



# Messungen mit dem Feinstaubsensor SDS011

 Ein Vergleich mit einem eignungsgeprüften Feinstaubanalysator





# Messungen mit dem Feinstaubsensor SDS011

 Ein Vergleich mit einem eignungsgeprüften Feinstaubanalysator

**BEARBEITUNG** LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe  
Referat 63 – Messsystemtechnik  
Referat 14 – Marktüberwachung, Qualitätssicherung

**STAND** Juni 2017

**BILDNACHWEIS** LUBW

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



	<b>KURZFASSUNG DER ERGEBNISSE</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>VERGLEICHSMESSUNG AUF TESTFELD</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>UNTERSUCHUNGEN IM LABOR</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE</b>	<b>15</b>
4.1	Abhängigkeit der Staubwerte von der Luftfeuchtigkeit	15
4.2	Abhängigkeit der Staubwerte von anderen meteorologischen Größen	17
4.3	Abhängigkeit der Staubwerte von unterschiedlichen Chargen der Sensoren	18
4.4	Abhängigkeit der Staubwerte vom Probengasstrom	19
4.5	Weitere Einflussfaktoren	19
<b>5</b>	<b>FAZIT</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>ANFORDERUNGEN AN AMTLICHE MESSUNGEN</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>FAQ</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG</b>	<b>23</b>

# Kurzfassung der Ergebnisse

Aufgrund vermehrter Anfragen zur Qualität der von OK Lab eingesetzten Sensoren hat die LUBW in der Zeit von Anfang Februar – Anfang April 2017 PM10-Vergleichsmessungen des von OK Lab verwendeten Sensortyps (SDS011) mit einem eignungsgeprüften Feinstaubanalysator der Firma Grimm durchgeführt.

Untersucht wurden drei Sensoren dieses Typs aus verschiedenen Chargen, eingebaut in zwei Gehäuse-Bauformen (Einbau nach Vorgabe OK Lab sowie integriert in ein Gehäuse erstellt im 3D Druck).

Die Messungen fanden auf dem Versuchsgelände am LUBW-Standort Großoberfeld statt und wurden um Laboruntersuchungen in der LUBW in Karlsruhe ergänzt.

Ergebnisse:

- zufriedenstellende Korrelation an Tagen mit mittlerer Luftfeuchtigkeit (50 - 70 % r. F.) und Konzentrationen kleiner  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- deutliche Abweichungen bei Schwankungen der klimatischen Bedingungen (Luftfeuchte, Luftdruck, Lufttemperatur)
- Sensoren aus unterschiedlichen Chargen weisen unterschiedliche Messergebnisse auf
- undefinierter Probengasstrom durch unregelmäßigen Lüfter führt zu starken Schwankungen des Messvolumens

Grundsätzlich begrüßt die LUBW das wachsende Interesse an der Luftreinhaltung und verfolgt ebenfalls die hierzu laufenden Entwicklungen. Exemplarisch fand hierzu der beschriebene Vergleichstest statt. Allerdings ist bei der Vielzahl der auf dem Markt erhältlichen Sensoren und Messsysteme keine fortlaufende Überprüfung möglich.

# 1 Einleitung

Die Feinstaubwerte gingen in den vergangenen Jahren in ganz Baden-Württemberg zurück. Lediglich an der Luftmessstation Stuttgart Am Neckartor werden momentan noch Grenzwertüberschreitungen von Feinstaub PM10 festgestellt.

Eine Gruppe von Privatpersonen (OK Lab) will mit ihrer Selbstbaulösung zur Messung von Feinstaub die Bürgerinnen und Bürger für das Feinstaub-Problem sensibilisieren und baut eigene kostengünstige Feinstaubsensoren, mit denen jeder selbst – zusätzlich zu den amtlichen Luftmessungen vor Ort – Messungen durchführen kann. Diese Messdaten werden an OK Lab übertragen und im Internet veröffentlicht.

Da durch Projekte wie diese, „Citizen Science“, also das Forschen durch Bürger, immer mehr in den Fokus rückt und die Anzahl der Anfragen nach der Qualität der momentan eingesetzten Sensoren steigt, hat die LUBW drei dieser von OK Lab verwendeten Sensoren beschafft, um sie einer näheren Untersuchung zu unterziehen und um Vergleichsmessungen dieser Geräte mit den eignungsgeprüften Feinstaubmonitoren der LUBW durchführen zu können.

Nachdem der erste von OK Lab eingesetzte Sensor bei früheren Untersuchungen durch die LUBW Mängel aufwies, nutzt die Bürgerinitiative OK Lab Stuttgart seit einiger Zeit einen neuen Sensor zum Messen von Feinstaub, den SDS011-Sensor von Nova Fitness Co., Ltd. Dieser soll deutlich bessere Messergebnisse liefern als der zuvor von dieser Initiative eingesetzte Sensor.



**Abbildung 1.1:** SDS011 Sensor nova

Die Vergleichsmessung von drei Sensoren des Typs SDS011 (siehe Abbildung 1.1) in verschiedenen Einbauformen mit einem für PM10-Messungen eignungsgeprüften Feinstaubmonitor der Firma Grimm (siehe Abbildung 1.2) wurde in der Zeit von Anfang Februar bis

Anfang April 2017 durchgeführt. Vor den Messungen wurde das Grimm-Gerät im Labor an dem dafür vorgesehenen Staub-Prüfstand kalibriert.



**Abbildung 1.2:** Feinstaubmonitor der Fa. Grimm

Der Test fand auf dem Versuchsgelände der LUBW am Standort Großoberfeld statt; untersucht wurde dabei die Komponente PM10 (vgl. Kapitel 2).

Ergänzt wurden die Feldmessungen durch Laboruntersuchungen, bei denen u. a. das Durchflussverhalten bei verschiedenen Längen der verwendeten Probenahme-Schläuche aufgenommen wurde (vgl. Kapitel 3).

Im Kapitel 4 werden die Resultate aus den Untersuchungen im Labor und auf dem Testfeld nochmals näher betrachtet und unter verschiedenen Aspekten ausgewertet.

Ein abschließendes Fazit zu den durchgeführten Untersuchungen und den dabei erzielten Ergebnissen wird in Kapitel 5 vorgenommen.

Kapitel 6 zeigt die Vorgaben auf, die amtliche bzw. für die EU belastbare Luftmessungen erfüllen müssen.

Kapitel 7 beantwortet gängige Fragen zum Thema Luftmessungen mit kostengünstiger Sensortechnik.

Zur besseren Lesbarkeit sind im Anhang nochmals alle Diagramme des Dokuments in vergrößerter Form dargestellt.



## 2 Vergleichsmessung auf Testfeld

Auf dem Testfeld der LUBW am Standort Großoberfeld wurden vom 08. Februar 2017 bis 11. April 2017 Vergleichsmessungen der SDS011 Sensoren in verschiedenen Einbauformen mit einem kalibrierten Grimm Aerosolspektrometer Mod. 180, im Folgenden als **PM\_GRIMM** bezeichnet, durchgeführt.

Die Basis für den Vergleich bildet dabei die kontinuierliche Datenerfassung von 1-Minutenwerten. Darauf aufbauend wurden weitere Aggregationen (1-Stundenmittelwerte (1h-Mw), Tagesmittelwerte (24h-Mw)) errechnet.

Der Einbau der Sensoren erfolgte in zwei Gehäuseformen.

Ein Messgerät wurde nach den Vorgaben von Ok-Lab-Stuttgart gefertigt.<sup>1</sup> Dieses wird im Folgenden als **PM\_OK** bezeichnet.

Die technischen Grundlagen zur Datenerfassung mit dem zweiten Messgerät bilden einerseits der Artikel im Make-Magazin (1/2017) sowie andererseits ein durch die LUBW entworfenes Gehäuse, das im 3D-Druck hergestellt wurde. Dieses wird im Folgenden als **PM\_RASP** bezeichnet.

Die Installation der beiden Messgeräte erfolgte auf dem Dach der Teststation in Großoberfeld auf der Höhe der Probenahme für das PM\_GRIMM (vgl. Abbildung. 2.1).

Bei den drei Messgeräten werden die Messwerte im Minutentakt abgefragt und in einer Datenbank gespeichert. Auf Basis dieser 1-Minutenwerte werden dann die Werte für alle anderen Zeitraster (1-Stundenmittelwerte, Tagesmittelwerte) aggregiert.

Für den einfachen und schnellen Vergleich der Daten wurde zusätzlich eine über das Intranet der LUBW erreichbare Visualisierung in Diagrammform realisiert.

Neben den Staubkonzentrationen können hier die meteorologischen Parameter (Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung) der Teststation angezeigt werden.

---

<sup>1</sup> <http://luftdaten.info/>

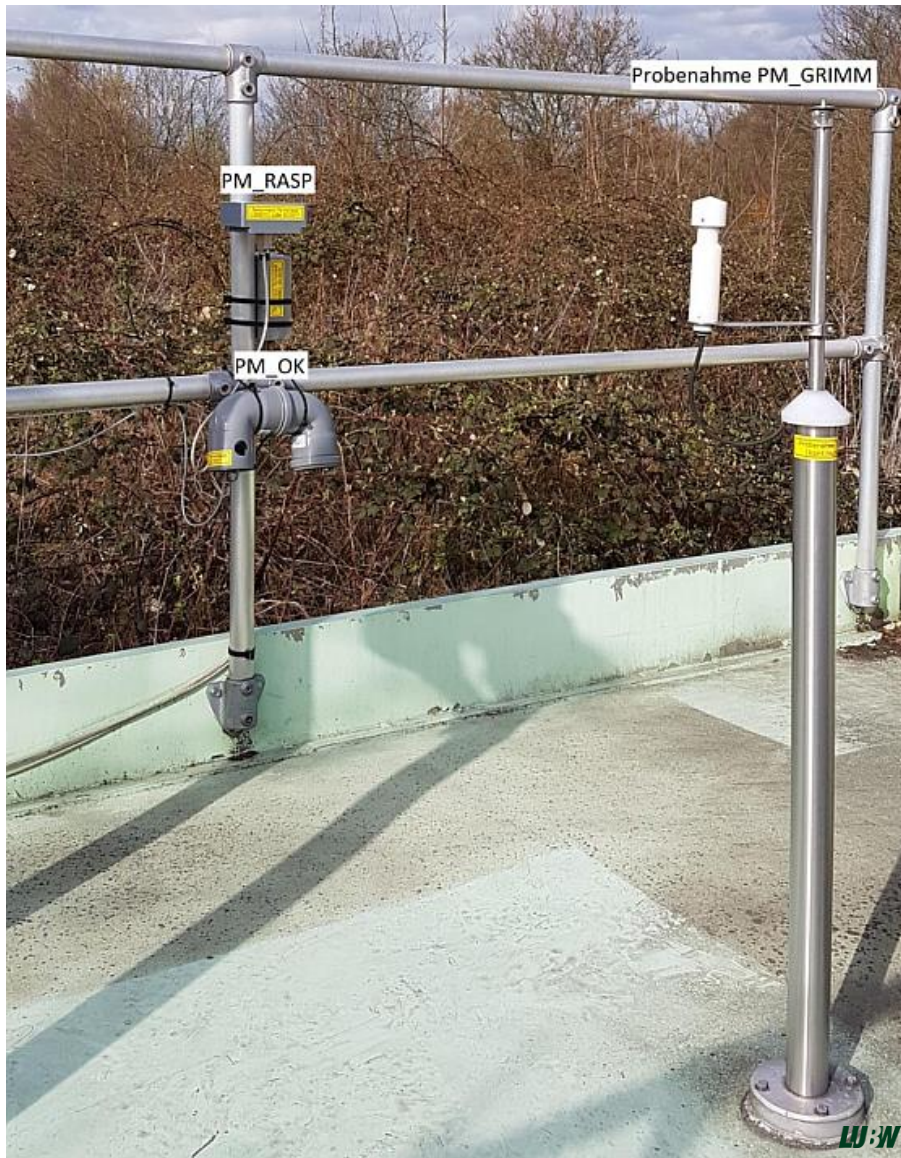
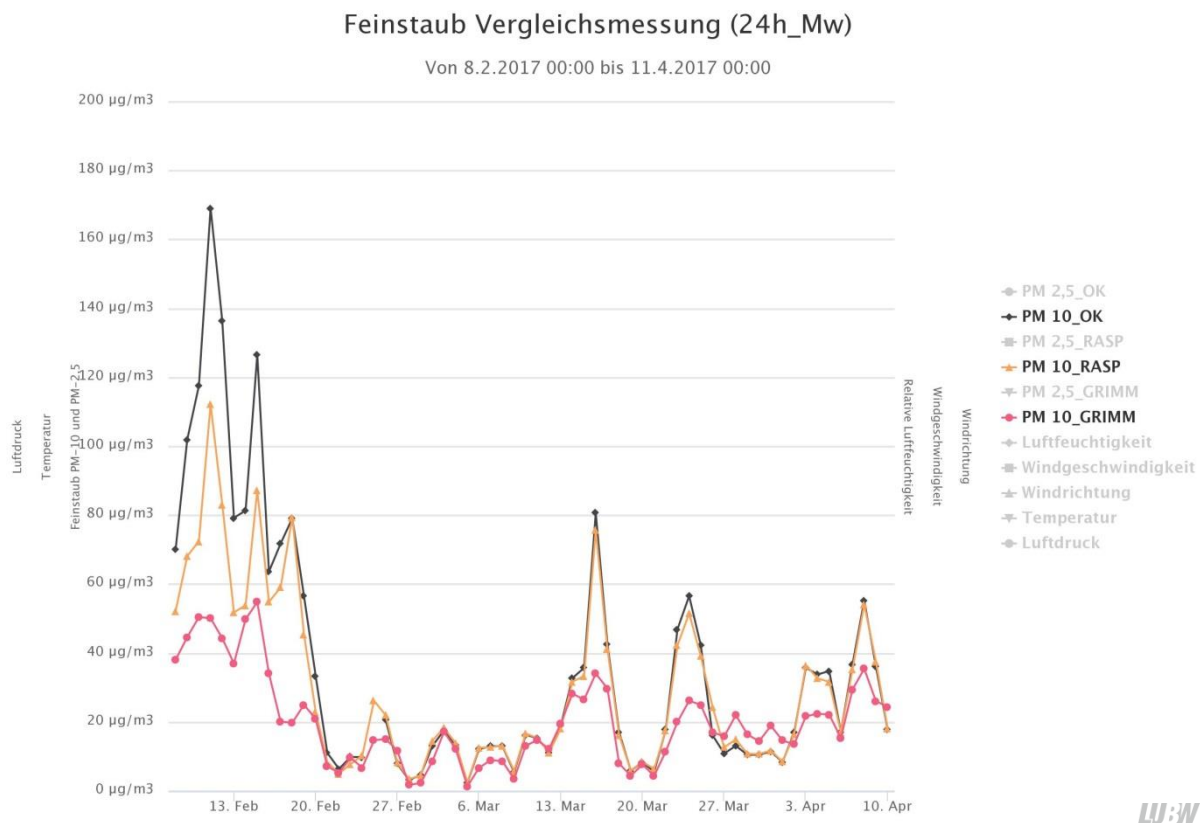


Abbildung 2.1: Anordnung der Messgeräte aus dem Dach des Messcontainers

Der Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit beträgt bei PM10  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tagesmittelwert) bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. Dem entsprechend werden in der Gesamtübersicht auch die Tagesmittelwerte des gesamten Messzeitraumes in einem Diagramm dargestellt (vgl. Abbildung 2.2). Die Anzahl der Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes für PM10 sind außerdem für die Sensoren und für den Staubmonitor in tabellarischer Form dargestellt (vgl. Tabelle 2.1).



**Abbildung 2.2: Gesamtübersicht der ermittelten Tagesmittelwerte**

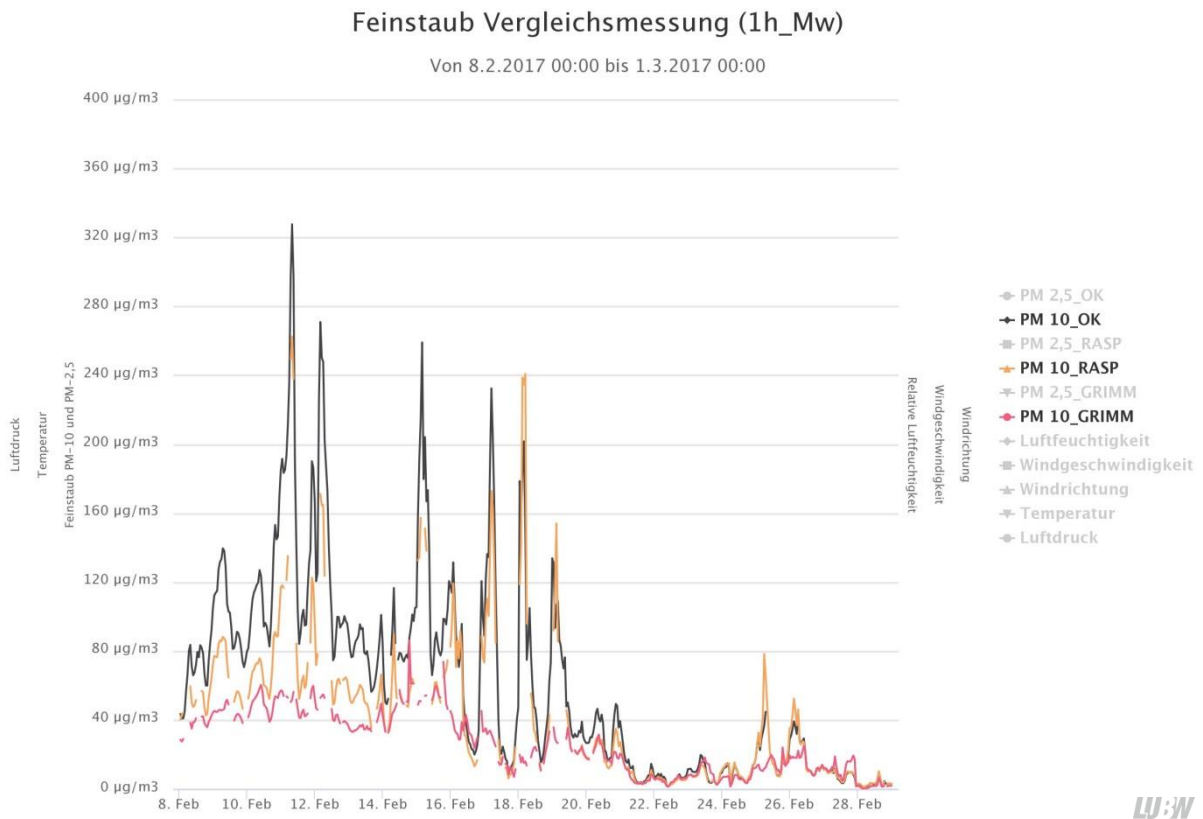
**Tabelle 2.1: Anzahl der Überschreitungen des Grenzwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Testzeitraum von 62 Tagen<sup>2</sup>.**

	PM_Grimm	PM_RASP	PM_OK
Anzahl Überschreitungen	3	14	15

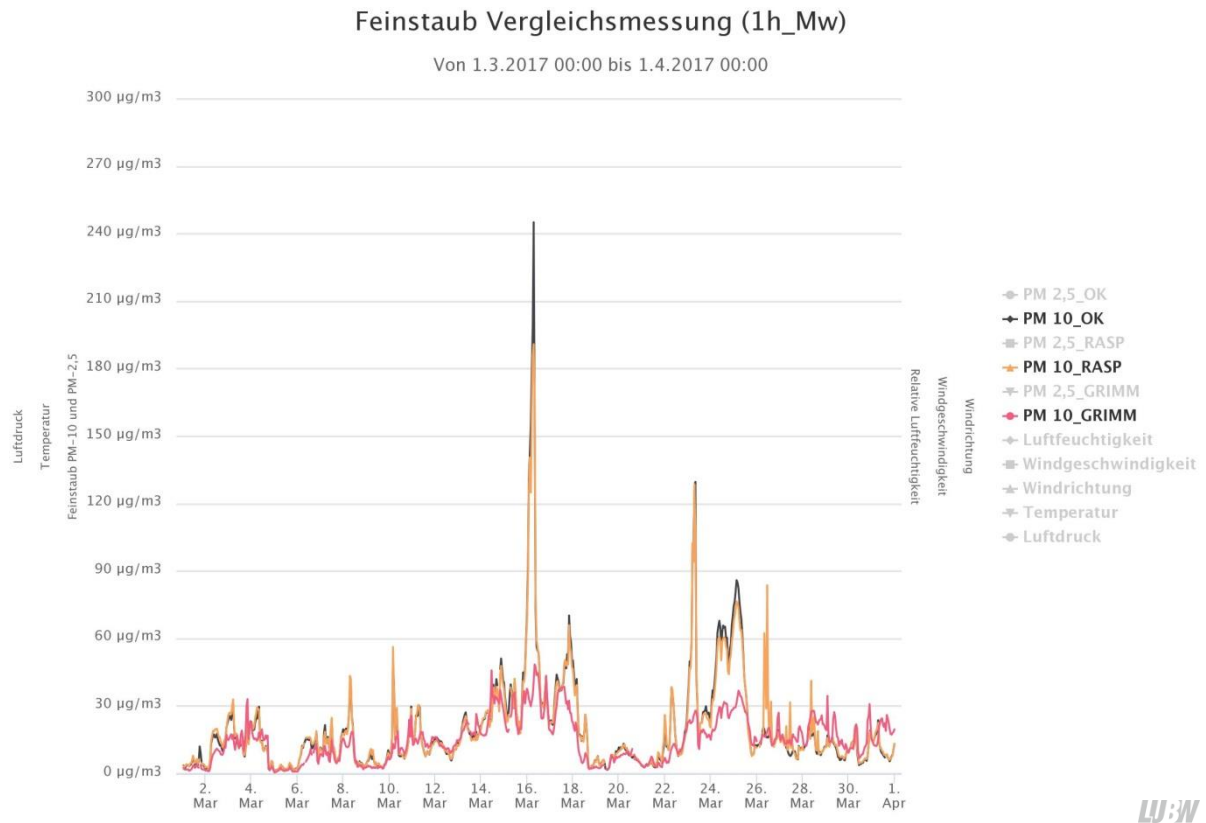
<sup>2</sup> Gezählt werden nur Tage an denen der Tagesmittelwert des PM\_GRIMM und mindestens ein Tagesmittelwert von PM\_RASP oder PM\_OK gültig sind.

Zur besseren Veranschaulichung der beobachteten Effekte im Testzeitraum werden im Kapitel 4 die 1-Stundenmittelwerte verwendet.

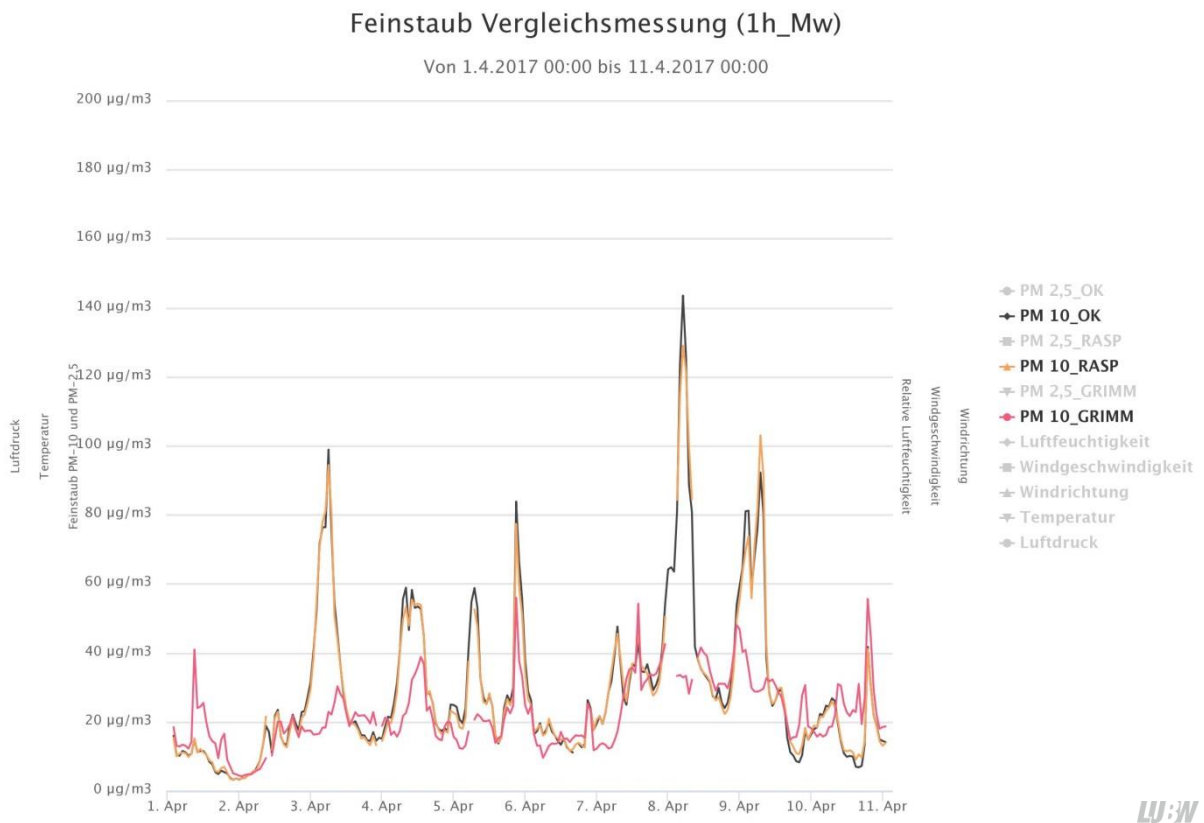
Um die dort gezeigten Ereignisse in den Gesamtzusammenhang einordnen zu können, werden in den nachfolgenden Abbildungen 2.3, 2.4 und 2.5 für die Monate Februar, März und April die Diagramme mit den 1-Stundenmittelwerten dargestellt.



**Abbildung 2.3: Übersicht Februar 2017**



**Abbildung 2.4: Übersicht März 2017**



**Abbildung 2.5: Übersicht April 2017**

### 3 Untersuchungen im Labor

Beim Sensor SDS011 handelt es sich um einen integrierten Sensor mit digitaler Schnittstelle, untergebracht auf einem Board von einer Größe von 70 mm x 70 mm x 23 mm. Aus Platz- und Kostengründen wird hier die Probenluft nicht wie bei Immissionsmessgeräten üblich mit einer geregelten Probenahmepumpe angesaugt, sondern über einem kleinen Lüfter, der die Probenluft durch die Messkammer saugt. Der Sensor enthält kein Probenahmerohr, kann aber laut Herstellerangaben mit einem bis zu 1 m langen Probenahmeschlauch (Innendurchmesser 6 mm) betrieben werden.

In einem Laborversuch wurde der Einfluss der Schlauchlänge auf den Probendurchfluss und somit auf die gemessene Staubkonzentration untersucht. Bei unterschiedlichen Schlauchlängen von 20, 40, 60, 80 und 100 cm fand eine Erfassung des Probenluftstromes statt. Erste Messungen mit herkömmlichen Durchflussmessgeräten (thermischer Durchflussmesser, Volumeter) zeigten keine brauchbaren Messergebnisse, da bei Anschluss dieser Geräte der vom Lüfter erzeugte Luftstrom stark beeinflusst wurde. Daraufhin wurde für die Messung ein Seifenblasenzähler (siehe Abbildung 3.1) eingesetzt, der durch den geringen Druckverlust den Probenluftstrom nicht verfälscht. Aus der Durchlaufzeit der Seifenblase durch den Messkolben lässt sich der Durchfluss berechnen. Die erzielten Messergebnisse sind in Tabelle 3.1 zusammengefasst. Dabei wurde festgestellt, dass mit zunehmender Schlauchlänge der Durchfluss deutlich abnimmt. Diese Abhängigkeit ist in Abbildung 3.2 dargestellt.

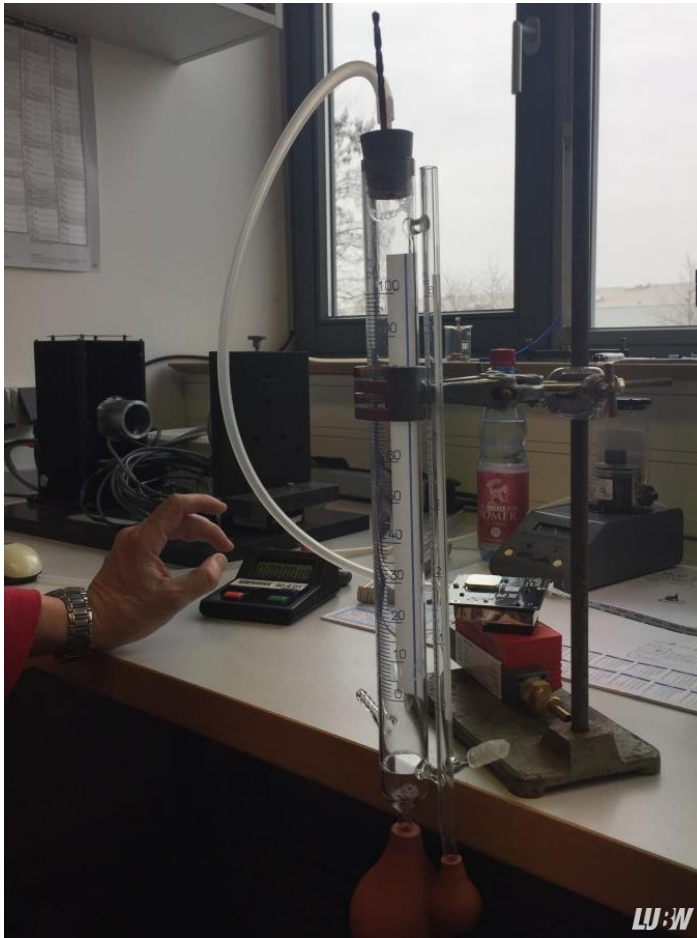


Abbildung 3.1: Durchflussmessung mit einem Seifenblasenzähler

Tabelle 3.1: Messergebnisse der Untersuchungen zur Abhängigkeit des Durchflusses von der Schlauchlänge

Schlauchlänge [cm]	Mittelwert [s]	Durchfluss [ml/min]	Normierter Durchfluss [Nml/min]
100	14,57	412	377
80	12,98	462	424
60	11,40	526	483
40	9,98	601	551
20	9,04	664	609

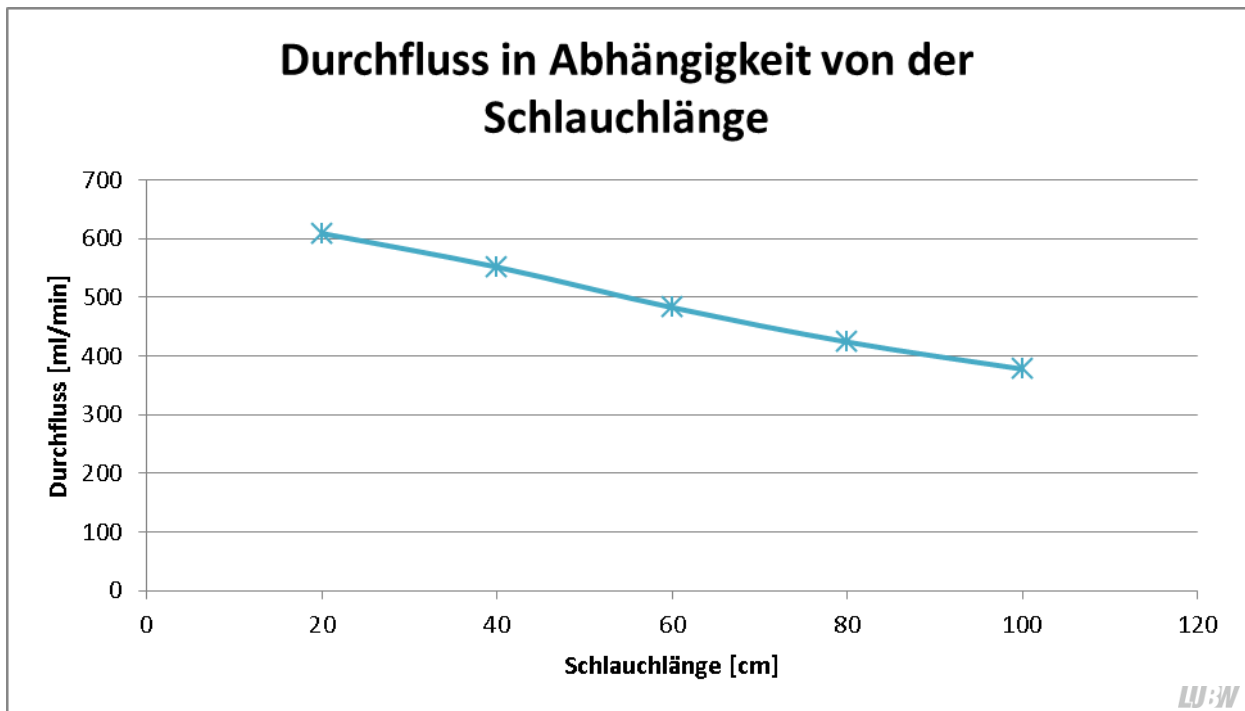


Abbildung 3.2: Graphische Darstellung der Abhängigkeit des Durchflusses von der Schlauchlänge



# 4 Diskussion der Messergebnisse

Nachfolgend werden die Resultate aus den Untersuchungen im Labor und auf dem Testfeld nochmals näher betrachtet und unter verschiedenen Aspekten, die im Testzeitraum untersucht wurden, ausgewertet. Unter Kapitel 4.5 wird auf weitergehende Einflussfaktoren eingegangen.

In den folgenden Diagrammen sind die 1-Stundenmittelwerte dargestellt, die aus 1-Minutenwerten aggregiert wurden.

## 4.1 ABHÄNGIGKEIT DER STAUBWERTE VON DER LUFTFEUCHTIGKEIT

In der Spezifikation des Sensors ist die maximale relative Luftfeuchtigkeit (r. F.) bei der der Sensor betrieben werden sollte mit 70 % r. F. angegeben. Ein gutes Beispiel für die Abhängigkeit der Anzeigewerte der Sensoren von der Luftfeuchtigkeit, zeigt die folgende Abbildung 4.1.1.

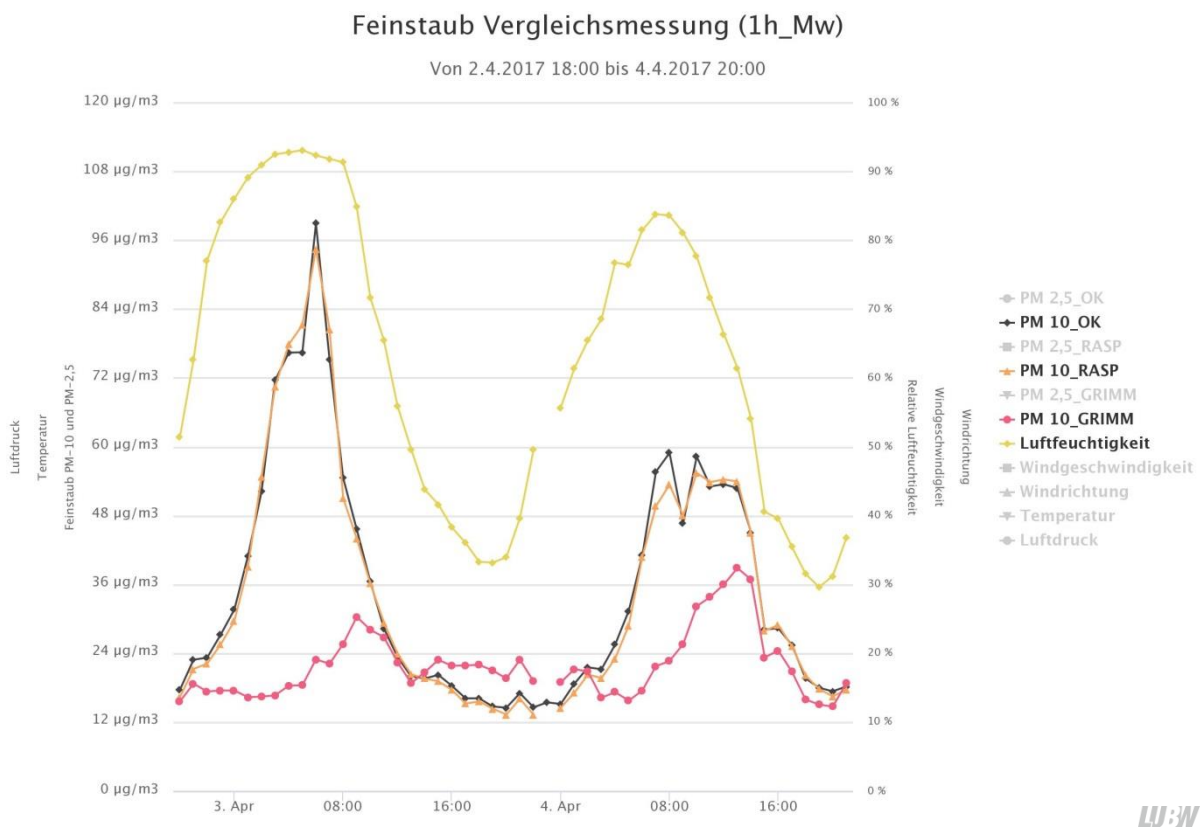
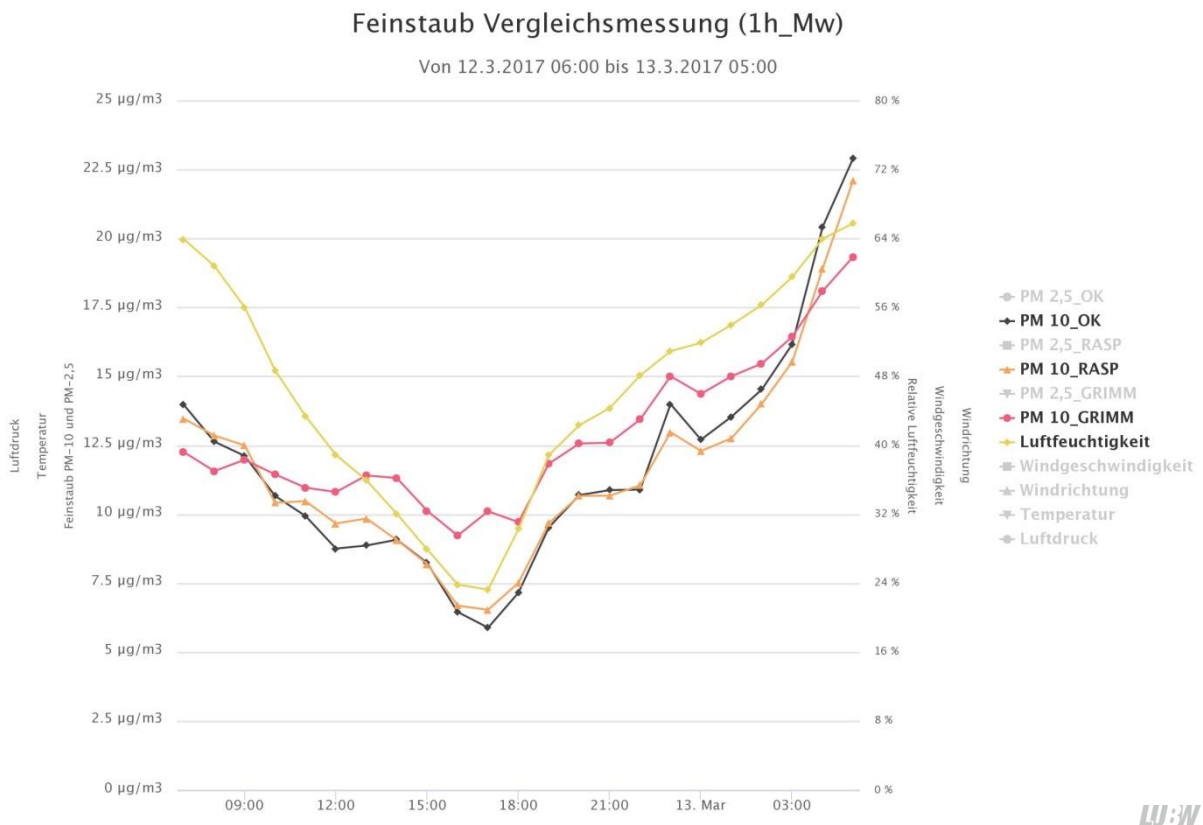


Abbildung 4.1.1: Abhängigkeit der Staubwerte bei hoher Luftfeuchtigkeit

Wie man erkennen kann, zeigen die SDS011-Sensoren bei hohen Werten der relativen Luftfeuchtigkeit einen signifikanten Anstieg der Messwerte im Vergleich zum Feinstaubmonitor

der Firma Grimm. Am 03.04.2017 um ca. 06:00 Uhr zum Beispiel sind die Messwerte der Sensoren bei einer Luftfeuchte von ca. 92% um den Faktor 4 zu hoch.

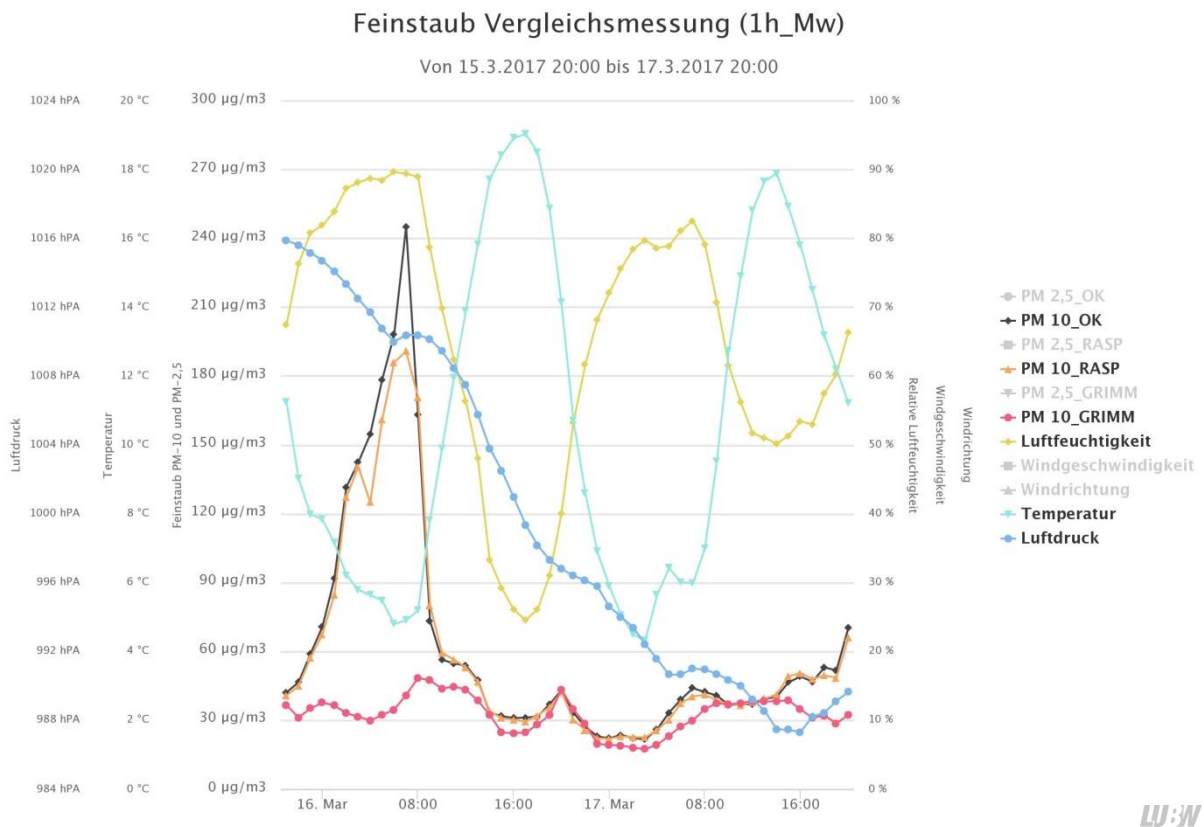
Umgekehrt liefern die Sensoren bei einer Luftfeuchte unter 50 % r. F. zu niedrige Werte. Dies zeigte sich vor allem bei den Laborversuchen und wurde auch durch die Messungen auf dem Testfeld bestätigt. Ein Beispiel dafür ist der 12.03.2017, der in Abbildung 4.1.2 dargestellt ist.



**Abbildung 4.1.2: Abhängigkeit der Staubwerte bei niedriger Luftfeuchtigkeit**

#### 4.2 ABHÄNGIGKEIT DER STAUBWERTE VON ANDEREN METEOROLOGISCHEN GRÖßEN

Die nachfolgende Abbildung 4.2.1 zeigt die 1-Stundenmittelwerte an zwei aufeinanderfolgenden Tagen mit vergleichbarer Feinstaubbelastung. Auch die gemessenen Werte für die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur liegen an beiden Tagen in der gleichen Größenordnung.



**Abbildung 4.2.1: Abhängigkeit der angezeigten Staubwerte von anderen meteorologischen Größen**

Es zeigt sich, dass am ersten Tag (16.03.2017) die von den Sensoren angezeigten Staubwerte um den Faktor 5 höher sind als die Messwerte des Staubmonitors der Fa. Grimm. Am zweiten Tag (17.03.2017) hingegen zeigt sich eine relativ gute Übereinstimmung der drei Staubwerte.

Dieses Verhalten könnte möglicherweise auf den gefallen Luftdruck zurückzuführen sein (von 1016 hPa am 16.03.2017 auf 987 hPa am 17.03.2017).

### 4.3 ABHÄNGIGKEIT DER STAUBWERTE VON UNTERSCHIEDLICHEN CHARGEN DER SENSOREN

Zu Beginn der Vergleichsmessung wurden zwei Sensoren aus unterschiedlichen Chargen benutzt. Diese Sensoren lieferten zum Teil deutlich voneinander abweichende Messwerte. Um zu klären, ob diese Unterschiede aus den unterschiedlichen Gehäusen oder den unterschiedlichen Chargen resultieren, wurde am 23.02.2017 der Sensor im Messgerät PM\_RASP durch einen Sensor getauscht, der aus der gleichen Charge kommt, wie der welcher im Messgerät PM\_OK verbaut wurde.

In der nachfolgenden Abbildung 4.3.1 erkennt man, dass die Konzentrationsverläufe der beiden Sensoren nach dem Umbau ziemlich gut übereinstimmen. Von einer Abhängigkeit der Chargen-Zugehörigkeit kann man somit ausgehen.

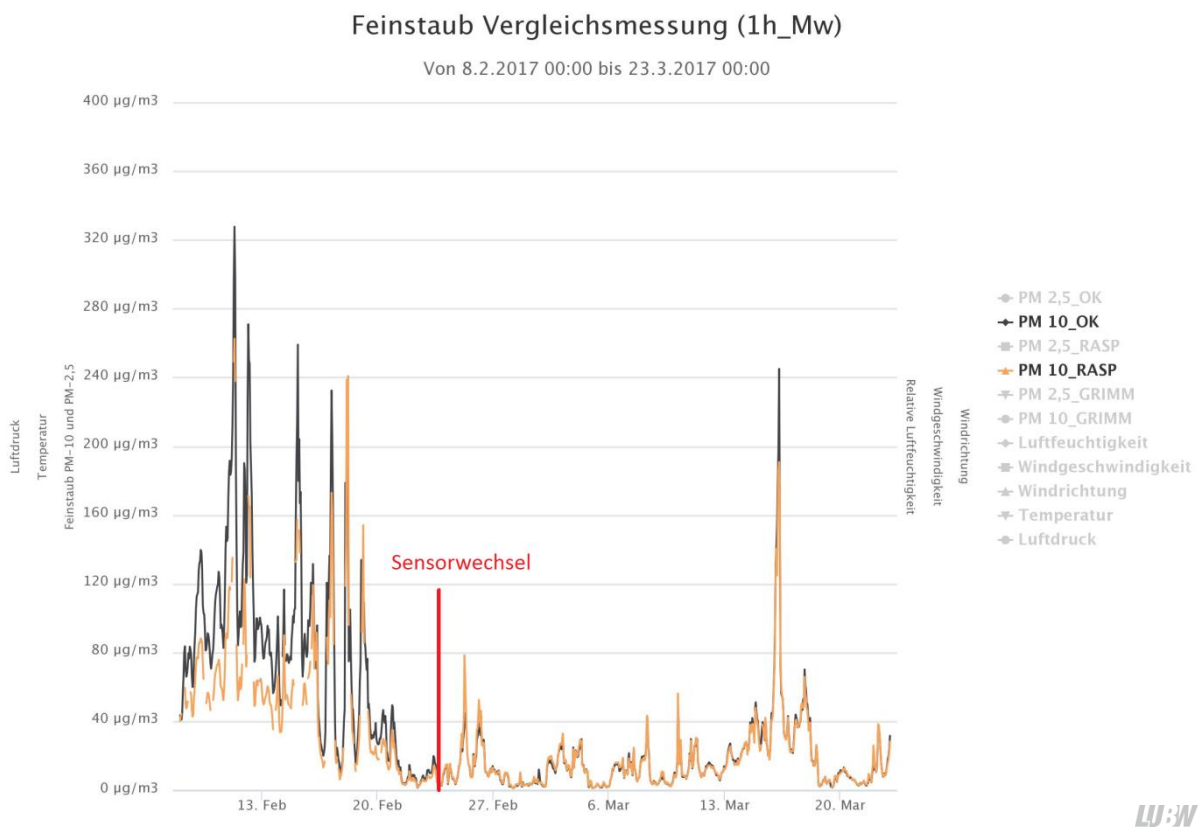


Abbildung 4.3.1: Konzentrationsverlauf der beiden Sensoren vor und nach dem Austausch

#### 4.4 ABHÄNGIGKEIT DER STAUBWERTE VOM PROBENGASSTROM

Die Probenluft an den SDS011-Sensoren wird mit einem kleinen Lüfter angesaugt. Dieser Lüfter ermöglicht weder eine stabile noch reproduzierbare Probenahme. Der Proben-gasstrom wird nicht geregelt und ist somit von Umgebungseinflüssen (u. a. Druck, Tempera-tur) und auch von der Betriebsspannung abhängig. Die pro Zeitintervall die Messkammer durchströmende Anzahl von Teilchen kann somit je nach äußeren Bedingungen stark variie-ren.

Bei der Untersuchung des Durchflusses in Abhängigkeit zur Länge des Probenahme-Schlauches zeigte sich, dass aus einem längeren Probenahmeschlauch ein geringerer Durchfluss resultiert. So entspricht der Durchfluss bei einer Schlauchlänge von 100 cm nur rund 60% des Wertes, der bei einer Schlauchlänge von 20 cm gemessen wurde. Beim Be-treiben der Sensoren sollte deshalb ein einheitlicher und möglichst kurzer Probenahme-Schlauch verwendet werden (vgl. Kapitel 3).

Bei den Laborversuchen zeigte sich außerdem, dass der Durchfluss durch Wind stark beein-flusst werden kann. Bei den Messungen auf dem Testfeld hatte der Wind jedoch keinen gro-ßen Einfluss, da die Sensoren in beiden Gehäusen ausreichend vor Wind geschützt waren.

#### 4.5 WEITERE EINFLUSSFAKTOREN

Neben den unter 4.1 bis 4.4 untersuchten Abhängigkeiten haben u. a. die Laufzeit, bei-spielsweise durch Auftreten von altersbedingten Driften sowie der Verschmutzung der Mess-kammer und des Lüfters, Einfluss auf die gemessenen Werte. Durch eine regelmäßige War-tung und Pflege könnte diesem Problem Abhilfe geschaffen werden.

Auch spielt die Wahl des Messstandortes eine erhebliche Rolle bei der Messung. So können die Messergebnisse beispielsweise stark variieren, je nachdem in welcher Höhe der Sensor angebracht ist, wie weit er von einem Emittenten z. B. der Straße entfernt ist oder wie gut oder schlecht durchlüftet seine Umgebung ist.

## 5 Fazit

Die Messwerte des Staubsensors SDS011 und des Feinstaubmonitors der Firma Grimm weisen an Tagen mit einer mittleren Luftfeuchtigkeit von ca. 50 – 70 % r. F. und einer Staubbelastung unter  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine zufriedenstellende Korrelation auf.

Prinzipiell reagieren die Sensoren SDS011 jedoch auf Schwankungen der klimatischen Bedingungen wie Luftfeuchte, Luftdruck und Lufttemperatur, wodurch deutliche Abweichungen der Messwerte im Vergleich mit dem kalibrierten Feinstaubmonitor der Firma Grimm auftreten.

Da sich jedoch keine eindeutige Abhängigkeit der angezeigten Sensoren-Werte von den klimatischen Verhältnissen ableiten lässt, ist es nicht möglich eine einfache Korrekturformel zur Verbesserung der Korrelation zu erstellen.

Außerdem liefern die SDS011-Sensoren je nach Charge unterschiedlich gute Werte. Um vergleichbare Messwerte auch bei unterschiedlichen Chargen gewährleisten zu können, müssten die Sensoren vor dem Einsatz kalibriert werden, was allerdings momentan nicht möglich ist. Alternativ wäre auch die Ermittlung eines Korrekturfaktors für jede Charge denkbar. Dazu müsste man aus jeder Charge mehrere Sensoren mit einem kalibrierten Referenzgerät vergleichen.

Eine bessere Übereinstimmung zwischen den Messwerten der SDS011-Sensoren und einem eignungsgeprüften Staubmessgerät (wie z. B. das hier verwendete Grimm-Messgerät) wäre evtl. durch eine konstruktive Weiterentwicklung der Sensoren zu erzielen. Zielführend wären z. B. der Einbau einer kleinen Probenahme-Pumpe und die Anbringung einer einheitlichen und beheizten Probenahmeverrichtung.

Möglicherweise muss auch der Berechnungs-Algorithmus zur Umrechnung der Partikelanzahl in die Massenkonzentration vom Hersteller optimiert werden.

Außerdem sollte eine geeignete standortabhängige Kalibriermöglichkeit vorgesehen werden um die Korrelation zu verbessern. Dadurch könnten alterungsbedingte Driften ebenfalls korrigiert werden, die bei einer Langzeitnutzung konstruktionsbedingt zu erwarten sind (wie z. B. Verschmutzung der Messkammer und des Lüfters). Auch eine Angabe zu geeigneten Standorten für die Messungen könnten die Ergebnisse vergleichbarer machen.

## 6 Anforderungen an amtliche Messungen

Kostengünstige Sensoren bieten die Möglichkeit, qualitative Ergebnisse zu liefern, d.h. zum Beispiel Quellen identifizieren zu helfen. So können die meisten Sensoren für Feinstaub zeigen, dass bei einer Vielzahl von Aktivitäten wie Kochen, Grillen oder eben auch im Straßenverkehr Feinstaub entsteht. Auch für vergleichende Betrachtungen können solche Sensoren Anhaltspunkte liefern. Beispielsweise können sie zeigen, wie sich die Belastung an einer Stelle im Tagesverlauf ändert oder auch, wie hoch die Belastung direkt am Straßenrand im Vergleich zu einer drei Meter weiter entfernten Stelle ist.

Amtliche Messdaten, die den qualitativen Anforderungen der EU-Richtlinien entsprechen und als Grundlage von Luftreinhalteplänen dienen, müssen belastbar und gerichtsfest sein. Maßgeblich ist hier die **39. BImSchV** ([http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv\\_39/](http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/)), deren Einhaltung die Richtigkeit und Vergleichbarkeit der Daten (mit anderen Ländern und Grenzwerten) sicherstellt. Im Folgenden sind einige wesentliche Anforderungen aus dieser Verordnung aufgeführt:

- Freie Anströmung an den Messeinlass (mindestens 270°, Abstand zu Gebäuden mindestens 0,5 Meter)
- Messeinlass zwischen 1,5 Meter und 4 Meter über dem Boden
- Messeinlass nicht in nächster Nähe von Emissionsquellen
- Verkehrsbezogene Probenahmen müssen mindestens 25 Meter vom Rand verkehrsreicher Kreuzungen entfernt sein
- regelmäßige Wartung der Geräte vor Ort (vierteljährlich oder bei Bedarf)
- Ausbau und Grundüberprüfung im Labor (jährlich oder bei Bedarf)
- Überprüfung der Ergebnisse mittels Referenzmethoden (Gravimetrie, DIN EN 12341)
- Messunsicherheit: 25 %
- Mindestdatenerfassung: 90 %

Diese und zahlreiche weitere Vorgaben müssen Luftschadstoffmessungen erfüllen, um gemäß den europäischen Vorgaben mit den geltenden Grenzwerten vergleichbar zu sein.

Diese Anforderungen können kostengünstige Sensormesssysteme derzeit jedoch nicht erfüllen. Es gibt verschiedenste Vergleichsmessungen, die dies belegen. In einer Testumgebung schneiden Sensoren teilweise noch recht gut ab. Aber gerade in der realen Außenluft gibt es Einflüsse von Temperatur, Feuchte, Wind, Sonneneinstrahlung und weitere Störeffekte, die dazu beitragen, dass die Systeme dann nicht mehr zuverlässig messen. Einige Hersteller versuchen solche Effekte datentechnisch zu korrigieren. In einigen Fällen führt dies tatsächlich zu einer Verbesserung der Messdaten. Nachteil ist allerdings, dass meist nicht offen gelegt wird, wie die Daten verändert werden. Darüber hinaus sind die besseren dieser Systeme bereits relativ teuer.

# 7 FAQ

## → Was sollten Sie beim Einsatz eines Sensors beachten?

Der Markt für Sensor- Messsysteme entwickelt sich rasant. Es gibt zahlreiche Hersteller, aber auch Systeme im Eigenbau. Die Systeme werden ständig weiterentwickelt. Wenn Sie einen kostengünstigen Sensor verwenden möchten, sollten Sie bereits im Vorfeld einige Fragen klären:

**Warum möchte ich messen?** Z. B. Quellen finden, vergleichende Betrachtung etc.

**Passt der Sensor zu meinem Verwendungszweck?** Anmerkung: Viele Sensoren sind speziell für Innenräume entwickelt worden, d. h. sie sind für Außenluftmessungen nicht geeignet.

## → In welchem Messbereich kann mein Sensor messen?

**Was zeigt mein Sensor an?** Anmerkung: Feinstaub-Sensoren zählen in der Regel Partikel und berechnen daraus die Partikelmasse. Einheiten und Größenordnung sind hierbei sehr unterschiedlich. Sensoren für Stickoxide oder Ozon zeigen teilweise Werte in anderen Maßeinheiten, z.B. in parts per billion (Teile pro Milliarde, ppb) an, die in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  umgerechnet werden müssen.

**Wie komme ich an die Daten meines Sensors?** Anmerkung: Häufig gibt es Web-Anwendungen oder Apps, um die Daten aufzeichnen zu können. Beachten Sie die technischen Voraussetzungen (WLAN?), sonst können Sie den Sensor nur wie ein Thermometer verwenden. Sie sehen nur die aktuelle Konzentration.

**Was ist beim Aufstellen des Sensors zu beachten?** Anmerkung: Die Einlassöffnung zum Sensor muss frei sein. Außerdem arbeiten manche Sensoren nur in einem bestimmten Temperatur- oder Feuchtebereich.

**Wie lange liefert ein Sensor verlässliche Daten?** Für Vergleichsmessungen von neuen Sensoren sind relativ viele Informationen zu finden, zur Haltbarkeit der Sensoren im Dauerbetrieb findet sich jedoch nur wenig Konkretes.

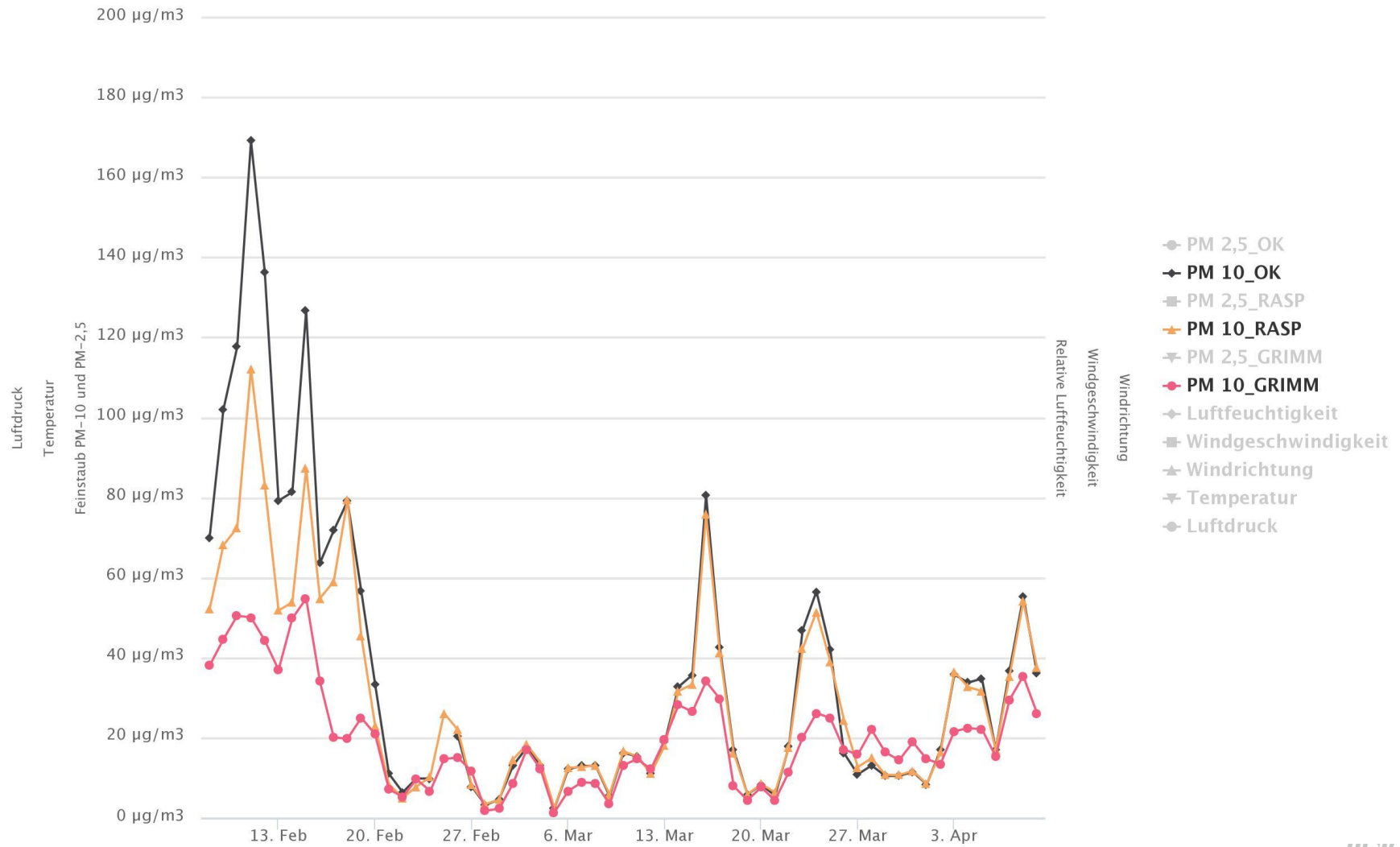


# 8 Anhang

Für eine bessere Lesbarkeit sind nachfolgend nochmals alle im Dokument aufgeführten Diagramme vergrößert auf eine ganze Seite im Querformat dargestellt.

# Feinstaub Vergleichsmessung (24h\_Mw)

Von 8.2.2017 00:00 bis 10.4.2017 00:00

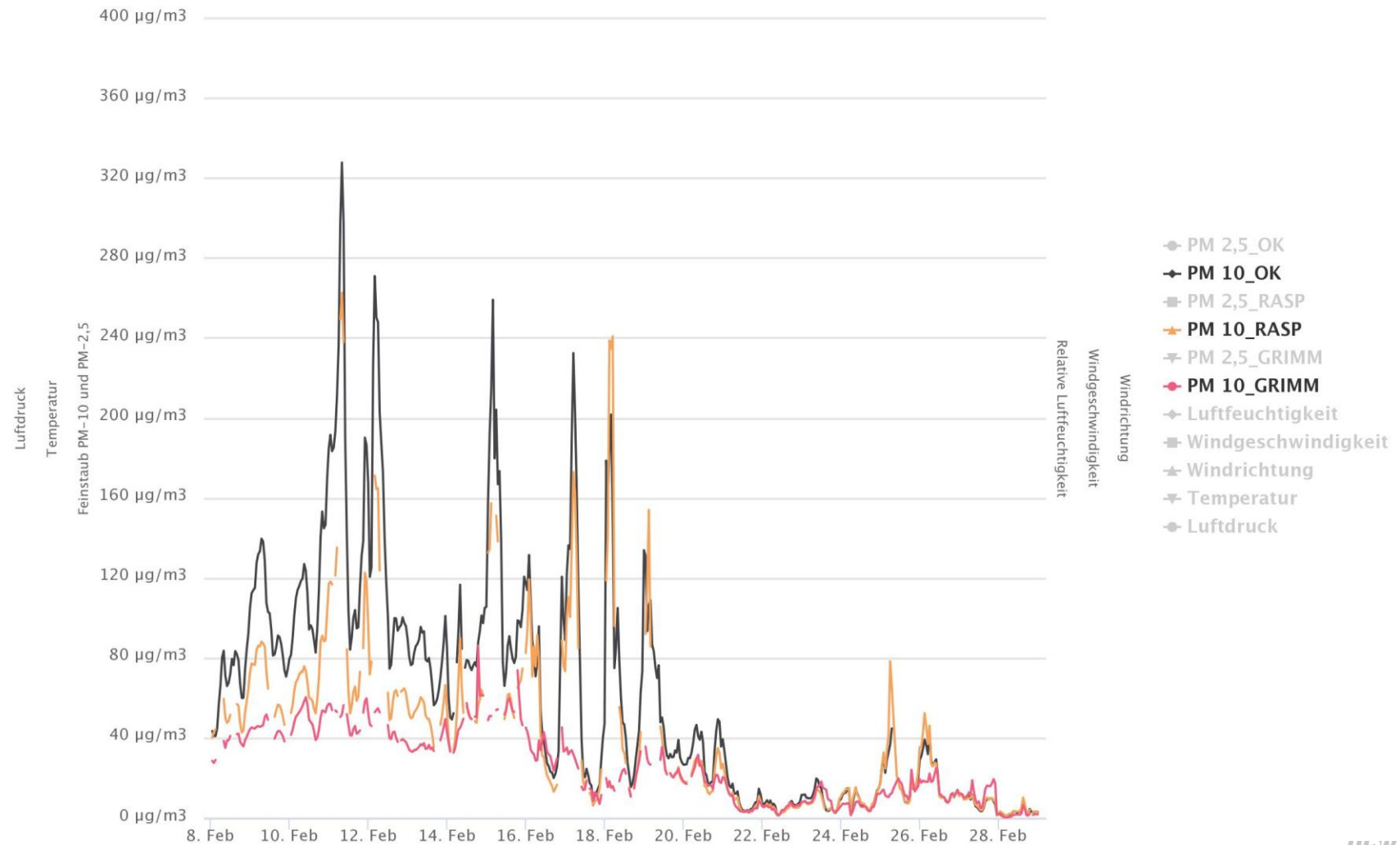


LUBW

Abbildung 5.1: Gesamtübersicht der ermittelten Tagesmittelwerte (ganzseitig)

# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 8.2.2017 00:00 bis 1.3.2017 00:00



LU:W

Abbildung 5.2: Übersicht Februar 2017 (ganzseitig)

# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 1.3.2017 00:00 bis 1.4.2017 00:00

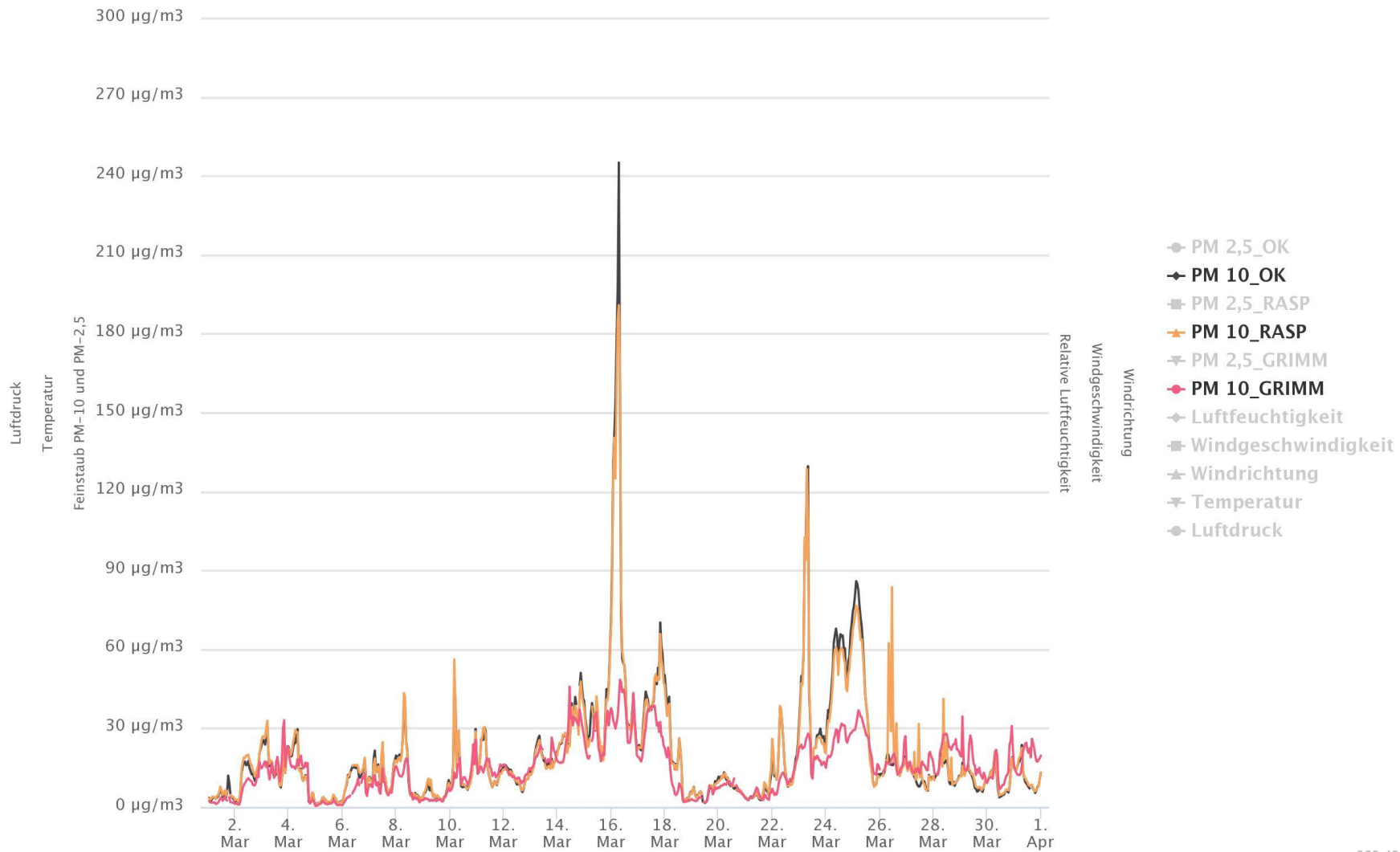


Abbildung 5.3: Übersicht März 2017 (ganzseitig)



# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 1.4.2017 00:00 bis 11.4.2017 00:00

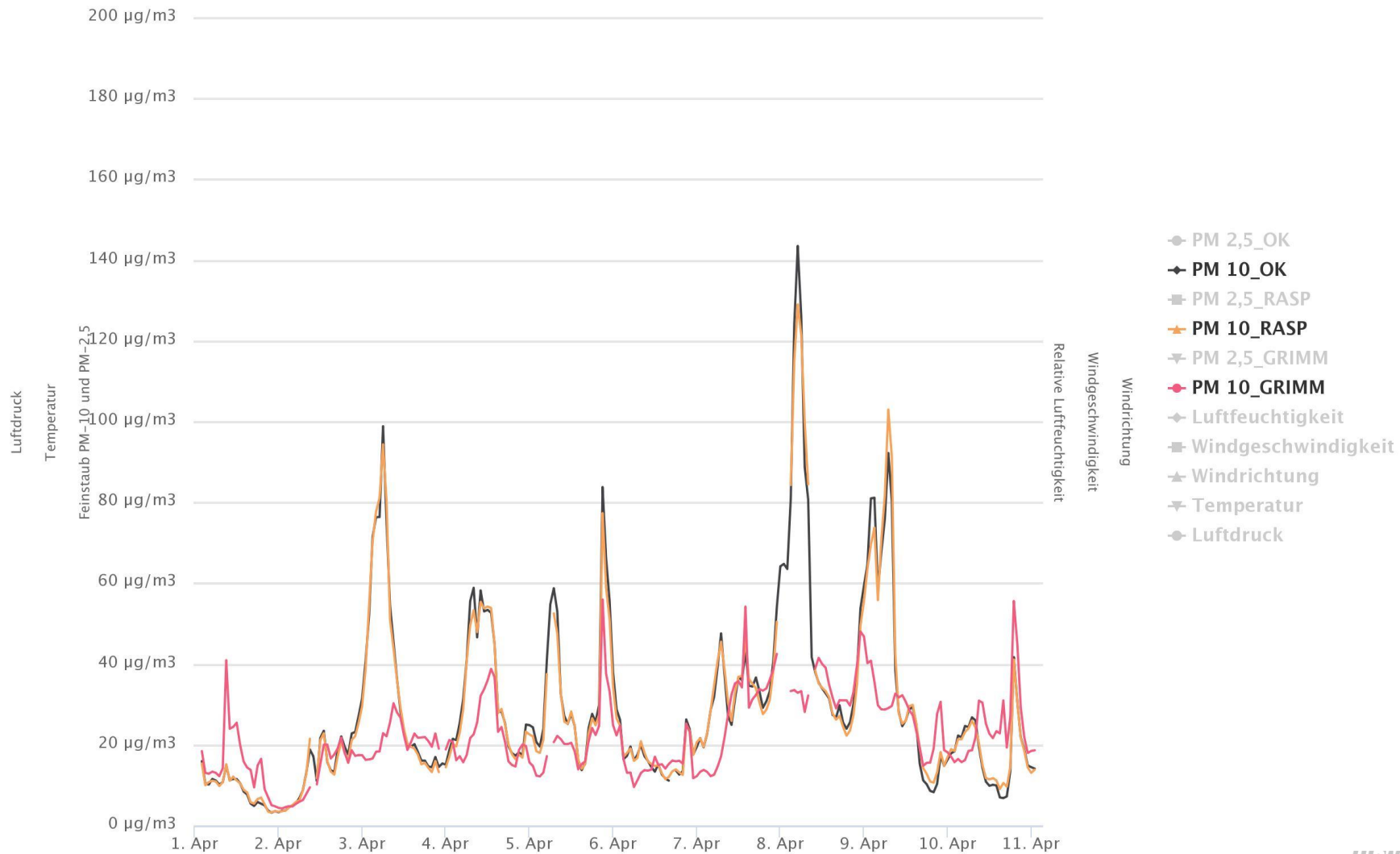


Abbildung 5.4: Übersicht April 2017 (ganzseitig)

LU:W

# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 2.4.2017 18:00 bis 4.4.2017 20:00

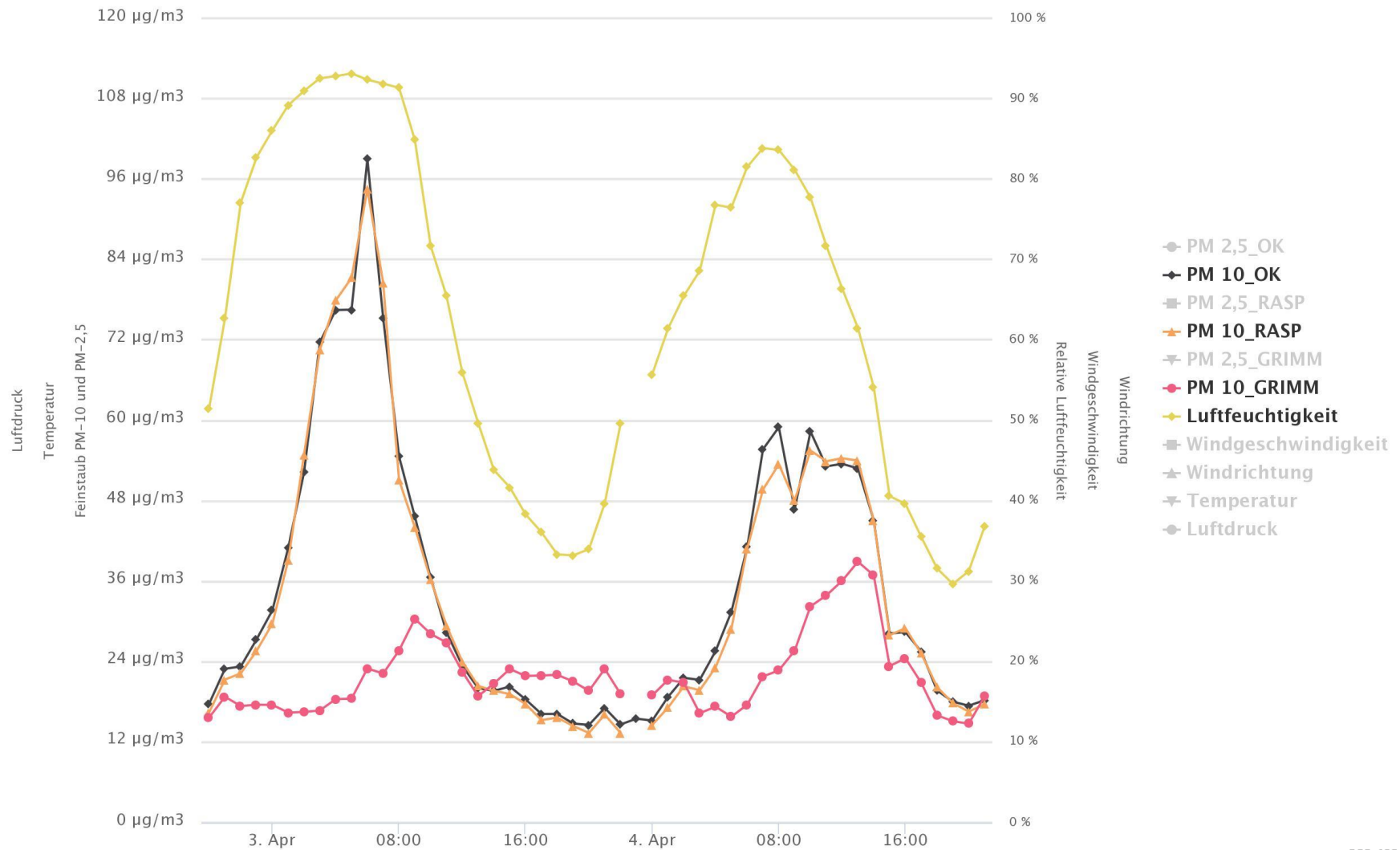


Abbildung 5.5: Abhängigkeit der Staubwerte bei hoher Luftfeuchtigkeit (ganzseitig)



# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 12.3.2017 06:00 bis 13.3.2017 05:00

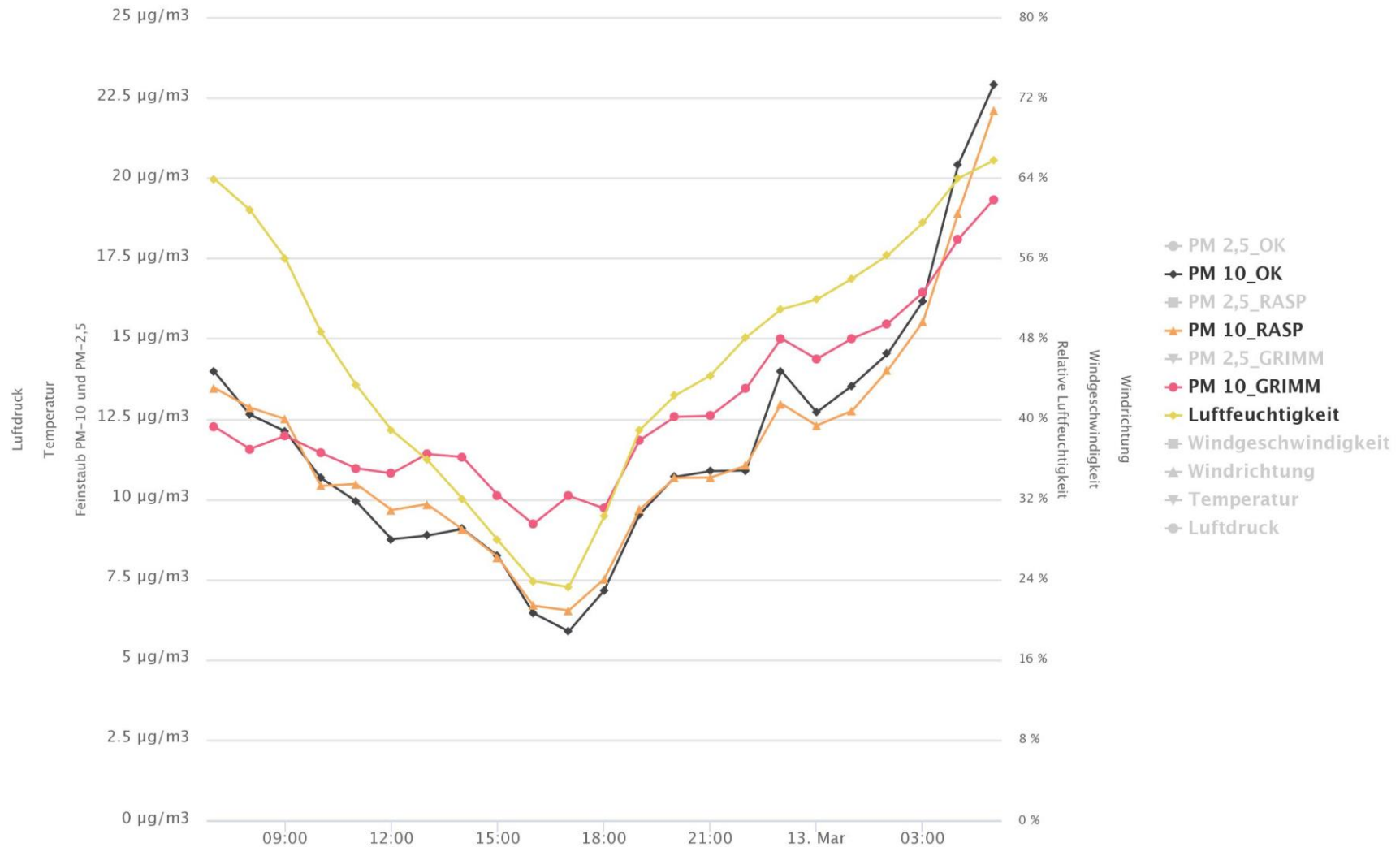
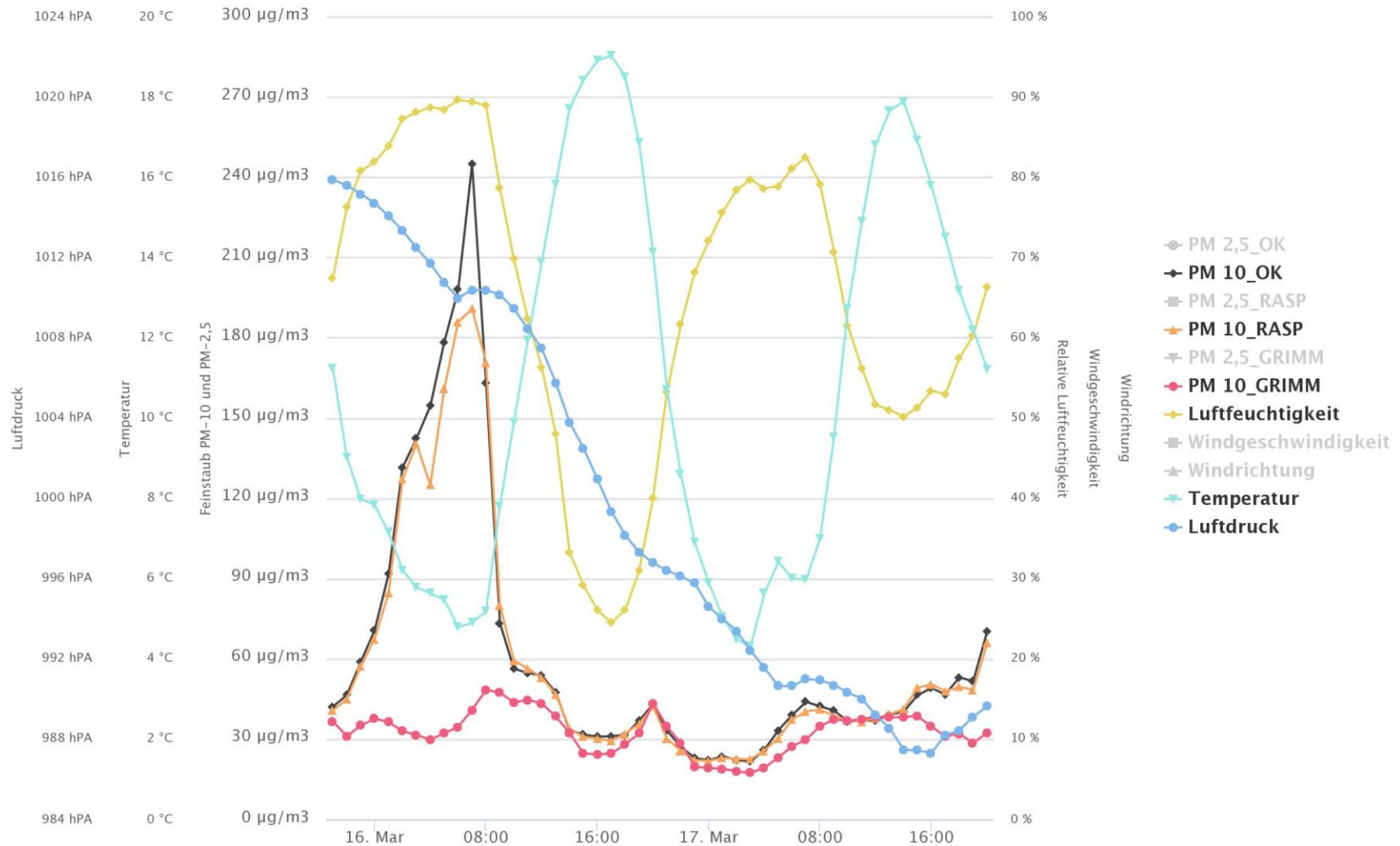


Abbildung 5.6: Abhängigkeit der Staubwerte bei niedriger Luftfeuchtigkeit (ganzseitig)



# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 15.3.2017 20:00 bis 17.3.2017 20:00



LUBW

Abbildung 5.7: Abhängigkeit der angezeigten Staubwerte von anderen meteorologischen Größen (ganzseitig)



# Feinstaub Vergleichsmessung (1h\_Mw)

Von 8.2.2017 00:00 bis 23.3.2017 00:00

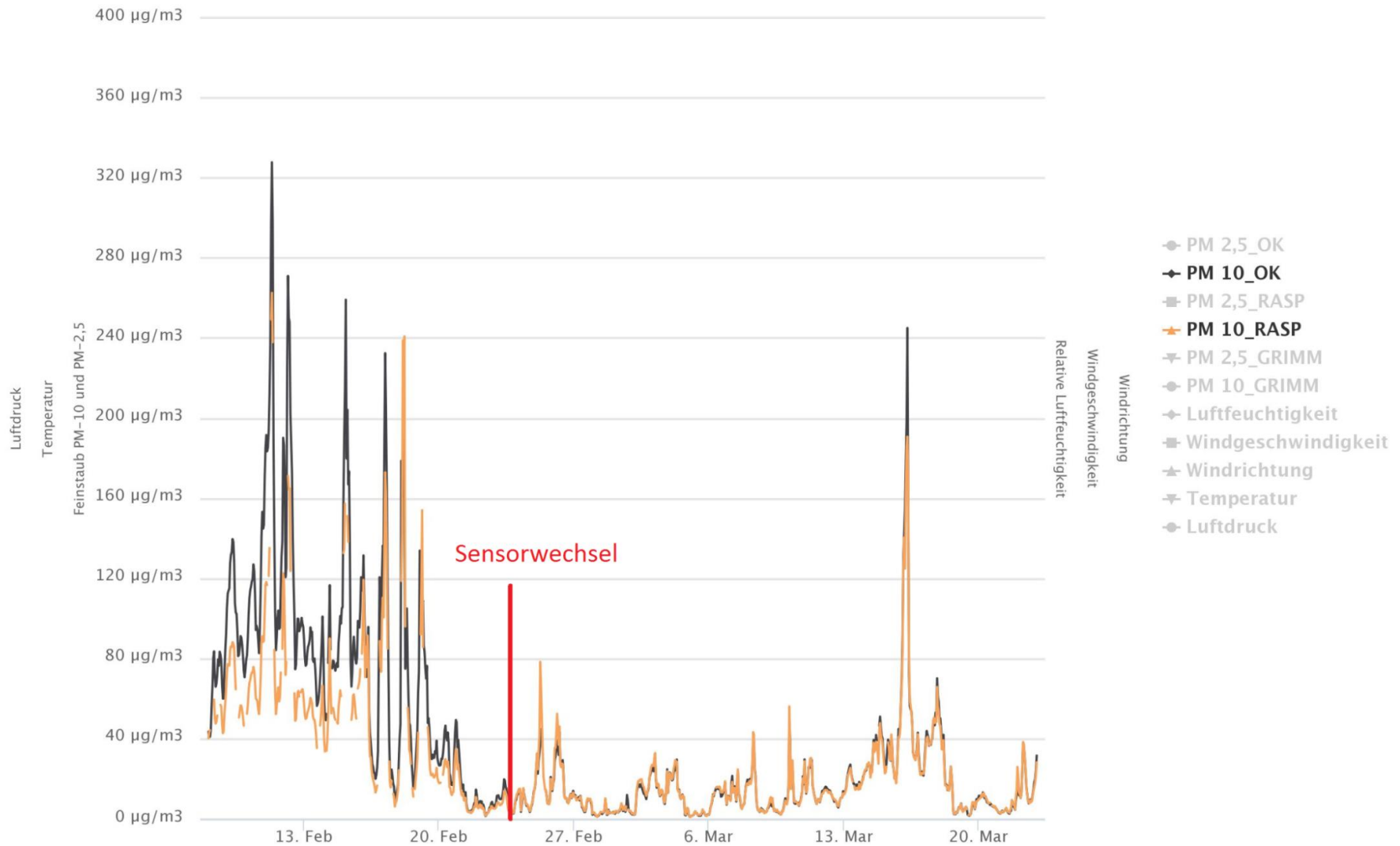


Abbildung 5.8: Konzentrationsverlauf der beiden Sensoren vor und nach dem Austausch (ganzseitig)

LU:W



