den dort gemessenen Partikel PM_{10} -Immissionen):

- Stuttgart Am Neckartor (verkehrsnahe)
- Reutlingen Lederstraße-Ost (verkehrsnahe)
- Tübingen Mühlstraße (verkehrsnahe)
- Tübingen Jesinger Hauptstraße (verkehrsnahe)
- Schramberg Oberndorfer Straße (verkehrsnahe)
- Stuttgart-Bad Cannstatt (städtischer Hintergrund)
- Gärtringen (städtischer Hintergrund)

In der Regel wird die Levoglucosankonzentration an diesen Messstellen im Winterhalbjahr täglich und im Sommerhalbjahr alle drei Tage bestimmt.

Tabelle 1-1: Literaturdaten zum Verhältnis der Levoglucosan- zur Partikel PM_{10} -Masse im Holzverbrennungsabgas von Heizungsanlagen und Öfen

| Quelle | V (Massenverhältnis Levoglucosan zu Partikel PM_{10} aus der Holz- feuerung) | F (Multiplikations- faktor, entspricht $1/V$) | Hinweise |
|------------------------|--|---|--------------------------------------|
| [LfU, 2009] | 12,6 % | 7,9 | berechnet aus Immissionsdaten |
| [LUBW, 2010] | 11,6 % | 8,6 | berechnet aus Immissionsdaten |
| [LANUV, 2013] | 7,6 % (3,7 % - 16,7%) | 13 (6 - 27) | berechnet aus Immissionsdaten |
| [LUBW, 2016] | 1,4 % | 71 | ermittelt an Holzfeuerungs-Prüfstand |
| [Hedberg et al., 2006] | 0,3 - 22 % | 4,5 - 333 | ermittelt an Holzfeuerungs-Prüfstand |

LUBW

¹ Generell wird bei hohen Verbrennungstemperaturen weniger Levoglucosan emittiert.

2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse vorgestellt und diskutiert. Um den im vorigen Kapitel angesprochenen Unsicherheiten der Multiplikationsfaktoren Rechnung zu tragen, werden alle Ergebnisse als Bandbreiten angegeben. Alle Ergebnisse werden im Kapitel 3 kompakt zusammengefasst.

2.1 STUTTGART AM NECKARTOR

Gemäß der 39. BImSchV sind Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur relevant, sofern sie nicht durch natürliche Quellen oder das Ausbringen von Streusalz oder -sand im Winterdienst zurückzuführen sind [39. BImSchV]. Am Messpunkt Stuttgart Am Neckartor wurde der Beitrag von Streusalz in den Jahren 2015 und 2016 analytisch bestimmt, so dass im Folgenden nur Partikel PM_{10} -Konzentrationen *nach* dem Abzug des Streusalzbeitrages diskutiert werden bzw. dieser kenntlich gemacht wird.

Holzfeuerungsbeitrag im Jahresmittel

Im Jahresmittel 2015 betrug der Beitrag der Holzfeuerung zu den Partikel PM_{10} -Konzentrationen am Messpunkt Stuttgart Am Neckartor im Mittel 2 - 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Winterhalbjahr ist der Beitrag mit 2 - 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ höher als im Sommerhalbjahr mit einem mittleren Beitrag von 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tabelle 2-1). Seine jahreszeitliche Variabilität ist dabei höher als diejenige der PM_{10} -Konzentrationen (was rechtfertigt, dass die Levoglucosankonzentration im Sommer nur alle 3 Tage bestimmt wurde).

An einzelnen Tagen kann der Anteil der Holzfeuerung an den PM_{10} -Immissionen deutlich höher sein als die angegebenen Mittelwerte (Abbildung 2-1).

Tabelle 2-1: Kenngrößen der Partikel PM_{10} -Konzentrationen und des Holzfeuerungsbeitrages an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor

| | Mittlere PM_{10} -Konzentration (streusalzkorrigiert) | Holzfeuerung (mittlerer Beitrag zu PM_{10}) | Holzfeuerung (mittlerer Beitrag zu PM_{10}) |
|-------------------------|--|---|---|
| 2015 (alle Tage) | | | |
| 1. Quartal | 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 - 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 5 - 8 % |
| 2. Quartal | 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0 - 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 - 3 % |
| 3. Quartal | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0 - 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1 - 2 % |
| 4. Quartal | 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 3 - 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 6 - 10 % |
| Jahresmittel | 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 - 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 5 - 8 % |
| Mittel Winterhalbjahr | 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 - 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 5 - 9 % |
| Mittel Sommerhalbjahr | 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 - 3 % |
| 2016 (alle Tage) | | | |
| 1. Quartal | 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2 - 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 5 - 9 % |

LUBW

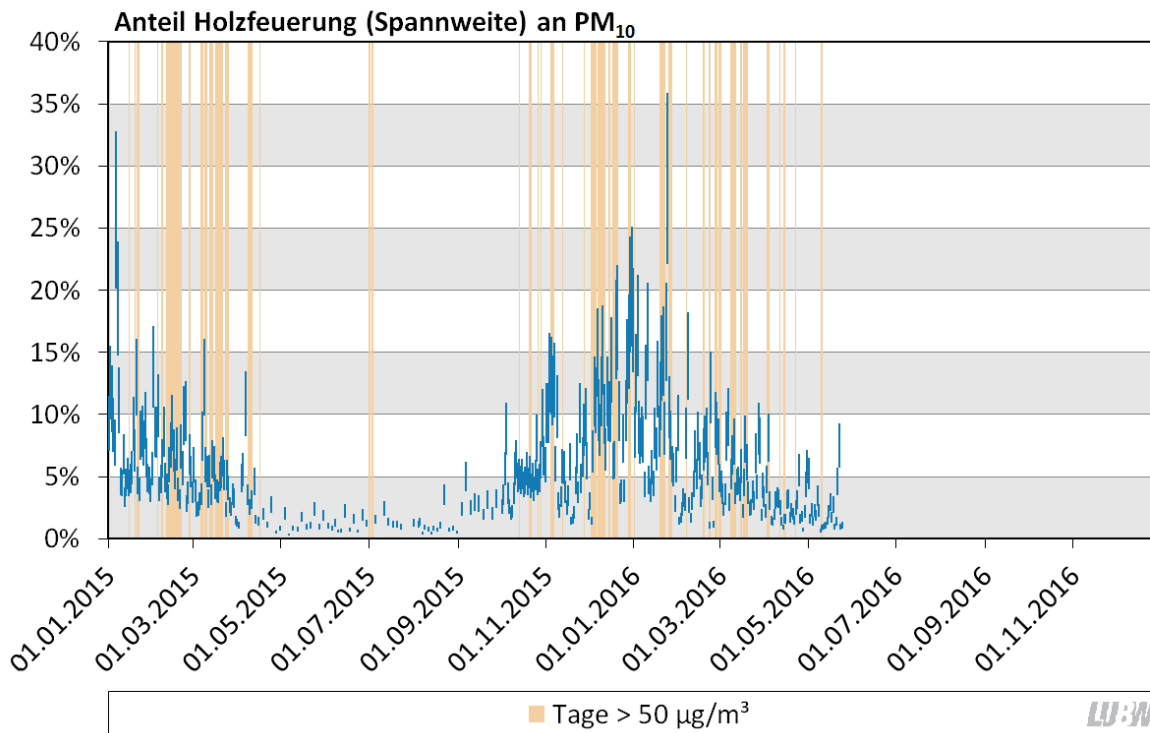


Abbildung 2-1: Anteil der Holzfeuerung an PM₁₀ am Messpunkt Stuttgart Am Neckartor in Prozent; für jeden Tag wird die Spannweite des abgeschätzten Beitrags der Holzfeuerung in Form einer vertikalen blauen Linie dargestellt; Tage mit Überschreitung des Partikel PM₁₀-Tagesgrenzwertes sind orange markiert.

Holzfeuerungsbeitrag an den Überschreitungstagen

Im Jahr 2015 lag die PM₁₀-Konzentration an den 68 Überschreitungstagen (nach Abzug von Streusalz) im Mittel bei 65 µg/m³ (vgl. Tabelle 2-2). An Überschreitungstagen betrug der absolute Holzfeuerungs-

beitrag 4 - 6 µg/m³, während an den übrigen Tagen ein Beitrag von 2 - 3 µg/m³ (siehe Tabelle 2-1) ermittelt wurde. Angesichts der Grenzwertüberschreitung von im Mittel 15 µg/m³ ist die Holzfeuerung nicht als Hauptursache anzusehen.

Tabelle 2-2: Kenngrößen der Partikel PM₁₀-Konzentrationen und des Holzfeuerungsbeitrages an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor an Tagen mit Überschreitung des Partikel PM₁₀-Tagesgrenzwertes

| | Anzahl (streusalz-korrigiert) | Mittlere PM ₁₀ -Konzentration (streusalz-korrigiert) | Holzfeuerung (mittlerer Beitrag zu PM ₁₀) | Holzfeuerung (mittlerer Beitrag zu PM ₁₀) |
|-----------------------------------|-------------------------------|---|---|---|
| 2015 (Überschreitungstage) | | | | |
| 1. Quartal | 35 | 68 µg/m ³ | 3 - 5 µg/m ³ | 4 - 7 % |
| 2. Quartal | 4 | 62 µg/m ³ | 2 - 2 µg/m ³ | 2 - 4 % |
| 3. Quartal | 2 | 51 µg/m ³ | - | - |
| 4. Quartal | 27 | 62 µg/m ³ | 5 - 8 µg/m ³ | 8 - 12 % |
| Jahresmittel/-summe | 68 | 65 µg/m ³ | 4 - 6 µg/m ³ | 6 - 9 % |
| 2016 (Überschreitungstage) | | | | |
| 1. Quartal | 23 | 66 µg/m ³ | 4 - 6 µg/m ³ | 6 - 10 % |

:- keine Levoglucosan-Messung

LUBW

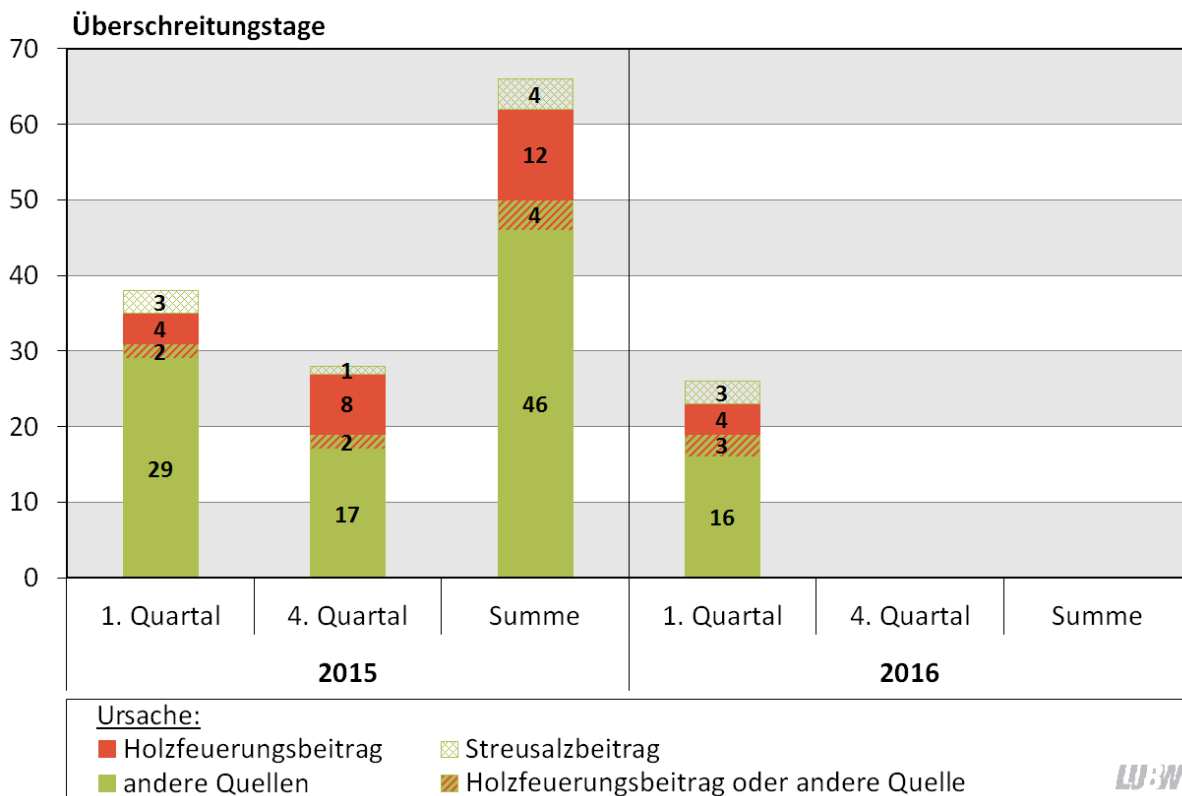


Abbildung 2-2: Anzahl und Ursache der Überschreitungen des Partikel PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Winterhalbjahren 2015 und 2016 an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor.

An Tagen, an denen der Grenzwert nur knapp überschritten wird, kann die Berücksichtigung des Holzfeuerungsbeitrags aber relevant werden, wenn sie rein rechnerisch zu einer Unterschreitung des Grenzwertes führen würde. In diesem Fall hätte es ohne den Holzfeuerungsbeitrag keine Grenzwertüberschreitung gegeben. Zieht man die für die einzelnen Tage ermittelten Holzfeuerungsanteile von der jeweils gemessenen (und um Streusalz korrigierten) PM_{10} -Konzentration ab, nimmt die Anzahl der Überschreitungstage im Jahr 2015 um 12 - 16 ab, d.h. diese Überschreitungstage wurden durch Holzfeuerung mitverursacht (Abbildung 2-2). Die im Jahr 2015 durch den Beitrag der Holzfeuerung mitverursachten Überschreitungstage liegen allesamt im Winterhalbjahr¹. Im 1. Quartal 2016 sind 4 - 7 Überschreitungstage auf die Holzfeuerung zurückzuführen.

Holzfeuerungsbeitrag an Tagen mit Feinstaubalarm

Zwischen dem 01.01.2016 und dem 15.04.2016 wurde während fünf Episoden mit insgesamt 22 Tagen Feinstaubalarm ausgelöst. An diesen Tagen lag die PM_{10} -Konzentration (nach Abzug von Streusalz) im Mittel bei $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Tabelle 2-3), d.h. deutlich unter den Konzentrationen an Überschreitungstagen. An Tagen mit Feinstaubalarm betrug der absolute Holzfeuerungsbeitrag $3 - 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, war also ebenfalls etwas geringer als an den Überschreitungstagen (siehe Tabelle 2-2). Angesichts einer Grenzwertüberschreitung von im Mittel nur $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist die Holzfeuerung an diesen Tagen somit durchaus relevant. Ohne den Holzfeuerungsbeitrag hätte es 2 - 4 der während des Feinstaubalarms aufgetretenen 14 Überschreitungstage nicht gegeben (vgl. Abbildung 2-3).

¹ Im Sommerhalbjahr 2015 traten 6 Überschreitungstage auf. Hiervon wurden 2 nicht durch Holzfeuerungsbeiträge verursacht. An den 4 verbleibenden Überschreitungstagen wurde aufgrund der im Sommer nur dreitäglichen Analytik kein Levoglucosan bestimmt. Da die Levoglucosankonzentrationen, wie oben ge-

zeigt, im Sommer aber sehr gering sind, kann davon ausgegangen werden, dass diese 4 Überschreitungstage nicht durch die Holzfeuerung verursacht wurden.

Tabelle 2-3: Kenngrößen der Partikel PM_{10} -Konzentrationen und des Holzfeuerungsbeitrages an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor an Tagen mit Feinstaubalarm

| | Anzahl Tage | Mittlere PM_{10} -Konzentration (streusalzkorrigiert) | Holzfeuerung (mittlerer Beitrag zu PM_{10}) | Holzfeuerung (mittlerer Beitrag zu PM_{10}) |
|---------------------------------------|-------------|---|--|--|
| 2016 (Tage mit Feinstaubalarm) | | | | |
| 1. Quartal | 22 | 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 3 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 6 - 9 % |

LU:W

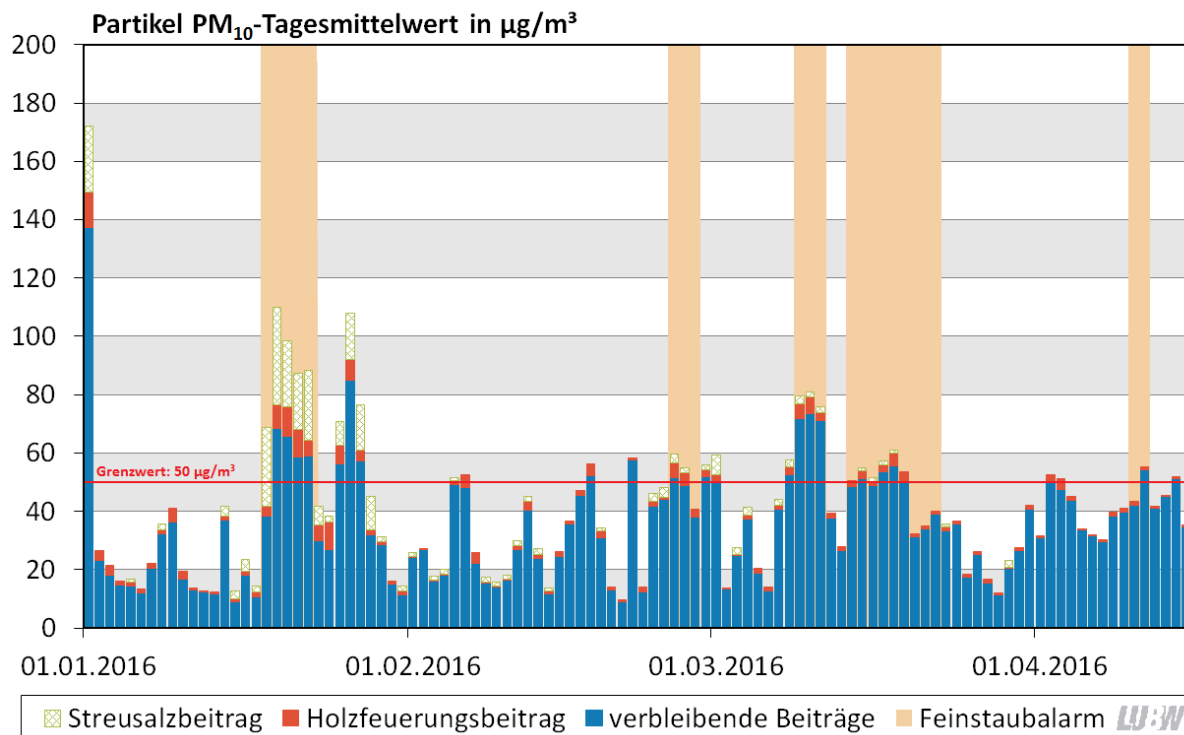


Abbildung 2-3: Partikel PM_{10} -Tagesmittelwerte an Tagen, Anzahl und Ursache der Überschreitungen des Partikel PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 1. Quartal 2016 an der Messstelle Stuttgart Am Neckartor.

2.2 REUTLINGEN LEDERSTRASSE-OST

An der Messstelle Reutlingen Lederstraße-Ost wurden im Jahr 2015 keine Messungen der Levoglucosankonzentration vorgenommen, so dass sich die Auswertung auf das 1. Quartal 2016 beschränkt. Auch der Beitrag von Streusalz wurde an dieser Messstelle nicht ermittelt, so dass die Auswertung auf Basis der gemessenen PM_{10} -Konzentrationen erfolgt. Bei einer Berücksichtigung des Streusalzbeitrages würde sich der Beitrag der Holzfeuerung zu den streusalz-korrigierten PM_{10} -Konzentrationen entsprechend geringfügig erhöhen.

Die mittlere Partikel PM_{10} -Konzentration lag im 1. Quartal 2016 bei $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der Holzfeuerungsbeitrag betrug 2 - 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (das entspricht 7 - 12 % der PM_{10} -

Konzentration). Im Vergleich zur Messstelle Stuttgart Am Neckartor werden hier somit zu einem geringeren PM_{10} -Konzentrationen gemessen, zum anderen ist der Beitrag der Holzfeuerung sowohl absolut als auch relativ etwas höher.

An den 14 Überschreitungstagen im 1. Quartal 2016 betrug die Partikel PM_{10} -Konzentration im Mittel $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} . An diesen Tagen betrug der Holzfeuerungsanteil im Mittel 5 - 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (das entspricht 8 - 13 % der PM_{10} -Konzentration). Im 1. Quartal 2016 wurden an der Messstelle Reutlingen Lederstraße-Ost 5 - 8 Überschreitungstage durch Emissionen aus der Holzfeuerung mitverursacht (Abbildung 2-4).

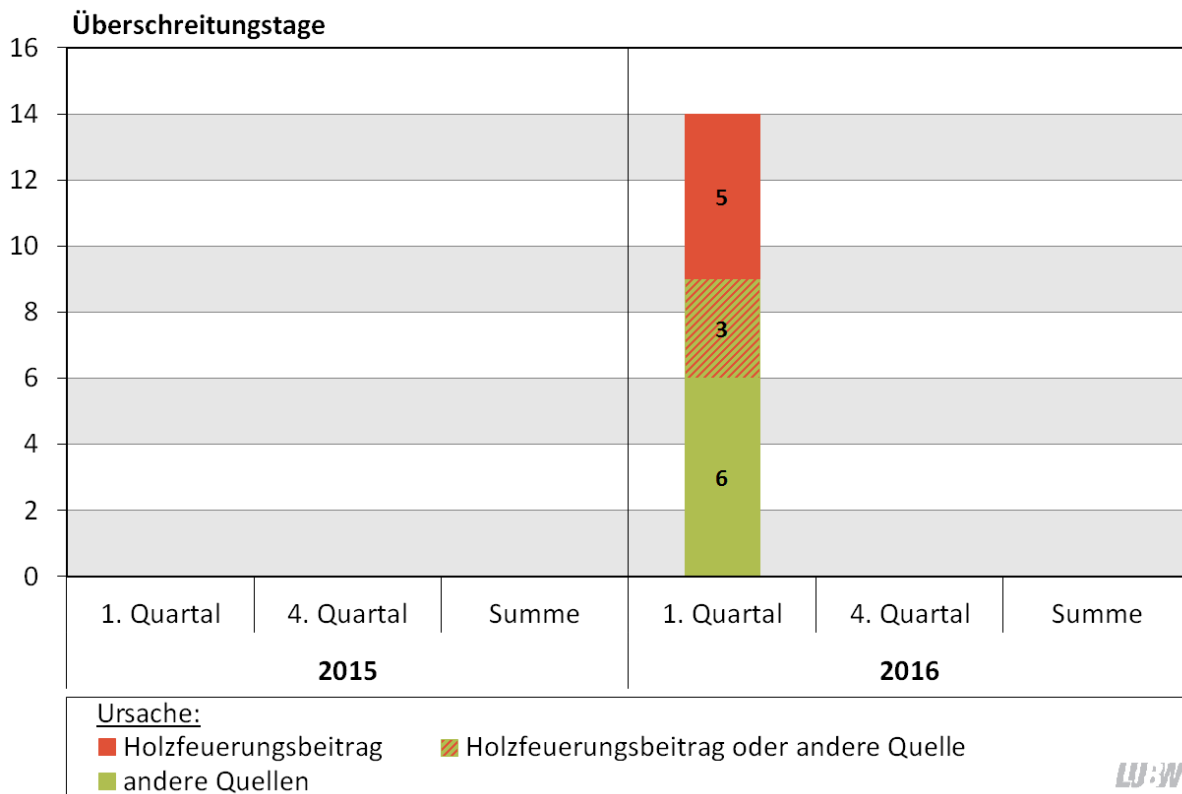


Abbildung 2-4: Anzahl und Ursache der Überschreitungen des Partikel PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im 1. Quartal 2016 an der Messstelle Reutlingen Lederstraße-Ost.

2.3 TÜBINGEN MÜHLSTRAßE

An der Messstelle Tübingen Mühlstraße fanden im Sommer 2015 Bauarbeiten im unmittelbaren Umfeld der Messstation statt. Für diese Messstelle wurden deshalb keine Jahreskenngrößen veröffentlicht. Da die Messungen im Winterhalbjahr aber nicht mehr durch die Bauarbeiten beeinträchtigt wurden, konnten im Winter Levoglucosanmessungen und Auswertungen zu Holzfeuerungsmissionen durchgeführt werden. In den Wintermonaten 2015 betrug der Holzfeuerungsbeitrag im Mittel $3 - 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, das entspricht $11 - 17 \%$ der gemessenen (und um Streusalz korrigierten) Partikel PM_{10} -Konzentrationen.

Von den 22 Überschreitungen des Tagesgrenzwertes, die in den Wintermonaten 2015 festgestellt wurden, wurden 10 durch das Ausbringen von Streusalz im Winterdienst verursacht. Von den 12 verbleibenden Überschreitungen wurden 5 - 8 durch Emissionen aus der Holzfeuerung mitverursacht. Im Jahr 2016 wurden keine Levoglucosanmessungen durchgeführt.

2.4 TÜBINGEN JESINGER HAUPTSTRAßE

Am Messpunkt Tübingen Jesinger Hauptstraße betrug der Holzfeuerungsbeitrag im Mittel des Jahres 2015 etwa $4 - 7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, das entspricht einem Holzfeuerungsanteil von $19 - 32 \%$ an PM_{10} . In den Wintermonaten 2015 betrug der Holzfeuerungsbeitrag $6 - 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, das entspricht $20 - 32\%$ an PM_{10} . Der Beitrag der Holzfeuerung ist an dieser Messstelle somit deutlich höher als an den bisher diskutierten Messstellen.

Von den 13 im Jahr 2015 festgestellten Grenzwertüberschreitungen wurden 10 durch Emissionen aus der Holzfeuerung mitverursacht. Im 1. Quartal 2016 wurden von 6 Überschreitungstagen 3 durch die Holzfeuerung mitverursacht. An dieser Messstelle sind die Emissionen aufgrund von Holzverbrennungsprozessen hauptsächlich für die Überschreitungen des Tagesgrenzwertes.

2.5 SCHRAMBERG OBERNDORFER STRAÙE

Am Messpunkt Schramberg Oberndorfer Straße lag der Beitrag der Holzfeuerungsmissionen zu den PM₁₀-Konzentrationen im Jahr 2015 im Mittel bei 4 - 6 µg/m³. Das entspricht 18 - 30 % der PM₁₀-Immissionen und liegt ähnlich hoch wie an der Messstelle Tübingen Jesinger Hauptstraße. In den Wintermonaten betrug der Holzfeuerungsbeitrag 5 - 7 µg/m³, das entspricht 19 - 31 % an PM₁₀.

Im Jahr 2015 wurden am Messpunkt Schramberg Oberndorfer Straße 3 Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes festgestellt, davon wurden 2 durch Emissionen aus der Holzfeuerung mitverursacht (die dritte Überschreitung ist auf das Silvesterfeuerwerk am 01.01.2015 zurückzuführen). Im Jahr 2016 wurden keine Messungen der Levoglucosankonzentrationen durchgeführt.

2.6 STUTTGART-BAD CANNSTATT

An der Messstelle Stuttgart-Bad Cannstatt lag der Holzfeuerungsbeitrag im Mittel des Jahres 2015 mit 2 - 3 µg/m³ genauso hoch wie an der benachbarten, aber straÙennäheren Messstelle Stuttgart Am Neckartor. Wegen der in Bad Cannstatt aber deutlich geringeren PM₁₀-Konzentrationen ist der relative Anteil der Holzfeuerung an den PM₁₀-Immissionen hier mit 10 - 17 % deutlich größer als Am Neckartor. In den Wintermonaten 2015 lag der Beitrag der

Holzfeuerungen zu den PM₁₀-Konzentrationen bei 2 - 4 µg/m³, das entspricht 11 - 18 %.

Von den 3 im Jahr 2015 gemessenen Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes wurden 2 durch Emissionen aus der Holzfeuerung mitverursacht (die dritte Überschreitung ist auf das Silvesterfeuerwerk am 01.01.2015 zurückzuführen). Im Jahr 2016 wurden keine Messungen der Levoglucosankonzentrationen durchgeführt.

2.7 GÄRTRINGEN

An der Messstelle Gärtringen lag der Holzfeuerungsbeitrag im Jahr 2015 mit 2 - 3 µg/m³ ähnlich hoch wie an den beiden Stuttgarter Stationen. Wegen der geringen PM₁₀-Belastung in Gärtringen hat die Holzfeuerung an den PM₁₀-Immissionen aber einen vergleichsweise hohen Anteil von 12 - 20 %. Im Winter lag der absolute Beitrag rundungsbedingt ebenso hoch, der Anteil mit 13 - 21 % etwas höher.

Die einzige Überschreitung des Tagesgrenzwertes im Jahr 2015 trat am 1. Januar, an dem keine Messung der Levoglucosankonzentration durchgeführt wurde, auf. Auch im Jahr 2016 trat nur eine Überschreitung am 1. Januar auf, hier ist unsicher, ob sie durch Holzfeuerung mitverursacht wurde oder nicht (der PM₁₀-Tagesmittelwert betrug 59 µg/m³ PM₁₀, der Beitrag der Holzfeuerung 8 - 12 µg/m³).

3 Bewertung

Die Auswertungen im vorigen Kapitel haben gezeigt, dass die Verbrennung von Holz zu Heizzwecken zwar meist nicht den größten, aber oft einen relevanten Beitrag zu den festgestellten Überschreitungen des PM₁₀-Tagesgrenzwertes leistet. Dieser Beitrag ist an den einzelnen Messstellen sehr unterschiedlich. Während an den schwächer belasteten Messpunkten Stuttgart-Bad Cannstatt, Schramberg Oberndorfer Straße und Tübingen Jesinger Hauptstraße ein Groß-

teil der Überschreitungstage durch Holzfeuerungsbeiträge mitverursacht wurden, ist ihr Beitrag gerade an den hochbelasteten Messpunkten Stuttgart Am Neckartor und Reutlingen Lederstraße-Ost deutlich geringer. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3-1 zusammengefasst. Um den in der Einleitung angesprochenen Unsicherheiten der Multiplikationsfaktoren Rechnung zu tragen, werden alle Ergebnisse als Bandbreiten angegeben.

Tabelle 3-1: Zusammenstellung der wesentlichen Ergebnisse der Holzfeuerungsauswertung

| Messstelle | Mittlere PM ₁₀ -Konzentration | Holzfeuerungsbeitrag (mittlerer Beitrag zu PM ₁₀) | Holzfeuerungsbeitrag (mittlerer Beitrag zu PM ₁₀) | Anzahl Überschreitungstage | Davon durch Holzfeuerungsbeitrag |
|---|--|---|---|----------------------------|----------------------------------|
| 2015 (ganzes Jahr) | | | | | |
| Stuttgart Am Neckartor ¹⁾ | 36 µg/m ³ | 2 - 3 µg/m ³ | 5 - 8 % | 68 | 12 - 16 |
| Reutlingen Lederstraße-Ost ²⁾ | 29 µg/m ³ | - | - | 33 | - |
| Tübingen Mühlstraße ³⁾ | - | - | - | - | - |
| Tübingen Jesinger Hauptstraße | 23 µg/m ³ | 4 - 7 µg/m ³ | 19 - 32 % | 13 | 10 |
| Schramberg Oberndorfer Straße | 20 µg/m ³ | 4 - 6 µg/m ³ | 18 - 30 % | 3 | 2 |
| Stuttgart-Bad Cannstatt ¹⁾ | 19 µg/m ³ | 2 - 3 µg/m ³ | 10 - 17 % | 3 | 2 |
| Gärtringen | 14 µg/m ³ | 2 - 3 µg/m ³ | 12 - 20 % | 1 | - |
| 2015 (Wintermonate) | | | | | |
| Stuttgart Am Neckartor ¹⁾ | 43 µg/m ³ | 2 - 4 µg/m ³ | 5 - 9 % | 62 | 12 - 16 |
| Reutlingen Lederstraße-Ost ²⁾ | 35 µg/m ³ | - | - | 33 | - |
| Tübingen Mühlstraße ¹⁾ | 29 µg/m ³ | 3 - 5 µg/m ³ | 11 - 17 % | 12 | 5 - 8 |
| Tübingen Jesinger Hauptstraße | 29 µg/m ³ | 6 - 9 µg/m ³ | 20 - 32 % | 13 | 10 |
| Schramberg Oberndorfer Straße | 24 µg/m ³ | 5 - 7 µg/m ³ | 19 - 31 % | 3 | 2 |
| Stuttgart-Bad Cannstatt ¹⁾ | 22 µg/m ³ | 2 - 4 µg/m ³ | 11 - 18 % | 3 | 2 |
| Gärtringen | 16 µg/m ³ | 2 - 3 µg/m ³ | 13 - 21 % | 1 | - |
| 2016 (1. Quartal) | | | | | |
| Stuttgart Am Neckartor ¹⁾ | 37 µg/m ³ | 2 - 3 µg/m ³ | 5 - 9 % | 23 | 4 - 7 |
| Reutlingen Lederstraße-Ost | 32 µg/m ³ | 2 - 4 µg/m ³ | 7 - 12 % | 14 | 5 - 8 |
| Tübingen Mühlstraße ²⁾ | 27 µg/m ³ | - | - | 10 | - |
| Tübingen Jesinger Hauptstraße | 26 µg/m ³ | 5 - 8 µg/m ³ | 20 - 32 % | 6 | 3 |
| Schramberg Oberndorfer Straße ²⁾ | 23 µg/m ³ | - | - | 3 | - |
| Stuttgart-Bad Cannstatt ²⁾ | 19 µg/m ³ | - | - | 1 | - |
| Gärtringen | 14 µg/m ³ | 2 - 4 µg/m ³ | 15 - 25 % | 1 | 0 - 1 |

-: keine Messung

¹⁾ alle Angaben nach Abzug Streusalz

²⁾ keine Messung von Levoglucosan

³⁾ wegen Baustelle keine Veröffentlichung der Jahreskenngrößen

LUBW

4 Anhang

4.1 LITERATUR

[39. BImSchV]: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065) in Kraft getreten am 6. August 2010.

[Hedberg et al., 2006]: Hedberg, E., Johansson, C., Johansson, L., Swietlicki, E., Brorström-Lundén, E., 2006. Is levoglucosan a suitable quantitative tracer for wood burning? Comparison with receptor modeling on trace elements in Lycksele, Sweden. *Journal of the Air & Waste Management Association* 56, 1669-1678.

[LANUV, 2013]: U. Pfeffer, L. Breuer, D. Gladtko, T. Schuck, 2013: Contribution of wood burning to the exceedance of PM₁₀ limit values in North Rhine-Westphalia, *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 7 (2013) Nr. 6, S. 239-245. Vgl. auch Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2013 (Tanja Schuck, Ulrich Pfeffer, Ludger Breuer, Dorothee Adolfs, Dieter Gladtko): Der Beitrag der Holzverbrennung zur PM₁₀-Belastung – Levoglucosan-Messungen in Nordrhein-Westfalen, Vortrag beim LAI-Fachgespräch „Holzfeuerungen in Ballungsräumen“ in Essen, 01.10.2013 - 02.10.2013, http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/lai_fachgesprach/2_Schuck_2013_10_Levoglucosan_NRW.pdf.

[LfU, 2009]: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Oktober 2009: Einfluss von Emissionen aus

der Gebäudeheizung auf Feinstaubimmissionen im Raum Augsburg, Schlussbericht, 198 Seiten, http://www.lfu.bayern.de/energie/biogene_festbrennstoffe/doc/u47_abschlussbericht.pdf.

[LUBW, 2010]: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung zum PM₁₀-Feinstaub, Karlsruhe, Dezember 2010, <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/72944/?shop=true&shopView=11164>.

[LUBW, 2016]: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Referat 64 – Labor für Luftmessungen und stofflichen Verbraucherschutz (Harald Creutzmacher, Udo Schlindwein, Christian Mainx): Emissionen von Levoglucosan und weiteren Messobjekten aus Holzfeuerungen: Ergebnisse aus Abbrandversuchen unter definierten Bedingungen an einem Holzfeuerungs-Prüfstand, Vortrag auf dem 51. Messtechnischen Kolloquium in Potsdam, 02.05.2016 – 04.05.2016.

[UM, 2016]: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2016: Förderprogramme im Energiebereich für Wohngebäude in Baden-Württemberg (Bundes- und Landesprogramme), https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Beratung_und_Information/Infozentrum_Energie/Foerderbroschuere_Wohngebaeude.pdf, zuletzt abgerufen am 22.08.2016.

4.2 MESSWERTE

Nachfolgend finden sich die Analysenergebnisse 2016, an denen der PM₁₀-Tagesgrenzwert (nach Ab-
derjenigen Tage im Jahr 2015 und im 1. Quartal zug Streusalz) überschritten wurde.

| Datum | Partikel PM ₁₀ - Konzentration in µg/m ³ | Levoglucosan- konzentration in µg/m ³ | Holzfeuerung Anteil in µg/m ³ | Holzfeuerung Anteil in % |
|-------------------------------|--|--|---|-----------------------------|
| Stuttgart Am Neckartor | | | | |
| 01.01.2015 | 98* | 0,9 | 7 - 11 | 7 - 11 |
| 15.01.2015 | 52* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 6 |
| 19.01.2015 | 52* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 9 |
| 21.01.2015 | 71* | 0,3 | 3 - 4 | 4 - 6 |
| 22.01.2015 | 63* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 04.02.2015 | 56* | 0,6 | 5 - 7 | 8 - 13 |
| 07.02.2015 | 55* | 0,3 | 3 - 4 | 5 - 8 |
| 10.02.2015 | 52* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 11.02.2015 | 65* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 4 |
| 12.02.2015 | 74* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 7 |
| 13.02.2015 | 81* | 0,6 | 5 - 8 | 6 - 9 |
| 14.02.2015 | 68* | 0,6 | 5 - 8 | 7 - 12 |
| 15.02.2015 | 55* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 9 |
| 16.02.2015 | 88* | 0,4 | 4 - 6 | 4 - 6 |
| 17.02.2015 | 60* | 0,4 | 3 - 5 | 6 - 9 |
| 18.02.2015 | 76* | 0,3 | 2 - 4 | 3 - 5 |
| 19.02.2015 | 85* | 0,3 | 2 - 3 | 2 - 4 |
| 20.02.2015 | 71* | 0,5 | 4 - 7 | 6 - 9 |
| 26.02.2015 | 64* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 8 |
| 06.03.2015 | 63* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 4 |
| 07.03.2015 | 60* | 0,5 | 4 - 6 | 6 - 10 |
| 09.03.2015 | 78* | 0,4 | 4 - 6 | 5 - 7 |
| 10.03.2015 | 65* | 0,3 | 3 - 4 | 4 - 7 |
| 12.03.2015 | 52* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 7 |
| 13.03.2015 | 53* | 0,2 | 1 - 2 | 3 - 4 |
| 14.03.2015 | 53* | 0,3 | 3 - 4 | 5 - 8 |
| 16.03.2015 | 67* | 0,3 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 17.03.2015 | 75* | 0,3 | 2 - 4 | 3 - 5 |
| 18.03.2015 | 75* | 0,3 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 19.03.2015 | 84* | 0,4 | 3 - 5 | 4 - 6 |
| 20.03.2015 | 85* | 0,4 | 3 - 6 | 4 - 7 |
| 21.03.2015 | 69* | 0,4 | 3 - 6 | 5 - 8 |
| 23.03.2015 | 70* | 0,2 | 1 - 2 | 2 - 3 |
| 24.03.2015 | 72* | 0,4 | 3 - 5 | 4 - 6 |
| 25.03.2015 | 60* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 08.04.2015 | 53 | 0,0 | - | - |
| 09.04.2015 | 71 | 0,2 | 1 - 2 | 2 - 3 |
| 10.04.2015 | 68 | 0,2 | 2 - 3 | 2 - 4 |
| 16.04.2015 | 54 | - | - | - |
| 01.07.2015 | 52 | - | - | - |
| 03.07.2015 | 51 | - | - | - |
| 13.10.2015 | 60* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 6 |
| 20.10.2015 | 53* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 7 |
| 21.10.2015 | 55* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 26.10.2015 | 51* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 6 |
| 28.10.2015 | 51* | 0,3 | 2 - 4 | 5 - 8 |
| 04.11.2015 | 62* | 0,8 | 6 - 10 | 10 - 16 |
| 05.11.2015 | 60* | 0,7 | 5 - 9 | 9 - 15 |
| 06.11.2015 | 66* | 0,8 | 6 - 10 | 10 - 16 |
| 12.11.2015 | 51* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 7 |
| 27.11.2015 | 52* | 0,4 | 3 - 6 | 7 - 11 |
| 02.12.2015 | 62* | 0,1 | 1 - 1 | 1 - 2 |

-: keine Levoglucosan-Messung

*nach Abzug Streusalz

Fortsetzung auf der nächsten Seite

| Datum | Partikel PM ₁₀ -Konzentration in µg/m ³ | Levoglucosan-Konzentration in µg/m ³ | Holzfeuerung Anteil in µg/m ³ | Holzfeuerung Anteil in % |
|---|---|---|--|--------------------------|
| Stuttgart Am Neckartor (Fortsetzung) | | | | |
| 03.12.2015 | 61* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 9 |
| 04.12.2015 | 63* | 0,7 | 6 - 9 | 9 - 15 |
| 05.12.2015 | 53* | 0,6 | 4 - 7 | 8 - 14 |
| 07.12.2015 | 76* | 0,7 | 6 - 10 | 8 - 13 |
| 08.12.2015 | 83* | 0,7 | 6 - 9 | 7 - 11 |
| 09.12.2015 | 57* | 0,6 | 5 - 8 | 9 - 15 |
| 10.12.2015 | 74* | 1,1 | 9 - 14 | 12 - 19 |
| 11.12.2015 | 72* | 0,7 | 5 - 9 | 8 - 12 |
| 14.12.2015 | 81* | 0,8 | 6 - 10 | 8 - 13 |
| 15.12.2015 | 84* | 0,8 | 7 - 11 | 8 - 13 |
| 17.12.2015 | 59* | 0,3 | 3 - 5 | 5 - 8 |
| 18.12.2015 | 70* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 8 |
| 19.12.2015 | 67* | 1,1 | 9 - 14 | 13 - 21 |
| 20.12.2015 | 57* | 1,0 | 8 - 13 | 14 - 22 |
| 28.12.2015 | 51* | 0,8 | 6 - 10 | 12 - 20 |
| 29.12.2015 | 52* | 1,0 | 8 - 13 | 15 - 24 |
| 01.01.2016 | 147* | 1,2 | 10 - 16 | 7 - 11 |
| 19.01.2016 | 75* | 0,8 | 7 - 11 | 9 - 14 |
| 20.01.2016 | 74* | 1,0 | 8 - 13 | 11 - 18 |
| 21.01.2016 | 66* | 0,9 | 8 - 12 | 11 - 19 |
| 22.01.2016 | 63* | 0,5 | 4 - 7 | 7 - 11 |
| 25.01.2016 | 61* | 0,6 | 5 - 8 | 8 - 13 |
| 26.01.2016 | 91* | 0,7 | 6 - 9 | 6 - 10 |
| 27.01.2016 | 60* | 0,3 | 3 - 4 | 5 - 7 |
| 06.02.2016 | 52* | 0,4 | 3 - 5 | 6 - 11 |
| 18.02.2016 | 55* | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 9 |
| 22.02.2016 | 58* | 0,1 | 0 - 1 | 1 - 1 |
| 26.02.2016 | 56* | 0,5 | 4 - 7 | 7 - 12 |
| 27.02.2016 | 52* | 0,4 | 4 - 6 | 7 - 11 |
| 29.02.2016 | 54* | 0,3 | 2 - 3 | 4 - 6 |
| 01.03.2016 | 52* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 6 |
| 08.03.2016 | 55* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 6 |
| 09.03.2016 | 76* | 0,5 | 4 - 6 | 5 - 8 |
| 10.03.2016 | 78* | 0,6 | 5 - 8 | 6 - 10 |
| 11.03.2016 | 73* | 0,3 | 2 - 3 | 3 - 5 |
| 15.03.2016 | 53* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 7 |
| 17.03.2016 | 55* | 0,2 | 2 - 3 | 3 - 6 |
| 18.03.2016 | 59* | 0,5 | 4 - 6 | 6 - 10 |
| 19.03.2016 | 53* | 0,3 | 2 - 4 | 5 - 8 |
| Reutlingen Lederstraße-Ost | | | | |
| 01.01.2016 | 196 | 1,9 | 16 - 25 | 8 - 13 |
| 19.01.2016 | 54 | 1,0 | 8 - 13 | 14 - 23 |
| 21.01.2016 | 65 | 0,6 | 4 - 7 | 7 - 11 |
| 22.01.2016 | 55 | 0,7 | 6 - 10 | 11 - 18 |
| 26.01.2016 | 63 | 1,1 | 9 - 14 | 14 - 22 |
| 27.01.2016 | 59 | 0,4 | 3 - 5 | 5 - 8 |
| 22.02.2016 | 62 | 0,2 | 1 - 2 | 2 - 3 |
| 26.02.2016 | 52 | 0,5 | 4 - 7 | 8 - 13 |
| 27.02.2016 | 52 | 0,5 | 4 - 7 | 8 - 13 |
| 09.03.2016 | 55 | 0,5 | 4 - 6 | 7 - 11 |
| 10.03.2016 | 71 | 0,6 | 5 - 8 | 7 - 12 |
| 11.03.2016 | 66 | 0,5 | 4 - 6 | 6 - 9 |
| 18.03.2016 | 57 | 0,6 | 5 - 7 | 8 - 13 |
| 19.03.2016 | 53 | 0,4 | 4 - 6 | 7 - 11 |
| Tübingen Mühlstraße | | | | |
| 01.01.2015 | 75 | 0,9 | 7 - 11 | 9 - 15 |
| 07.01.2015 | 56 | 0,8 | 6 - 10 | 11 - 18 |
| 12.02.2015 | 64* | 0,8 | 6 - 10 | 10 - 16 |

-: keine Levoglucosan-Messung
*nach Abzug Streusalz

Fortsetzung auf der nächsten Seite

| Datum | Partikel PM ₁₀ -Konzentration in µg/m ³ | Levoglucosan-konzentration in µg/m ³ | Holzfeuerung Anteil in µg/m ³ | Holzfeuerung Anteil in % |
|--|---|---|--|--------------------------|
| Tübingen Mühlstraße (Fortsetzung) | | | | |
| 13.02.2015 | 67* | 0,9 | 7 - 12 | 11 - 18 |
| 14.02.2015 | 53* | 0,9 | 7 - 12 | 14 - 22 |
| 16.02.2015 | 61* | 0,7 | 5 - 9 | 9 - 14 |
| 17.02.2015 | 57* | 0,5 | 4 - 7 | 8 - 13 |
| 19.02.2015 | 54* | 0,3 | 3 - 4 | 5 - 8 |
| 20.02.2015 | 58* | 0,8 | 6 - 10 | 11 - 17 |
| 20.03.2015 | 53 | 0,4 | 3 - 5 | 6 - 10 |
| 21.03.2015 | 51 | 0,3 | 2 - 4 | 5 - 7 |
| 29.12.2015 | 51 | 1,0 | 8 - 13 | 16 - 26 |
| Tübingen Jesinger Hauptstraße | | | | |
| 01.01.2015 | 74 | 1,3 | 10 - 16 | 14 - 22 |
| 07.02.2015 | 60 | 0,6 | 4 - 7 | 7 - 12 |
| 12.02.2015 | 51 | 1,6 | 12 - 20 | 24 - 39 |
| 13.02.2015 | 63 | 2,2 | 17 - 28 | 28 - 45 |
| 14.02.2015 | 55 | 2,2 | 18 - 28 | 32 - 52 |
| 16.02.2015 | 60 | 1,3 | 10 - 17 | 17 - 28 |
| 17.02.2015 | 53 | 0,8 | 7 - 11 | 13 - 21 |
| 18.02.2015 | 57 | 0,5 | 4 - 6 | 7 - 11 |
| 19.02.2015 | 55 | 1,0 | 8 - 13 | 14 - 23 |
| 20.02.2015 | 57 | 1,7 | 13 - 22 | 23 - 38 |
| 20.03.2015 | 52 | 0,7 | 6 - 10 | 11 - 18 |
| 21.03.2015 | 51 | 0,4 | 3 - 5 | 7 - 11 |
| 31.12.2015 | 63 | 3,1 | 25 - 40 | 39 - 63 |
| 01.01.2016 | 88 | 2,0 | 16 - 26 | 18 - 30 |
| 19.01.2016 | 68 | 1,2 | 9 - 15 | 14 - 22 |
| 20.01.2016 | 54 | 1,6 | 13 - 21 | 24 - 39 |
| 21.01.2016 | 57 | 1,1 | 9 - 14 | 15 - 24 |
| 22.01.2016 | 72 | 1,6 | 13 - 21 | 18 - 29 |
| 11.03.2016 | 53 | 0,6 | 5 - 7 | 9 - 14 |
| Schramberg Oberndorfer Straße | | | | |
| 01.01.2015 | 65 | 0,8 | 7 - 11 | 10 - 17 |
| 07.02.2015 | 51 | 0,7 | 6 - 9 | 11 - 18 |
| 19.02.2015 | 53 | 0,5 | 4 - 7 | 8 - 12 |
| Stuttgart-Bad Cannstatt | | | | |
| 01.01.2015 | 98* | 0,8 | 6 - 10 | 6 - 10 |
| 16.02.2015 | 52* | 0,5 | 4 - 6 | 8 - 12 |
| 21.03.2015 | 51* | 0,3 | 2 - 4 | 4 - 7 |
| Gärtringen | | | | |
| 01.01.2015 | 60 | - | - | - |
| 01.01.2016 | 59 | 0,9 | 8 - 12 | 13 - 21 |

-: keine Levoglucosan-Messung

*nach Abzug Streusalz

LUBW

