Arbeitsgemeinschaft „Immissionsschutzbeauftragter S21 & WeU"

KREBS + KIEFER
FRITZ AG

SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware

Bearbeiter:
Ingenieurbüro
Lohmeyer GmbH & Co. KG
An der Roßweid 3 ❑ 76229 Karlsruhe
Telefon (0721) 62510 0
Telefax (0721) 62510 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
URL: www.lohmeyer.de

Prüfbericht Staubschutz

Stuttgart 21
Planfeststellungsabschnitt 1.1

Bericht Nr.: 69005-15-10
Datum: 23.03.2020

Bericht für Kalenderjahr 2019
Messdatenauswertung Feinstaub vom
01.01. bis 31.12.2019

Auftraggeber:
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
Räpplenstraße 17
70191 Stuttgart

Sachbearbeiter:
Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin

Qualitätskontrolle:
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer

Umfang des Dokumentes:
30 Seiten

Dieser Bericht ist nur für den Gebrauch des Auftraggebers bestimmt.
Eine darüber hinausgehende Verwendung, vor allem durch Dritte, unterliegt dem Schutz des Urheberrechts gemäß UrhG.

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 ZUSAMMENFASSUNG 4

2 AUFGABENSTELLUNG 6

3 MESSDATENAUSWERTUNG 7

3.1 Datengrundlagen 7

3.2 Vorgehensweise 8

4 FEINSTAUBBELASTUNG AN DEN MESSSTATIONEN IM JAHR 2019 9

4.1 Messwerte PM10 und PM2.5 9

4.2 Selektion besonders auffälliger Tage 14

4.3 Schwachwindtage 16

5 VERGLEICH DER FEINSTAUBBELASTUNG ÜBER MEHRERE JAHRE 18

5.1 Bad Cannstatt 18

5.2 Arnulf-Klett-Platz 21

5.3 Am Neckartor 24

5.4 Vergleich von Jahresmittelwerten und Überschreitungstagen 27

6 LITERATUR 30

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einer Anlage oder wie hier von einer Baustelle ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm pro Stunde, bei Kfz-Emissionen von Straßen in Gramm pro Kilometer und Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter nachteilig auswirken können. Die Maßeinheit der Schadstoffkonzentration am Immissionsort ist Mikrogramm Schadstoff pro m³ Luft (µg/m³).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im vorliegenden Fall diejenigen Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen der Bautätigkeiten an den betrachteten Messorten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Konzentration in der Luft, die ausschließlich von den Emissionen der betrachteten Bautätigkeiten hervorgerufen werden. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in µg/m³ angegeben.

Messungen der Schadstoffkonzentration an einem Immissionsort können nur die Gesamtbelastung erfassen. Die Aufteilung in Hintergrund- und Zusatzbelastung muss mit statistischen Verfahren und durch Vergleiche mit anderen, durch Bautätigkeiten unbeeinflussten Messstationen erfolgen.

Feinstaub PM10

Mit Feinstaub PM10 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM10-Fraktion wird als inhalierbarer Staub bezeichnet. Auch der Ausdruck Schwebstaub wird verwendet, da die Sinkgeschwindigkeit dieser Partikelgröße sehr gering ist.

Feinstaub PM2.5

Mit Feinstaub PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM2.5-Fraktion wird auch als lungengängiger Staub bezeichnet.

Jahresmittelwert / Tagesmittelwert

Die Konzentrationen von Luftschadstoffen unterliegen in Abhängigkeit von den Emissionen und den meteorologischen Einflussgrößen wie Windrichtung und Windgeschwindigkeit usw. ständi-

gen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen „Jahresmittelwert“ und „Kurzzeitwerte“ charakterisieren den Konzentrationsverlauf. Der Jahresmittelwert stellt den über das Kalenderjahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Kurzzeitwerte sind beim Feinstaub PM10 als Tagesmittelwerte (0-24 Uhr) definiert.

Grenzwerte

Immissionsgrenzwerte sind vom Gesetzgeber durch Rechtsverordnungen vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen zum Schutz der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt insgesamt, die nicht überschritten werden dürfen. Diese sind in der Neununddreißigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) vom 2. August 2010 und in der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft-TA Luft) vom 24.Juli 2002 festgelegt.

Grenzwerte PM10

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit beträgt

- der über ein Kalenderjahr gemittelte PM10-Immissionsgrenzwert 40 µg/m³,
- der über den Tag gemittelte PM10-Immissionsgrenzwert 50 µg/m³, bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.

Grenzwert PM2.5

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit beträgt

- der über ein Kalenderjahr gemittelte PM2.5-Immissionsgrenzwert 25 µg/m³.

Primäre Aerosole

Primäre Aerosole (Partikel) werden als Teilchen direkt in die Umwelt emittiert und sind überwiegend größer als 2.5 µm. Sie entstehen durch die mechanische Bearbeitung von Feststoffen (Zerkleinern, Bearbeiten von Oberflächen, Abrieb, etc.) z. B. bei der Ernte, bei Bautätigkeiten, Reifen- und Straßenabrieb, Erosion durch Wind und Wetter vom Erdboden und der Vegetation. Im Bereich von Straßenoberflächen ist die Aufwirbelung von bereits sedimentierten Partikeln eine bedeutende Emissionsquelle. Auch Blütenpollen und Emissionen von Feststoffheizungen sind wichtige Quellen primärer Aerosole. Die direkten Partikelemissionen im Abgas von Kraftfahrzeugen und Baumaschinen bestehen im Wesentlichen aus der Größenfraktion PM2.5, weniger aus PM10.

Sekundäre Aerosole

Sekundäre Aerosole werden aus gasförmigen Substanzen in der Atmosphäre durch chemische Reaktionen in einem zweiten Schritt – also sekundär – gebildet. Sekundäre Aerosole natürlichen Ursprungs entstehen zum größten Teil aus leicht flüchtigen organischen Verbindungen, wie z. B. den Terpenen, welche von Bäumen emittiert werden, aber auch aus der Holzfeuerung und Verbrennung fossiler Brennstoffe. Diese werden durch Oxidation in weniger flüchtige Substanzen umgewandelt, die dann auf luftgetragenen Partikeln kondensieren. Sekundäre Aerosole bilden sich auch aus Ammoniak-, Schwefeldioxid- und Stickstoffdioxid-Emissionen sowie den leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen von Industrie und Heizungsanlagen.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Zur Beurteilung der Immissionssituation durch Feinstaub PM10 und PM2.5 im Bereich der Bauarbeiten S21 Planfeststellungsabschnitt (PFA) 1.1 werden wegen ihrer Nähe zu den Baustellen die Luftmessstation Arnulf-Klett-Platz (AKP) aber auch die Station Am Neckartor (NT) herangezogen. Als weitgehend unbeeinflusste Referenzstation dient die Messstation Bad Cannstatt (BC). Von der Messstation Schwabenzentrum (SZ) werden die meteorologischen Daten verwendet.

Der Grenzwert für Feinstäube PM10 beträgt nach der 39. BImSchV (2010) 40 µg/m³ für das Jahresmittel im Kalenderjahr. Der Grenzwert für das Tagesmittel beträgt 50 µg/m³, bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. Die feinere Staubfraktion PM2.5 wird mit einem Grenzwert von 25 µg/m³ für das Jahresmittel beurteilt.

Die Jahresgrenzwerte für PM10 und PM2.5 wurden 2019 an allen Messstationen eingehalten.

Für die Staubfraktion PM10 wurden in Bad Cannstatt im Jahresmittel 15 µg/m³, am Arnulf-Klett-Platz 23 µg/m³ und Am Neckartor 28 µg/m³ gemessen. Bei der Staubfraktion PM2.5 waren es in Bad Cannstatt 10 µg/m³, am Arnulf-Klett-Platz 11 µg/m³ und Am Neckartor 13 µg/m³.

Die 35 zugelassenen Überschreitungen des PM10 Tagesgrenzwertes von 50 µg/m³ wurden ebenfalls an allen Stationen eingehalten. In Bad Cannstatt wurden 3 Tage gezählt, am Arnulf-Klett-Platz 6 Tage und Am Neckartor 27 Tage. Dies ist am Arnulf-Klett-Platz die geringste Anzahl von Überschreitungstagen eines Jahres seit Messbeginn.

Durch Berechnung der Differenz PM10 minus PM2.5 kann der „gröbere“ Feinstaubanteil separat beurteilt werden, welcher eher dem Abrieb und der Aufwirbelung beim Straßenverkehr und den Baustellenaktivitäten zugeschrieben wird. In Bad Cannstatt wurden für diesen Staubanteil im Jahresmittel 5 µg/m³, am Arnulf-Klett-Platz 12 µg/m³ und Am Neckartor 15 µg/m³ gemessen. Am Arnulf-Klett-Platz, wo die Hauptaktivitäten des Baubetriebes von S21 stattfinden, sind nach diesen Werten keine außergewöhnlichen Immissionen durch den gröberen Feinstaubanteil festzustellen.

Die Selektion besonders auffälliger Tage an der Station Arnulf-Klett-Platz erfolgte anhand der statistischen Methode einer Korrelation der Tagesmittelwerte gegenüber der Referenzstation Bad Cannstatt. Dabei wurden im Berichtszeitraum 2019 am Arnulf-Klett-Platz 5 Tage im 1. Halbjahr und 3 Tage im 2. Halbjahr mit Auffälligkeiten ermittelt. Diese Tage wurden zunächst anhand der meteorologischen Situation beurteilt, dabei verblieben 4 Tage im 1. Halbjahr und 1 Tag im 2. Halbjahr mit einem möglichen Einfluss durch Baustellen. Für diese Tage wurden Informationen zu Art und Umfang der Bautätigkeiten eingeholt.

Die Auswertungen nach dieser Methode ergaben, dass im Gesamtjahr 2019 am Arnulf-Klett-Platz an 5 Tagen die auffälligen Staubmesswerte möglicherweise den Bauaktivitäten von S21 zugeordnet werden können. Allerdings waren aufgrund der sehr unterschiedlichen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen an diesen Tagen keine belastbaren Hinweise auf mögliche Verursacher möglich. Eine Identifizierung von einzelnen Bautätigkeiten, welche konkrete weiter verbesserte Staubschutzmaßnahmen initiieren könnten, ergab sich daraus also nicht.

Ergänzend wurden neben den aktuellen Messwerten auch die langen Messreihen der Tageswerte von 2008 bis 2019 betrachtet. Am Arnulf-Klett-Platz und Am Neckartor wurden 2019 mit 23 µg/m³ bzw. 28 µg/m³ die niedrigsten PM10 Jahresmittelwerte seit Messbeginn gemessen. Bis 2014 war an beiden erwähnten Stationen ein Trend der Zunahme des gröberen Staubanteils im PM10 erkennbar, welcher sich aber seitdem nicht fortgesetzt hat. Eine Quantifizierung der Beiträge aus den Bauaktivitäten war auch aus den vorliegenden Daten der 12-jährigen Zeitreihe nicht möglich.

Ergänzt wird die Trenduntersuchung durch eine weitere Darstellung der PM10-Jahresmittel seit 2005. Dabei zeigt sich, dass die Messwerte 2019 an allen Stationen deutlich niedriger lagen als zu Messbeginn 2005. Auch beim Feinstaub PM2.5 ist in den Jahresmitteln in Bad Cannstatt, am Arnulf-Klett-Platz und besonders Am Neckartor eine abnehmende Tendenz erkennbar, 2019 wurden die niedrigsten Konzentrationen gemessen.

Eine Quantifizierung der Beiträge aus den Bauaktivitäten war aus den vorliegenden Daten also nicht möglich. Eine außergewöhnliche Erhöhung der Staubbelastung im Bereich der Messstellen seit Baubeginn, wie anfangs befürchtet, konnte auch anhand der langjährigen Messdaten nicht festgestellt werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Laut Planfeststellungsbeschluss PFA 1.1 vom 28.01.2005, Nebenbestimmungen, Abschnitt 4.4 ist die Vorhabenträgerin verpflichtet, während der Bauphase in der Nachbarschaft den Immissionswert für Schwebstaub einzuhalten. Dort heißt es weiter:

a) Geeignete Staubmesspunkte sind rechtzeitig vor Beginn der Bauarbeiten vom Immissionsschutzbeauftragten im Einvernehmen mit dem Eisenbahn - Bundesamt festzulegen.

b) Die Messungen sind von einer nach § 26 BImSchG zugelassenen Messstelle durchzuführen und dem Eisenbahn-Bundesamt unmittelbar vorzulegen, damit ggf. geeignete wirksame Abhilfemaßnahmen zeitnah getroffen werden können.

Bezüglich Punkt a) wurde vereinbart, keine eigenen Messstationen zu betreiben, sondern die Messergebnisse der bisher ohnehin vom Land Baden-Württemberg betriebenen Messstationen in Stuttgart zu verwenden, auch wegen der Möglichkeit, auf Daten vor Baubeginn zurückgreifen zu können.

Der Punkt b) ist bezüglich der Forderung nach einer nach § 26 BImSchG zugelassenen Messstelle ebenfalls erfüllt, denn die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), welche die Staubmessungen durchführt, ist eine solche Messstelle.

Vorliegend wird die Auswertung der Messungen vorgelegt. Dazu erfolgte die Beschaffung der Messergebnisse für Feinstaub von der LUBW und der meteorologischen Parameter von der Stadt Stuttgart. Die Aufbereitung, Bewertung und Interpretation der Messergebnisse und ihre Darstellung erfolgt im vorliegenden Bericht für das Kalenderjahr 2019.

3 MESSDATENAUSWERTUNG

Im Folgenden finden sich die verwendeten Abkürzungen für die Messstationen, die Betreiber sind in Klammern aufgeführt.

BC: Stuttgart Bad Cannstatt (LUBW)

AKP: Arnulf-Klett-Platz (LUBW)

NT: Am Neckartor (LUBW)

SZ: Schwabenzentrum (Stadt Stuttgart)

(LUBW: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg)

3.1 Datengrundlagen

Im Stadtgebiet Stuttgart können zur Prüfung der Auswirkungen der verschiedenen Bauarbeiten für S21 (und auch anderer Bauarbeiten) bezüglich der Belastung durch Staubimmissionen (Feinstaub PM10 und PM2.5) folgende Messstationen mit den entsprechenden Standortklassifikationen herangezogen werden:

- Stuttgart Bad - Cannstatt (BC): städtisch, städtischer Hintergrund
- Arnulf-Klett-Platz (AKP): städtisch, verkehrsbeeinflusst
- Stuttgart Am Neckartor (NT): Straßenstation, ganz überwiegend durch Verkehrseinflüsse geprägt
- Schwabenzentrum (SZ): städtische Station, mit meteorologischen Messungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Niederschlag

Die obige Standortklassifikation für die einzelnen Stationen entspricht den Vorgaben der 39. BImSchV.

Die Stationen der Landesanstalt für Umwelt (LUBW) erfassen die PM10- und PM2.5-Konzentrationen als Tagesmittelwert (Kalendertag) mit einem sog. gravimetrischen Verfahren (Staubabscheidung auf Filtern).

Die meteorologischen Daten werden an der Messstelle Schwabenzentrum als 30-min-Mittelwerte gemessen und gespeichert.

Nach der 39. BImSchV können erhöhte Konzentrationswerte für Staub durch Wüstenstaub und Streusalzeinsatz einer Korrektur unterzogen werden. Die LUBW führt solche Auswertungen ka-

lenderjährlich durch. Entsprechende Daten liegen derzeit noch nicht vor und können in diesem Bericht deshalb nicht berücksichtigt werden.

3.2 Vorgehensweise

Die Messdaten der Stationen Arnulf-Klett-Platz (AKP) und Am Neckartor (NT) liefern die Grundlagen zur Erkennung eines möglichen Einflusses der Bauarbeiten bezüglich Feinstaubs auf die Immissionssituation im weiteren Bereich des Hauptbahnhofes Stuttgart.

Bei der Station Am Neckartor (NT) kommt erschwerend für die Interpretation hinzu, dass dort die Feinstaubkonzentrationen weitgehend von den Verkehrsemissionen dominiert werden und aufgrund der täglich stark unterschiedlichen Emissionen (Werktage zu Samstag, Sonntag und Feiertagen) über einen weiten Bereich variieren. Diese Messungen geben nicht einen unbeeinflussten städtischen Hintergrund wieder. Die Station ist zwar weiter von den Bauarbeiten entfernt, gleichwohl ist es möglich, dass die Station unter Umständen ebenfalls in den Einflussbereich von Baustaubimmissionen gerät. Auch deshalb werden die Messergebnisse daraufhin untersucht.

Die Station Stuttgart Bad - Cannstatt (BC) wird als vom Baubetrieb unbeeinflusste Referenzstation herangezogen, um die tagesaktuelle städtisch-regionale Hintergrundkonzentration von PM10 und PM2.5 zu charakterisieren.

Windmessungen sind verfügbar von der Messstelle Schwabenzentrum (SZ). Diese Station ist für die Windverhältnisse im Innenstadtkessel repräsentativ. Die dortigen Messungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit sind für die vorliegende Aufgabenstellung geeignet, was durch zahlreiche Vergleiche mit den von der Stadt Stuttgart kontinuierlich veröffentlichten Ergebnissen des mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells (Stadt Stuttgart, 2015) für das gesamte Stadtgebiet belegt wurde.

4 FEINSTAUBBELASTUNG AN DEN MESSSTATIONEN IM JAHR 2019

4.1 Messwerte PM10 und PM2.5

Um einen allgemeinen Überblick über die PM10- und PM2.5-Konzentrationen für den Berichtszeitraum Januar bis Dezember 2019 zu geben, sind in **Tab. 4.1** die Messwerte entsprechend den Kenngrößen der 39. BImSchV und der TA Luft dargestellt.

Station	DV PM10 in %	Mittelwert PM10 in µg/m³	PM10 Anzahl Tage > 50 µg/m³	DV PM2.5 in %	Mittelwert PM2.5 in µg/m³
Bad Cannstatt (BC)	99.7	15	3	99.7	10
Arnulf - Klett - Platz (AKP)	98.6	23	6	98.9	11
Am Neckartor (NT)	93.7	28	27	93.4	13
Jahresgrenzwerte		**40**	**35**		**25**

Tab. 4.1: Mittelwerte der PM10- und der PM2.5-Konzentrationen sowie Anzahl von Tagesmitteln der PM10-Konzentrationen > 50 µg/m³ im Kalenderjahr 2019.
DV: Datenverfügbarkeit, d.h. verfügbare Messwerte des Tagesmittels in Prozent des Jahres.

In der 39.BImSchV, Anlage 1 wird eine Datenverfügbarkeit von 90% für Partikel PM10 und PM2.5 gefordert. Die Messreihen von PM10 und PM2.5 erfüllen dieses Kriterium im Jahr 2019 an allen Stationen.

Die Grenzwerte für die Jahresmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentrationen wurden 2019 an allen Messstationen eingehalten. Während bei den PM10-Jahresmittelwerten große Differenzen zwischen den Messstellen bestehen, sind die Unterschiede bei den PM2.5-Jahresmittelwerten zwischen den drei Stationen relativ gering.

Die Differenz PM10 minus PM2.5 beträgt im Jahresmittel in BC 5 µg/m³, am AKP 12 µg/m³ und erreicht am NT 15 µg/m³. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Staubbelastung am NT durch einen besonders hohen Anteil von gröberen Partikeln (primäre Aerosole) verursacht wird und weniger durch Auspuffemissionen, welche eher der PM2.5 Fraktion zugeordnet werden können.

Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von 50 µg/m³ traten an allen Stationen auf. Nach der 39. BImSchV sind 35 Überschreitungen des Tagesmittels von 50 µg/m³ im Kalenderjahr zulässig. Diese Anzahl wurde an allen Stationen sicher eingehalten, wenn auch erhebliche Unterschiede

zwischen den Stationen bestehen. Die Bedeutung von Bad Cannstatt als unbeeinflusste Hintergrundstation mit nur drei Überschreitungstagen wird bei dieser Auswertung besonders deutlich.

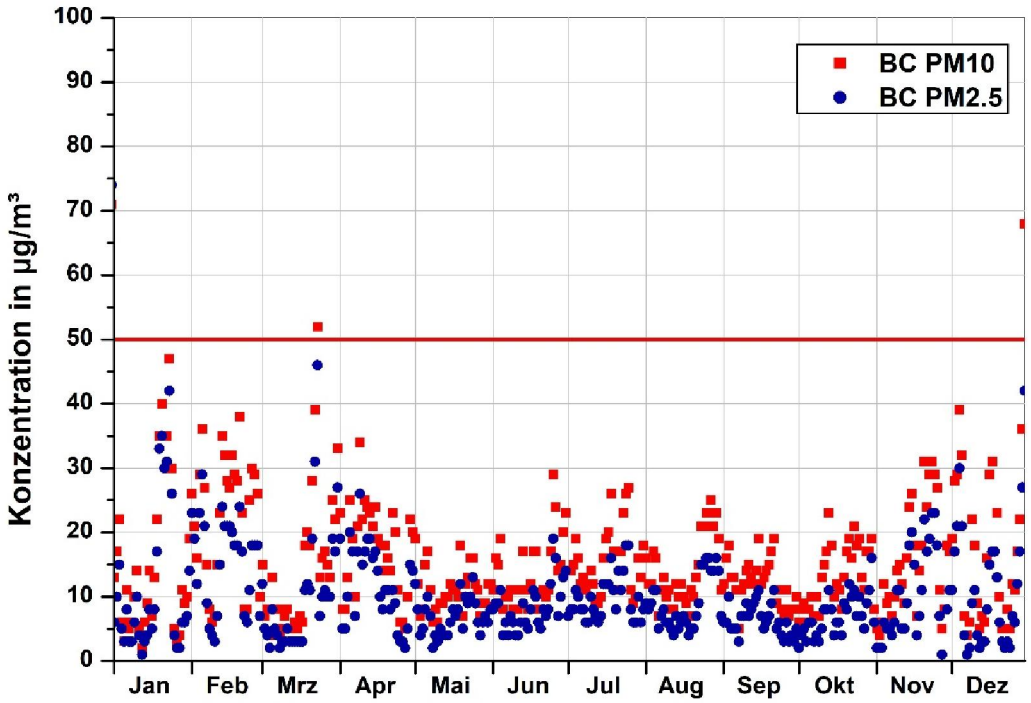
Das Feuerwerk am Neujahrstag 2019 führte an allen Stationen zu erhöhten Konzentrationen von PM10 und PM2.5, ohne den genauen Anteil quantifizieren zu können. Aus diesem Grund werden diese Messwerte nicht weiter interpretiert.

Der zeitliche Verlauf der Tagesmittelwerte von PM10 und PM2.5 wird in der **Abb. 4.1** für BC, in der **Abb. 4.2** für AKP und in der **Abb. 4.3** für NT grafisch dargestellt.

Die Feinstaubfraktion PM2.5 besteht im Wesentlichen aus sekundären Aerosolen, welche regional gebildet werden und damit weniger durch lokale Emissionen beeinflusst werden. Auch die Auspuffemissionen von Kraftfahrzeugen können überwiegend der PM2.5-Fraktion zugeordnet werden. Der Anteil Partikel größer PM2.5 von der gesamten PM10-Fraktion besteht dagegen vorwiegend aus primären Partikeln, welche durch lokale Emissionen verursacht werden, z.B. durch Bautätigkeiten, Aufwirbelung von Straßenstaub, Verwehungen von Erdhalden sowie von Feststoffheizungen. Wenn von PM10 der Anteil PM2.5 abgezogen wird, lässt sich der „gröbere“ Staubanteil getrennt untersuchen und gibt u.U. Hinweise auf lokale Emissionen. In den **Abb. 4.1** bis **4.3**. ist dieser Anteil jeweils in den unteren Abbildungen dargestellt.

Im zeitlichen Verlauf ergaben sich im Berichtsjahr 2019 zwei begrenzte Episoden höherer Konzentrationen im Januar bis März und dann wieder im Dezember. Ursache waren jeweils Stagnationswetterlagen mit sehr schlechtem Luftaustausch in den bodennahen Luftschichten. Sie führten neben den erhöhten PM10-Konzentrationen zu deutlich angestiegenen PM2.5-Konzentrationen, auch an der Referenzstation Bad Cannstatt. Es handelte sich daher um großräumige Ereignisse, weshalb daraus ein Einfluss durch lokale baustellenbedingte Emissionen nicht abgeleitet werden kann. Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für PM10 von 50 g/m³ traten am AKP nur im Januar bis März auf, am NT zusätzlich noch im November/Dezember.

Am Neckartor sind Konzentrationsdifferenzen PM10 minus PM2.5 mit bis zu 58 µg/m³ in den Wintermonaten auffällig höher als an AKP und BC. Diese Werte belegen, dass die Staubbelastung am NT überwiegend durch gröberen Staub verursacht wird. Dagegen bleiben am AKP die Maximalwerte PM10 minus PM2.5 weitgehend unter 31 µg/m³, obwohl der Schwerpunkt der Bautätigkeiten S21 im Bereich Hauptbahnhof stattfindet. An der dort unmittelbar sehr nahe gelegenen Station AKP werden keine mit NT vergleichbaren Grobstaubkonzentrationen gemessen. Die erhöhten Werte am NT können somit nicht auf Bautätigkeiten durch S21 zurückgeführt werden.



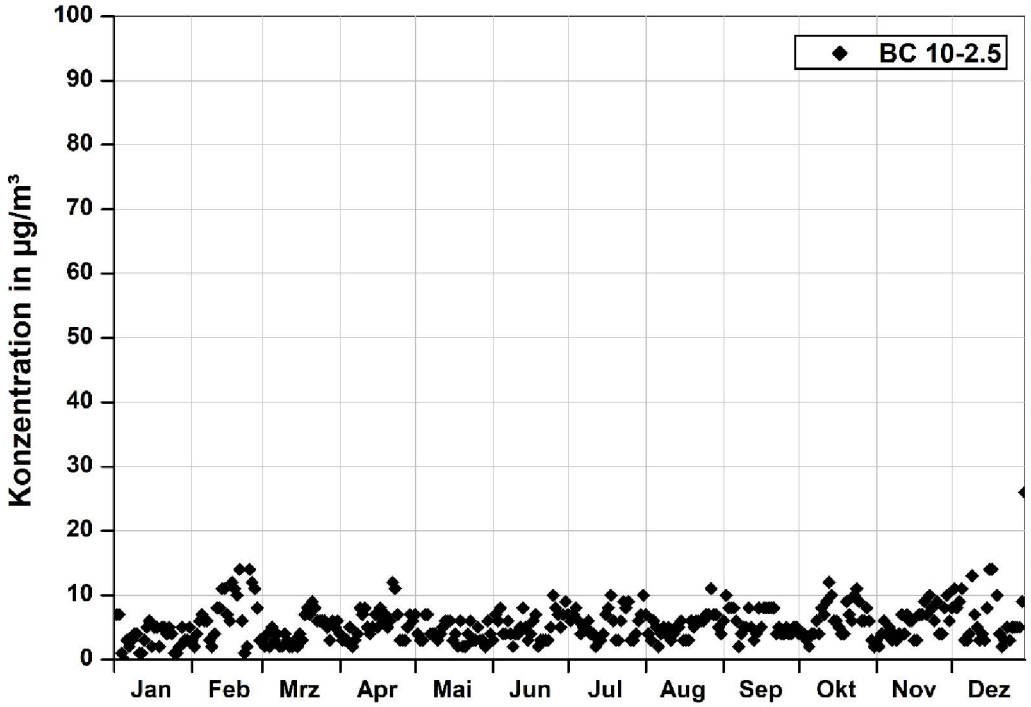


Abb. 4.1: Oben: Tagesmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentrationen vom 02.01.2019 bis 31.12.2019 in Bad Cannstatt.
Rote horizontale Linie: Grenzwert für das Tagesmittel PM10.
Unten: Differenz PM10 minus PM2.5

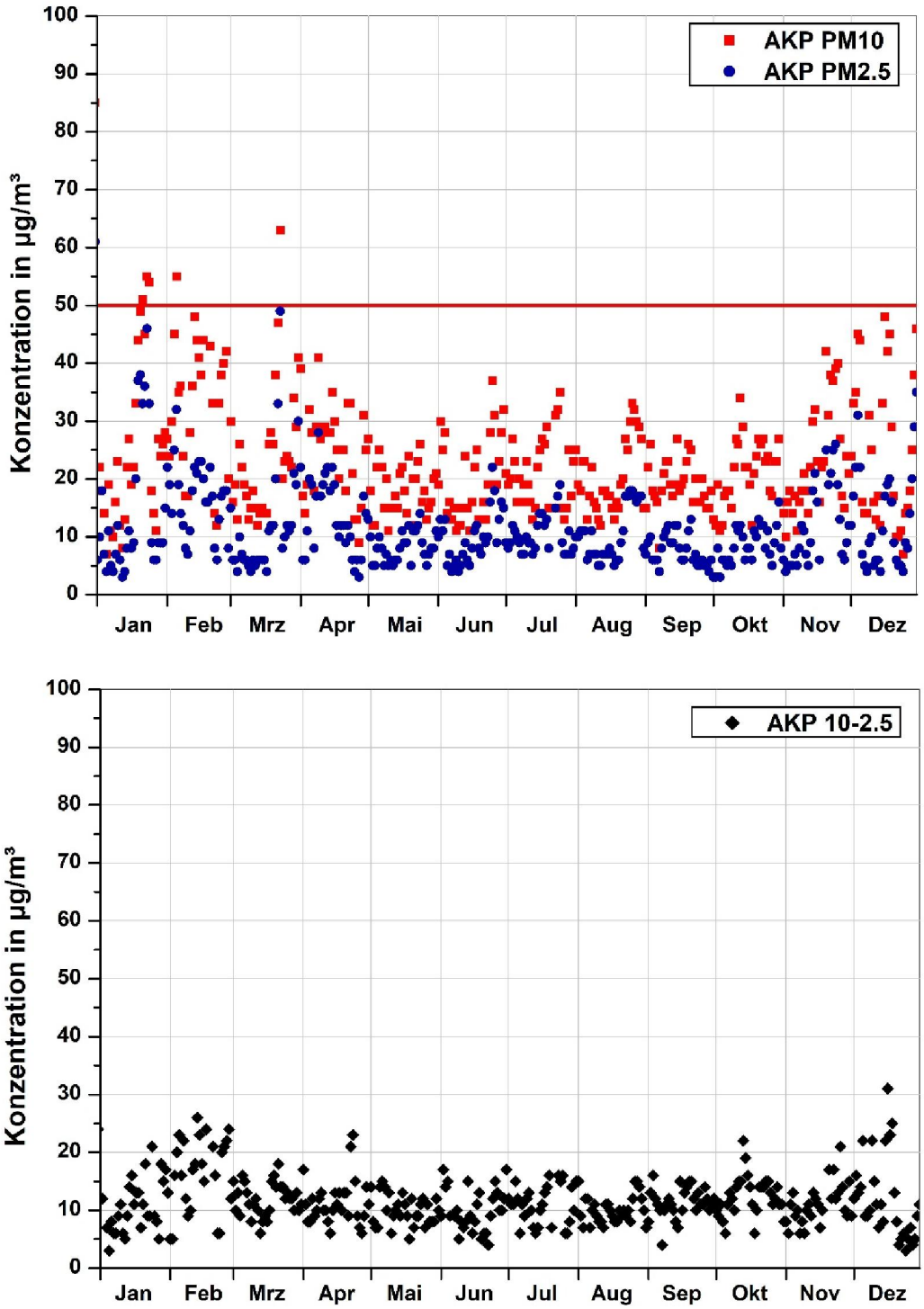


Abb. 4.2: Oben: Tagesmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentration vom 02.01.2019 bis 31.12.2019 am Arnulf-Klett-Platz.
Rote horizontale Linie: Grenzwert für das Tagesmittel PM10.
Unten: Differenz PM10 minus PM2.5

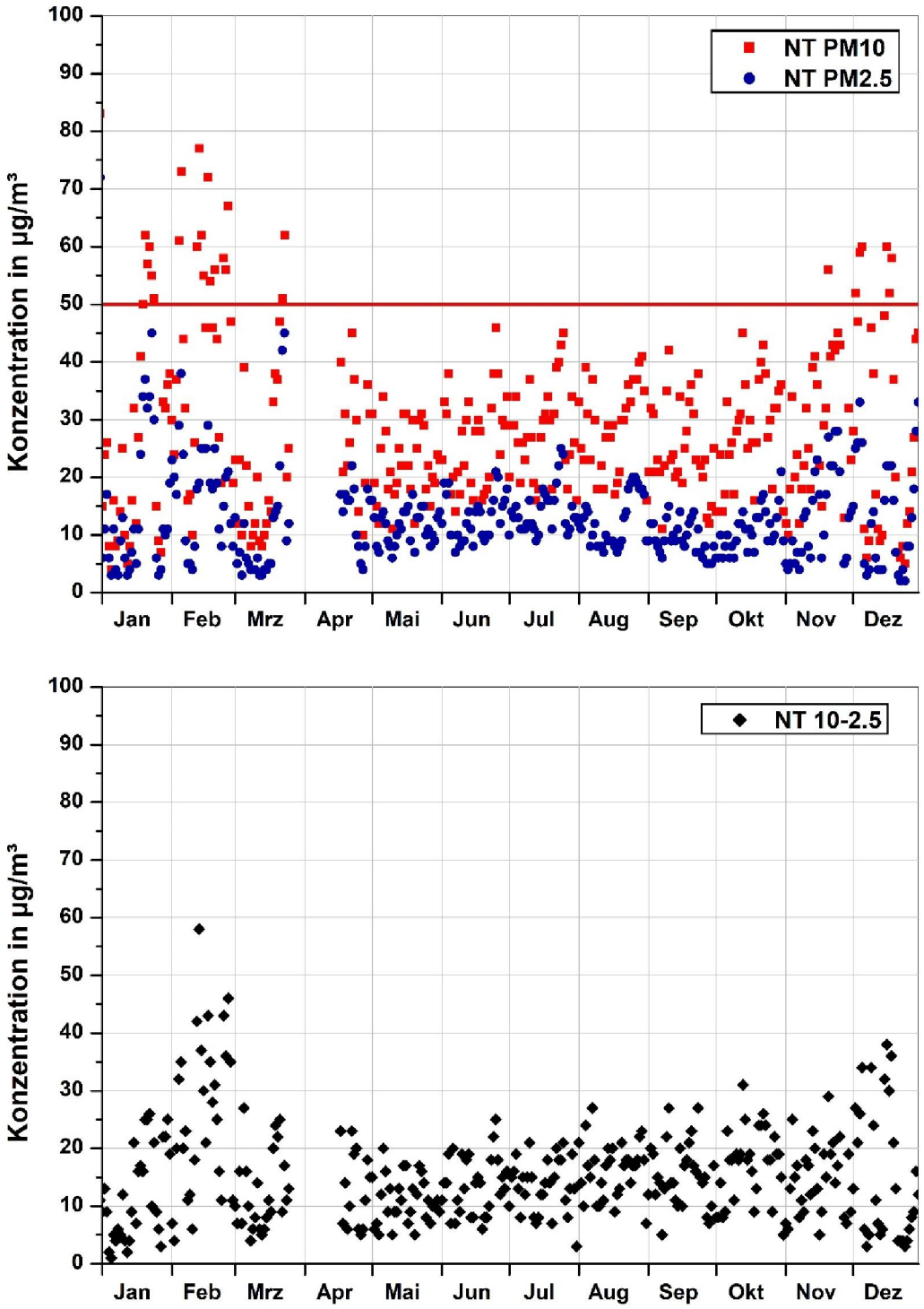


Abb. 4.3 Oben: Tagesmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentration vom 02.01.2019 bis 31.12.2019 Am Neckartor.
Rote horizontale Linie: Grenzwert für das Tagesmittel PM10.
Unten: Differenz PM10 minus PM2.5

4.2 Selektion besonders auffälliger Tage

Die Selektion von möglicherweise durch Baustellen beeinflussten Tagen erfolgt, wie in den zurückliegenden Auswertungen, anhand der Methode einer Korrelation der Tagesmittelwerte am AKP gegenüber der Referenzstation BC. Tage mit Messwerten, die um mehr als die doppelte Standardabweichung (+2*SD) von der Regressionsgeraden abweichen, werden als solche identifiziert und gesondert betrachtet, vgl. **Abb. 4.4**. Aus den oben genannten Gründen wurde der 01.01.2019 nicht berücksichtigt.

Im 1. Halbjahr 2019 wurden nach dieser Methode am AKP 5 Tage ermittelt und anhand der tagesspezifischen meteorologischen Ausbreitungsbedingungen auf möglichen Baustelleneinfluss untersucht. Nach dieser Bewertung verblieben am AKP davon 4 Tage, an denen ein Einfluss durch Baustellen möglich wäre. Die Zuordnung zu Bauaktivitäten wurde im Zwischenbericht 1. Halbjahr 2019 (Lohmeyer, 2019) ausführlich untersucht und dokumentiert.

Im 2.Halbjahr 2019 wurden am Arnulf-Klett-Platz 3 Tage anhand des angewendeten Kriteriums als auffällig identifiziert (**Abb. 4.4**).

In der **Tab. 4.2** werden die meteorologischen Verhältnisse für diese ausgewählten Tage näher untersucht. Am 27.11. und auch am 16.12. ist wegen der relativ starken südwestlichen Winde ein Baustellen-Einfluss sicher auszuschließen, da sich bei diesen Windrichtungen die Staubmessstelle AKP in Luv des Baufeldes im Bereich Hauptbahnhof befindet. Anders dagegen am 17.12., wo unter Berücksichtigung der Wetterbedingungen, vor allem der überwiegend nordöstlichen Windrichtungen und der sehr geringen Windgeschwindigkeit (Luftstagnation) eine mögliche Beeinflussung der Messstelle durch Baustaub in Frage kommt.

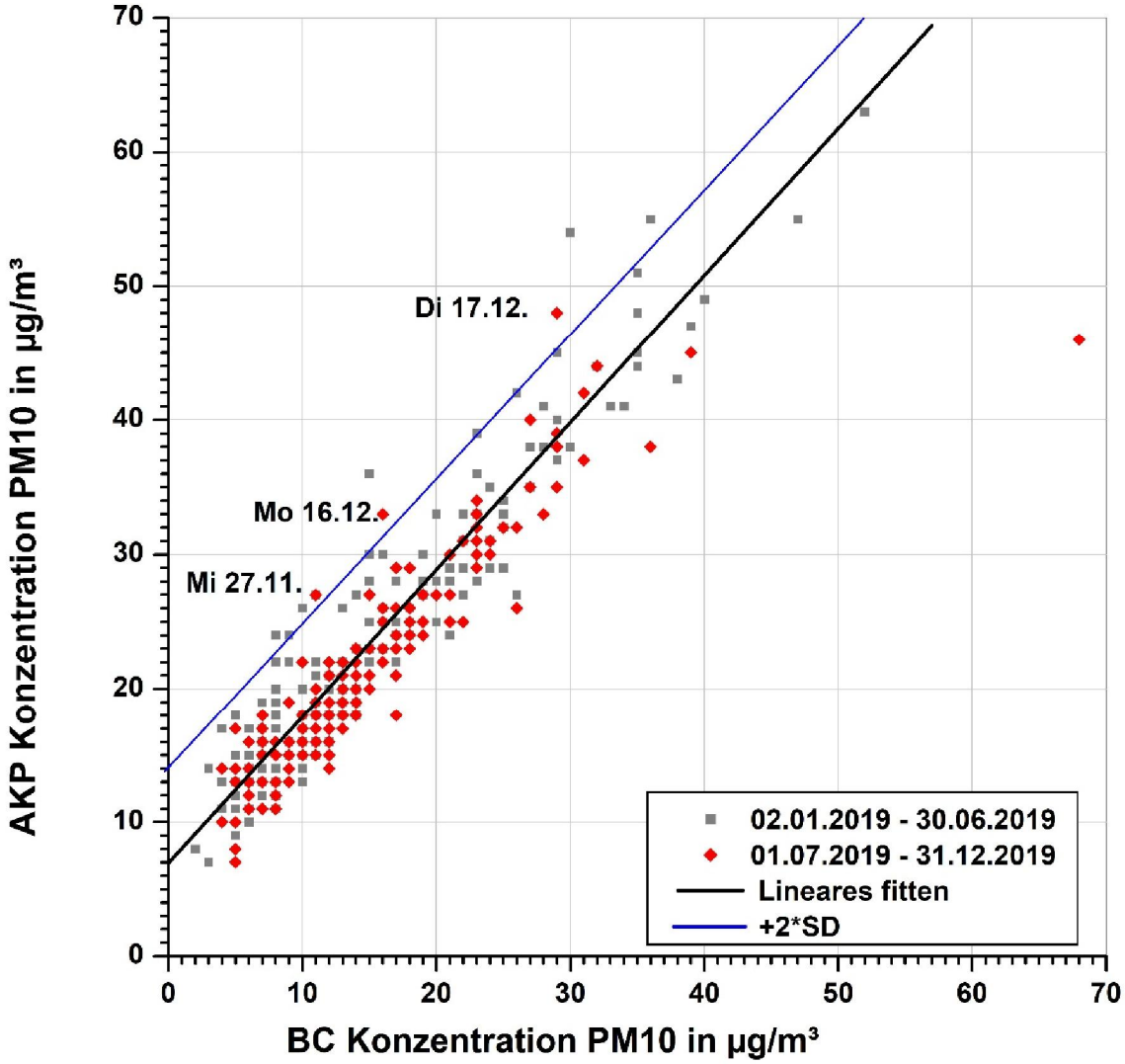


Abb. 4.4: Korrelation der PM10-Tagesmittelwerte BC zu AKP vom 02.01. bis 31.12.2019 getrennt nach Halbjahren 2019.

Datum	PM10 in µg/m³	PM10-2.5 in µg/m³	WG m/s	WR	Niederschlag Uhrzeit
Mittwoch 27.11.2019	27	14	2.9	SW	-
Montag 16.12.2019	33	22	1.7	SW	-
Dienstag 17.12.2019	48	31	0.8	NE-E	-

Tab. 4.2: Auffällige Tage am Arnulf-Klett-Platz, 2. Halbjahr 2019. Wetterdaten vom Schwabenzentrum (SZ) jeweils zwischen 8 Uhr und 18 Uhr,
Abkürzungen für die Windrichtungen: N Norden, E Osten, S Süden, W Westen.

Die am 17.12. durchgeführten Bauaktivitäten sind in der **Tab. 4.3** aufgeführt.

Die Bauberichte für den fraglichen Dienstag 17.12.2019 weisen in allen Bereichen auf keine staubrelevanten Arbeiten hin, außer auf den üblichen LKW Baustellenverkehr. Von den Windverhältnissen her ist auffällig, dass am NT an diesem Tag eine PM10 Konzentration von 60 µg/m³ gemessen wurde (AKP 48 µg/m³), d.h. in Luv der Baubereiche traten sogar höhere Konzentrationen auf. Es handelte sich offensichtlich um eine Episode mit großräumiger Feinstaubbelastung, ein Einfluss durch die Bauarbeiten ist damit nicht zu erkennen.

Dienstag 17.12.2019	
Sängerstr.	Keine staubrelevanten Besonderheiten.
Talquerung	Keine staubrelevanten Besonderheiten.
Jägerstr.	Keine staubrelevanten Besonderheiten.
Staatsgalerie	Keine staubrelevanten Besonderheiten.
Königin Katharinen Stift	Keine staubrelevanten Besonderheiten.
Rettungszufahrt am Wagenburgtunnel	Anzahl Sprengungen: keine, Anzahl Sohlabblasungen: keine
Bereich PFA 1.5, Los 4 Süd (Bereich Pariser Höfe)	Ingenieurbau: Baustelle aufräumen, Kernbohrungen im Nassbohrverfahren im Tunnel Block 1-9, keine Staubentwicklung bei den Arbeiten Tiefbau: keine Arbeiten Spezialtiefbau: keine Arbeiten

Tab. 4.3: Bautätigkeiten im Bereich Hauptbahnhof am 17.12. 2019 laut Berichten der Bauüberwachungen.

4.3 Schwachwindtage

Bei Tagen mit andauernd schwachem Wind ist keine eindeutige Ursachenanalyse anhand der Windrichtungen möglich, es liegen sog. „umlaufende Winde“ vor. Solche Tage sind daher gesondert zu betrachten. Es wurden dazu alle Tage selektiert, bei denen die mittlere Windgeschwindigkeit am Schwabenzentrum im Zeitraum von 8 Uhr bis 18 Uhr kleiner oder gleich 1.0 m/s war. An diesen Tagen sind wegen dadurch relativ schlechter Durchlüftung erhöhte Konzentrationen zu erwarten, deshalb sind diese Tage immissionsseitig interessant.

Dieses Kriterium war im Jahr 2019 an 40 Tagen erfüllt, im Vergleich zu 101 Tagen im Vorjahr 2018. Aus der **Abb. 4.5** ist ersichtlich, dass es besonders im 1. Halbjahr zu einer Häufung windschwacher Tage gekommen ist. Überschreitungen des Tagesgrenzwertes PM10 von 50 µg/m³

traten am AKP im Jahresverlauf bei Schwachwindtagen jedoch nur an 3 Tagen im Januar und Februar auf. An diesen Tagen waren auch die Messwerte an den Referenzstationen Bad Cannstatt stark erhöht und lagen nur knapp unter dem Tagesgrenzwert. Deshalb handelte es sich am AKP um keine außergewöhnliche lokale Staubbelastung. Auf einen Einfluss durch Bautätigkeiten kann daraus nicht sicher geschlossen werden.

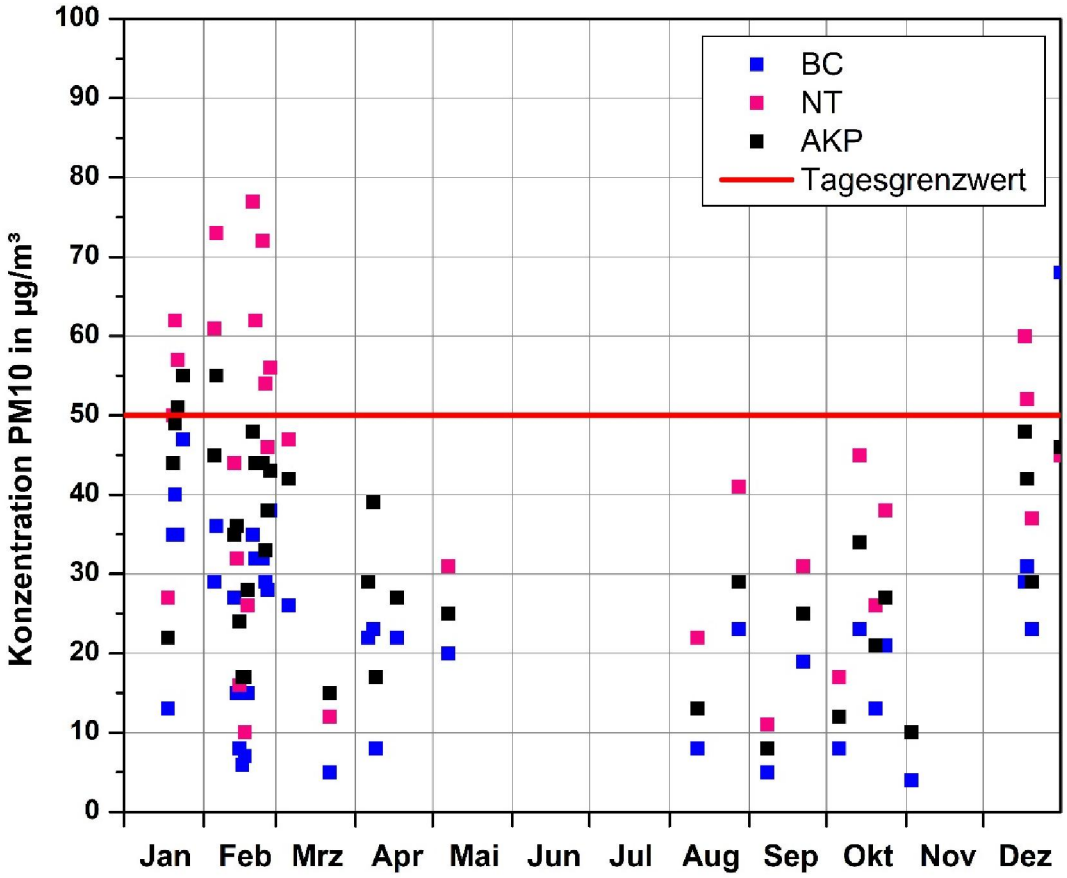


Abb. 4.5: PM10-Konzentrationen 2019 an Tagen mit mittlerer Windgeschwindigkeit <=1.0 m/s von 8 Uhr bis 18 Uhr (Schwachwindtage) am Schwabenzentrum

5 VERGLEICH DER FEINSTAUBBELASTUNG ÜBER MEHRERE JAHRE

Ein Vergleich der im Jahr 2019 gemessenen PM10- und PM2.5-Konzentrationen mit vorangegangenen Jahren ohne Bautätigkeiten durch S21 kann zur weiteren Einschätzung der Messergebnisse aus dem aktuellen Berichtsjahr dienen.

Wenn von der PM10-Konzentration der Anteil PM2.5 abgezogen wird, lässt sich der „gröbere“ Staubanteil getrennt untersuchen und gibt u.U. Hinweise auf lokale Emissionen. Ein vergleichbares Maß ist auch der Quotient PM2.5/PM10. Aus der Literatur ist bekannt, dass dieses Verhältnis bei Hintergrund- und Reinluftstationen (z.B. auf Berggipfeln) nahe bei 1.0 liegt, d.h. der Anteil gröberen Feinstaubs ist sehr gering. Für viele Stationen in Deutschland mit vorstädtischer, z.T. auch städtischer Lage beträgt der Quotient etwa 0.7. In diesen Bereichen ist also schon ein höherer Anteil gröberen Staubes vorhanden. An stark befahrenen Straßen, insbesondere mit hoher, geschlossener Randbebauung oder in Industriegebieten, kann der Quotient auf Werte von 0.5 oder darunter absinken.

Im Folgenden werden sowohl die Quotienten PM2.5/PM10 als auch die Differenzen PM10 minus PM2.5 für den Zeitraum 2008 bis 2019 dargestellt. Vorangestellt werden die Zeitreihen der Tagesmittel PM10 und PM2.5 für den betrachteten Zeitraum. Um Tendenzen besser zu erkennen, wird für alle Zeitreihen zusätzlich eine Glättungskurve über 90 Tage eingefügt.

5.1 Bad Cannstatt

Bei den getrennt abgebildeten Komponenten PM10 und PM2.5 ist seit 2008 kein signifikanter zeitlicher Trend zu erkennen, es überwiegen die jahreszeitlichen Änderungen der Konzentration mit höheren Werten im Winter und niedrigeren im Sommer, vgl. **Abb. 5.1**. Der Winter 2018/2019 war, wie schon im Vorjahr, durch sehr niedrige Werte bei beiden Komponenten gekennzeichnet.

Die Auswertung des Quotienten PM2.5/PM10 (**Abb. 5.2**) deutet an der städtischen Hintergrundstation BC auf einen relativ geringen Anteil des gröberen Staubes hin. Das Verhältnis liegt im Mittel bei 0.69 und entspricht damit den deutschlandweiten Werten für eine solche Stationslage. Die deutlichen saisonalen Schwankungen, dargestellt durch die 90-Tage-Kurve, bewegen sich zwischen 0.85 im Winter 2008/2009 und 0.55 in den Sommermonaten 2015, 2016 und wiederum 2019.

Die Differenz PM10 minus PM2.5 in der **Abb. 5.3** zeigt bei einem weniger ausgeprägten Jahresgang keine eindeutige Veränderung während des untersuchten Zeitraums. Der Anteil der gröberen Staubfraktion liegt im Mittel bei etwa 5 µg/m³.

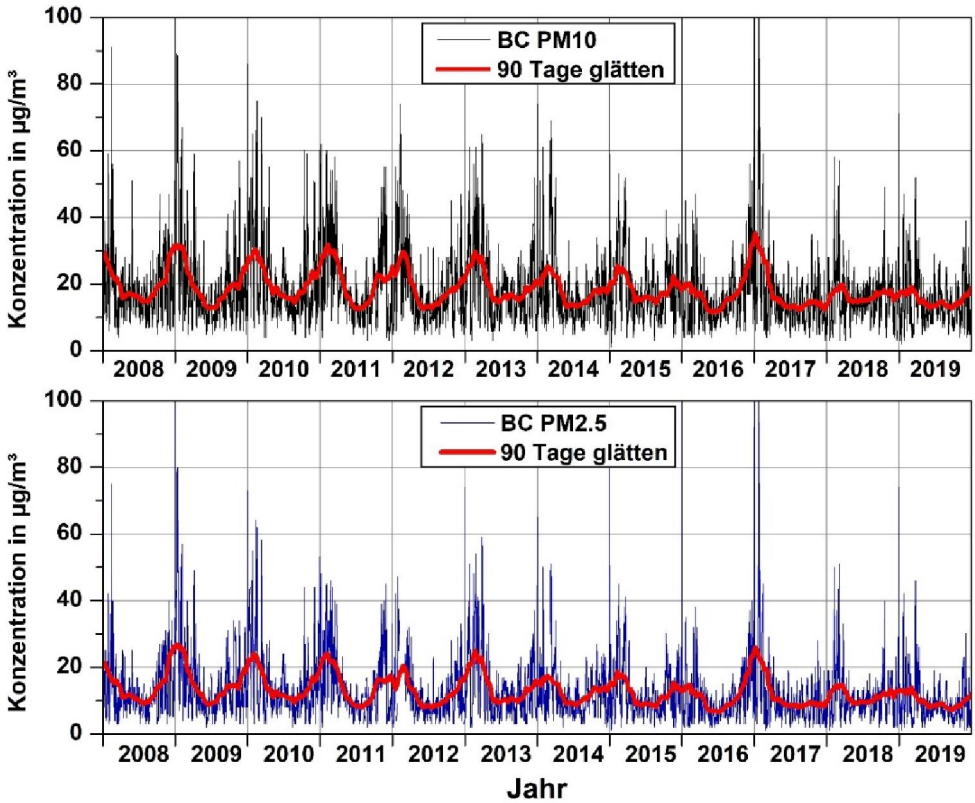


Abb. 5.1: Verlauf der Tagesmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentration in Bad Cannstatt

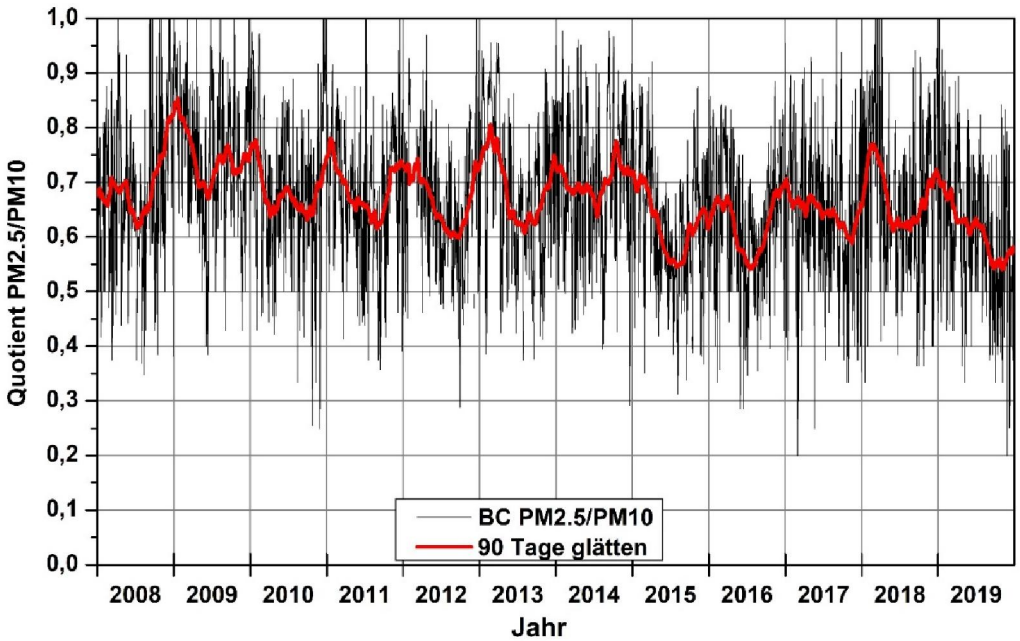


Abb. 5.2: Verlauf des Verhältnisses der Tagesmittelwerte PM2.5 zu PM10 in Bad Cannstatt

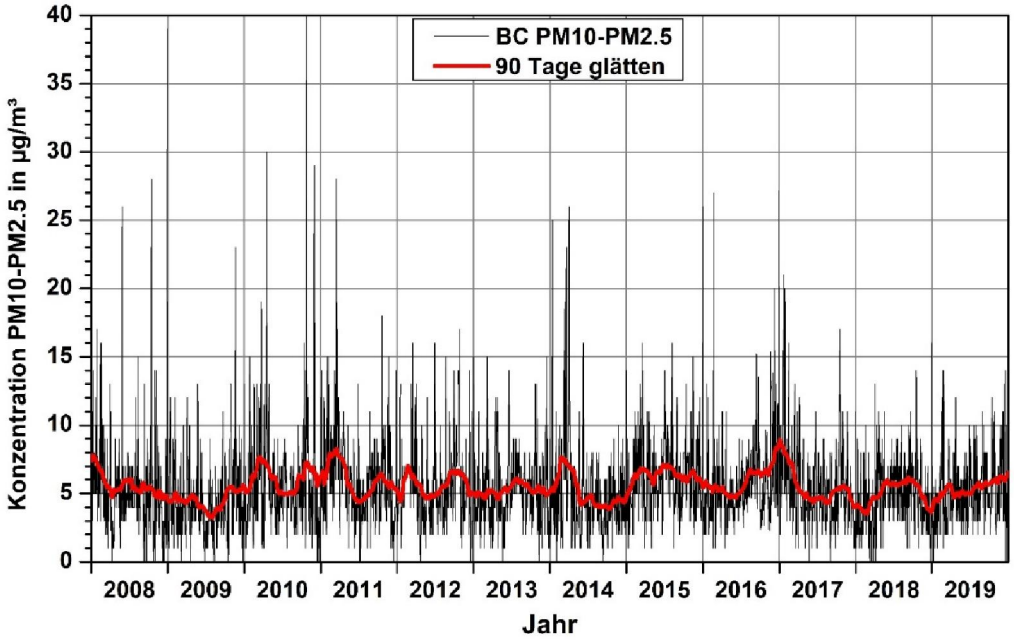


Abb. 5.3: Verlauf der Differenz der Tagesmittelwerte von PM10 minus PM2.5 in Bad Cannstatt

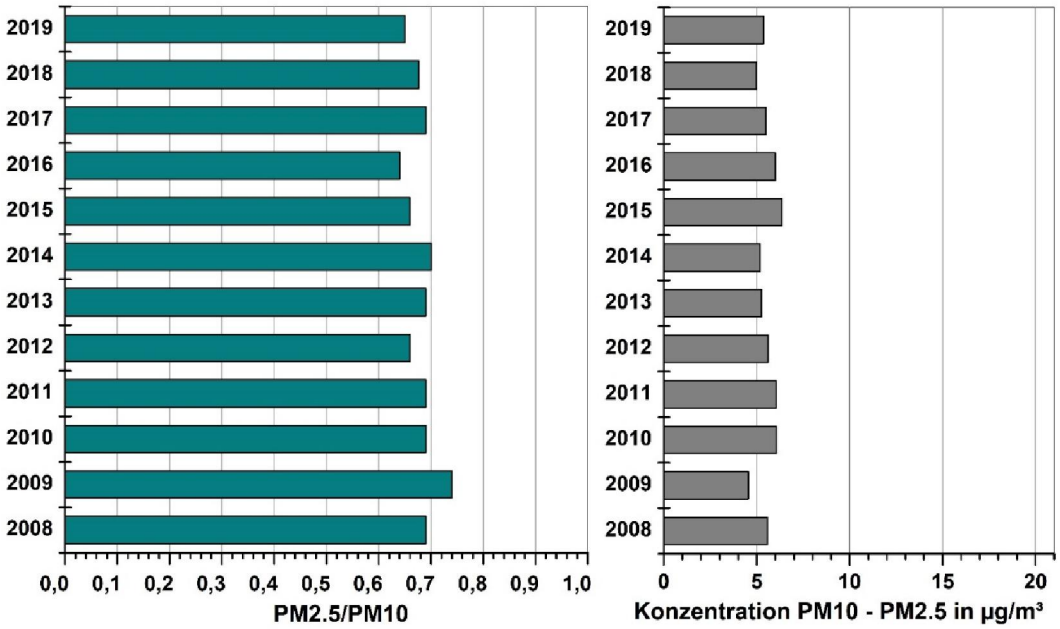


Abb. 5.4: Jahreswerte des Verhältnisses PM2.5 zu PM10 und Anteil der gröberen Fraktion PM10 minus PM2.5 in Bad Cannstatt

Die Zusammenfassung auf Kalenderjahre in der **Abb. 5.4** ergibt, außer im Jahr 2009, lagetypische Quotienten zwischen 0.6 und 0.7, im Jahr 2019 von 0.65. Dieser Wert liegt im Bereich der jährlichen Schwankungen und wieder etwas unter den Vorjahren.

Die Jahresdaten der Differenzen PM10 minus PM2.5 befinden sich 2019 mit einem Wert von 5.4 µg/m³ ebenfalls im Rahmen der untersuchten 12 Jahre.

5.2 Arnulf-Klett-Platz

Die Verlaufskurven der Tageswerte seit 2008 in der **Abb. 5.5** zeigen, wie schon in Bad Cannstatt, für das Berichtsjahr 2019 relativ niedrige Werte für PM10 und besonders auch für PM2.5. Auffallend ist, anders als in den Vorjahren bis 2017, der sehr geringe Anstieg im 90-Tage-Mittel in den Wintermonaten für beide Komponenten.

Der Verlauf des Quotienten PM2.5/PM10 hat neben einem weniger ausgeprägten Jahresgang mit flachen Maxima im Winter begrenzte Episoden höherer und niedrigerer Quotienten, vgl. **Abb. 5.6**. Auffallend ist aber ein seit 2009 abnehmender Trend zur gröberen Fraktion hin, mit Werten von 0.7 in 2009 bis zu Werten unter 0.5 im Winter 2013 / 2014**.** Diese Tendenz hat sich aber seitdem nicht durchgehend fortgesetzt, sondern es erfolgte ein Wiederanstieg auf Werte von 0.5 bis 0.6 im 90-Tage-Mittel. Der erneute kurzzeitige Abfall im Herbst 2019 ist durch einen starken Rückgang der PM2.5 Fraktion zu erklären, nicht durch eine Zunahme von PM10. Für eine innerstädtische Station, wie im Bereich des Arnulf-Klett-Platzes, sind diese Werte durchaus typisch.

Die in der **Abb. 5.7** dargestellte Differenz PM10 minus PM2.5 ergab eine zunehmende Tendenz zum gröberen Staubanteil mit besonders hohen Werten von fast 20 µg/m³ im 90-Tage-Mittel im Winter 2013/2014 und 17 µg/m³ im Winter 2016/2017. Auffällig ist der dann folgende starke Rückgang im Frühjahr 2017, welcher sich durchweg bis 2019 fortgesetzt hat. Auch bei dieser Komponente ist im Winter 2018/2019 nur ein geringer Anstieg zu erkennen.

Bei einer Zusammenfassung auf Jahreswerte in der **Abb. 5.8** zeigt sich, dass der Quotient nach einer starken Abnahme von 2008 bis 2013 seither nahezu konstant ist und 2019 bei einem Verhältnis von 0.5 lag. Wie schon erwähnt, reagiert der Quotient besonders auf Veränderungen der PM2.5-Konzentration, deren Emissionsquellen nicht lokal sind, sondern überregional.

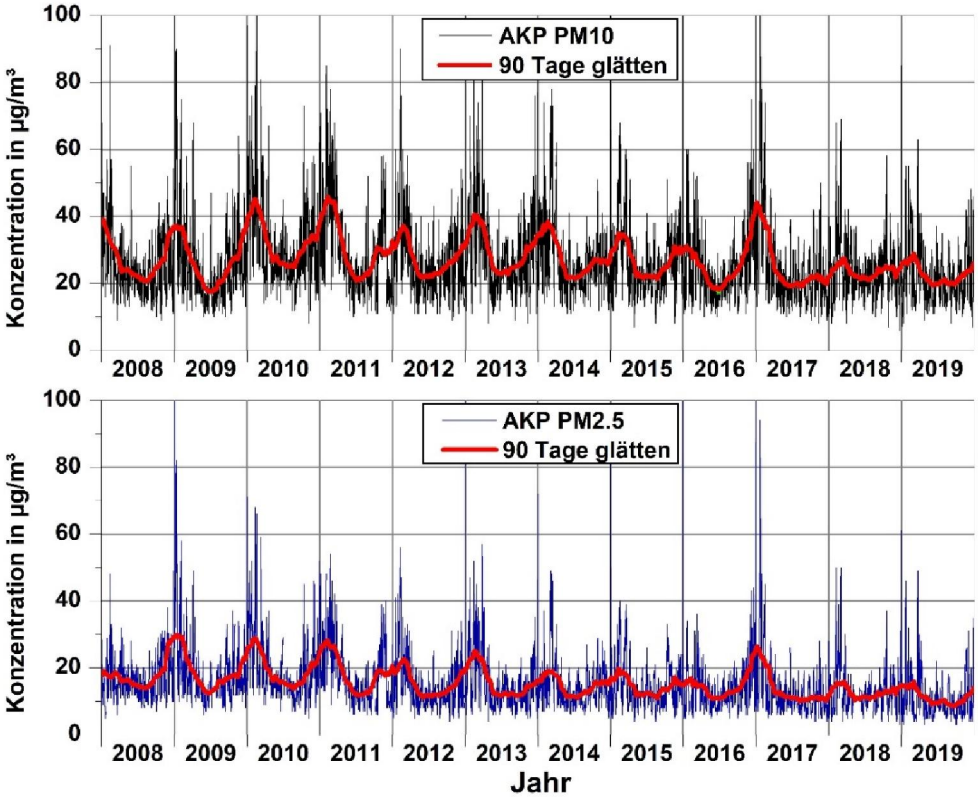


Abb.5.5: Verlauf der Tagesmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentration am Arnulf-Klett-Platz

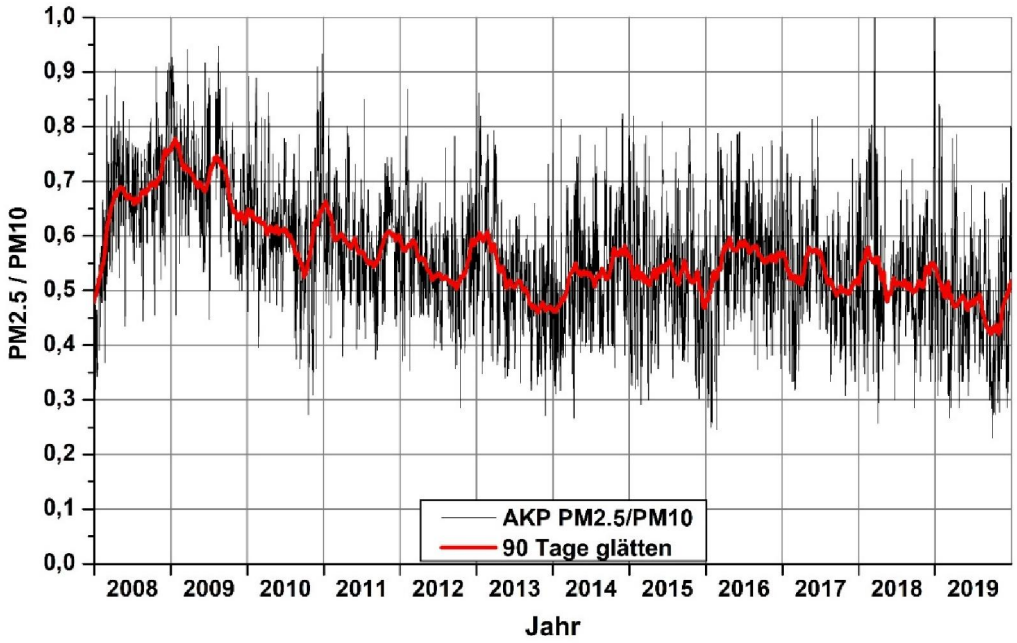


Abb. 5.6: Verlauf des Verhältnisses der Tagesmittelwerte PM2.5 zu PM10 am Arnulf-Klett-Platz

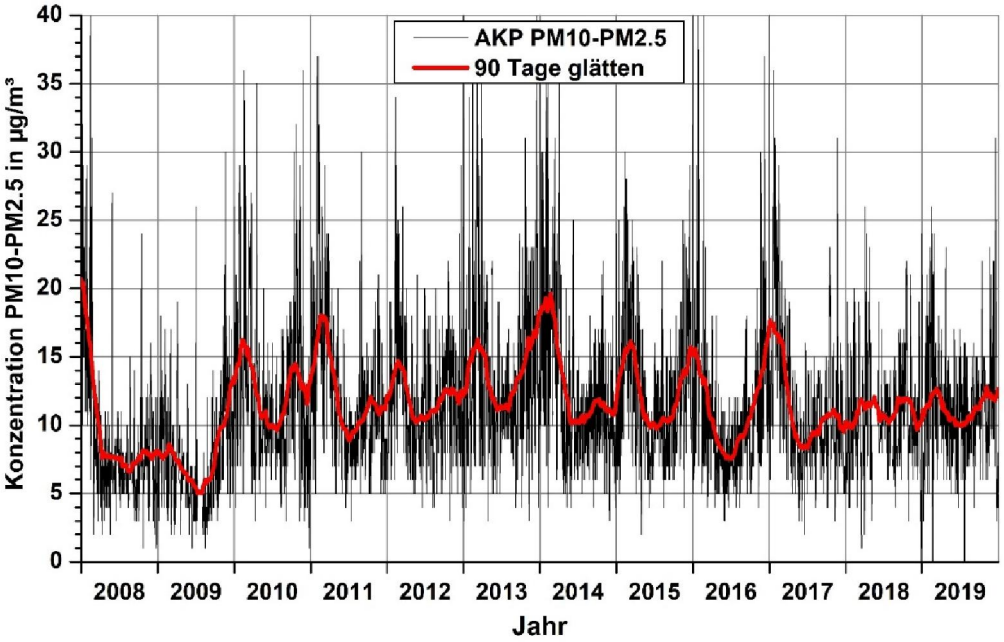


Abb. 5.7: Verlauf der Differenz der Tagesmittelwerte von PM10 minus PM2.5 am Arnulf-Klett-Platz

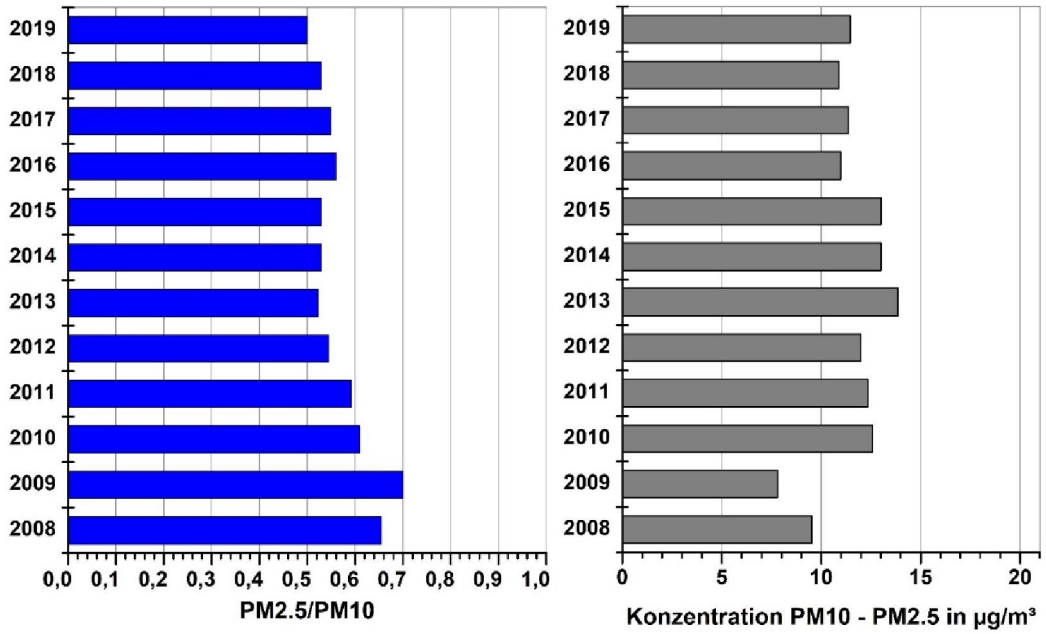


Abb. 5.8: Jahreswerte des Verhältnisses PM2.5 zu PM10 und Anteil der gröberen Fraktion PM10 minus PM2.5 am Arnulf-Klett-Platz

Die Differenz PM10 minus PM2.5 ist ein Maß für die Menge „gröberen“ Staubes in der Luft. Diese ist am AKP von 7,8 µg/m³ im Jahr 2009 auf ein Maximum von ca. 13.9 µg/m³ in 2013 gestiegen. Seitdem ist wieder eine Abnahme unter geringen jährlichen Schwankungen auf 11 µg/m³ im Jahr 2019 festzustellen.

Nach allen hier untersuchten Kriterien ist keine Verschlechterung der Staubsituation im Bereich Hauptbahnhof und Arnulf-Klett-Platz in den vergangenen 12 Jahren eingetreten. Die Staubmesswerte belegen, dass erhöhte Emissionen aus dem Baubetrieb nicht nachzuweisen sind.

5.3 Am Neckartor

Am Neckartor werden die höchsten PM10-Konzentrationen aller Stuttgarter Stationen gemessen. Im Jahr 2019 lagen sie 13 µg/m³ über den Werten in BC und 5 µg/m³ über den Werten am AKP.

Der zeitliche Verlauf in der **Abb. 5.9** zeigte bisher hohe Konzentrationen im Winter und geringere im Sommer, aber wie an den anderen Stationen seit 2018 einen deutlich flacheren Jahresgang. Auch Am Neckartor wurden im Kalenderjahr 2019 die niedrigsten Werte für PM10 und PM2.5 seit 2008 gemessen.

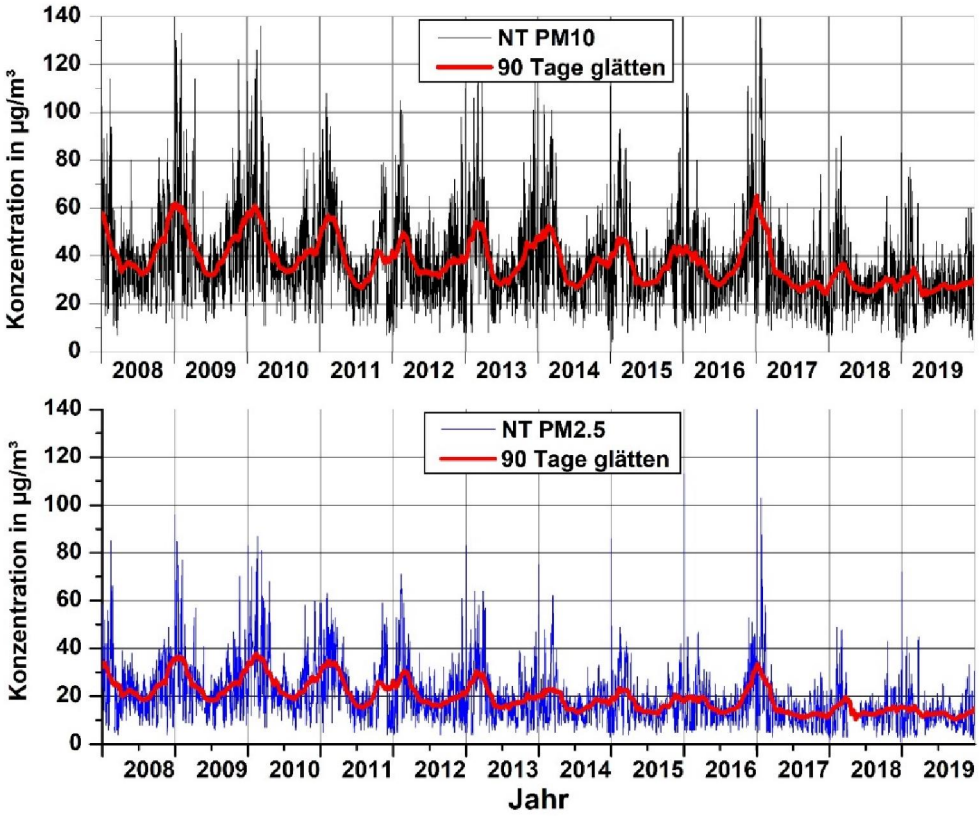


Abb. 5.9: Verlauf der Tagesmittelwerte der PM10- und PM2.5-Konzentration Am Neckartor

Der Quotient PM2.5/PM10 ist an dieser Station im Vergleich zu den Stationen AKP und BC im Mittel am niedrigsten, d. h. hier wird der höchste Anteil von gröberem Staub in der PM10 Fraktion gemessen, vgl. **Abb. 5.10.** Seit 2010 ist eine Abnahme des Quotienten zu erkennen, der zu einem Minimum von nur noch 0.4 im Winter 2013 / 2014 geführt hatte. Seitdem bewegen sich die Quotienten zwischen 0.4 und 0.5. Auch im Kalenderjahr 2019 lagen die Werte in diesem Bereich.

Die Differenz PM10 minus PM2.5 war im 90-Tage-Mittel im Winter 2016/2017 mit über 30 µg/m³ am höchsten, im Winter 2018/2019 dagegen mit unter 20 µg/m³ am niedrigsten über den Gesamtzeitraum, wie die **Abb. 5.11** zeigt.

Bei der Zusammenfassung auf Jahreswerte in der **Abb. 5.12** ergibt sich, dass der Quotient nach einer starken Abnahme von 2010 bis 2013 in den Jahren seit 2014 sich nicht mehr wesentlich verändert hat und auf Werten um 0.45 stagniert, so auch 2019. Beim Grobstaubanteil ist ein starker Rückgang von 20 µg/m³ seit 2016 auf 15 µg/m³ in den Jahren 2018 und 2019 eingetreten. Mit diesen Auswertungen ist keine quantitative Ursachenbewertung der Staubsituation am NT möglich, dazu muss auf entsprechende Untersuchungen der Staubinhaltsstoffe durch die LUBW (LUBW 2015) verwiesen werden.

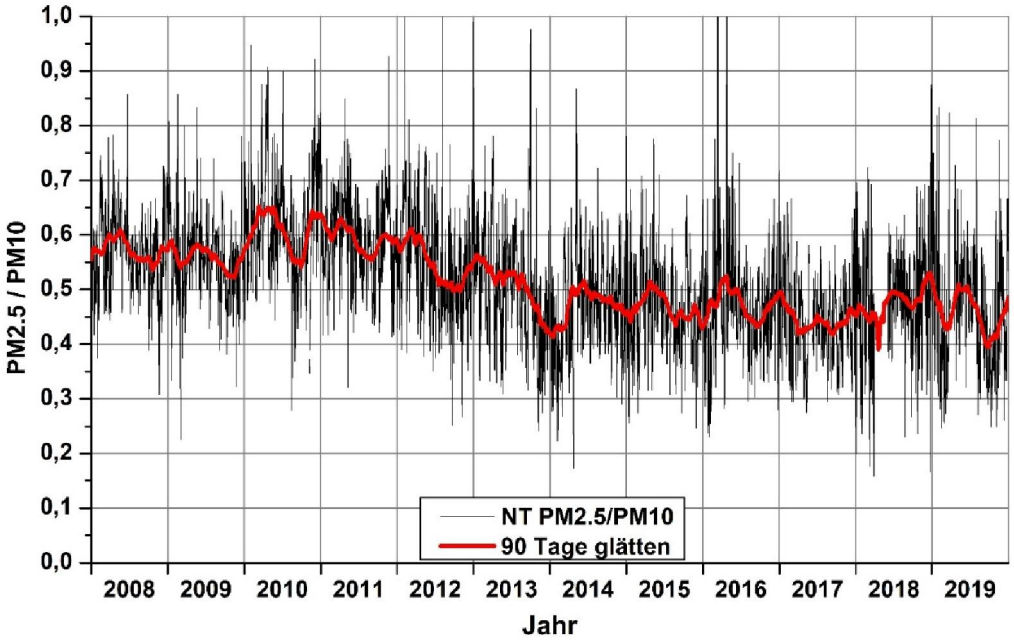


Abb. 5.10: Verlauf des Verhältnisses der Tagesmittelwerte von PM2.5 zu PM10 Am Neckartor

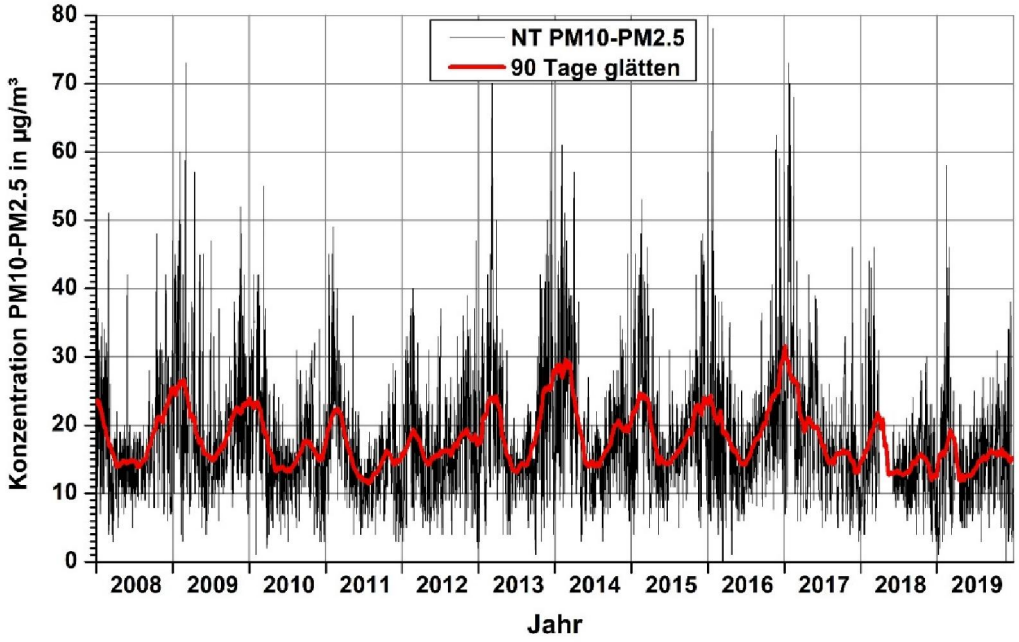


Abb. 5.11: Verlauf der Differenz der Tagesmittelwerte von PM10 minus PM2.5 Am Neckartor

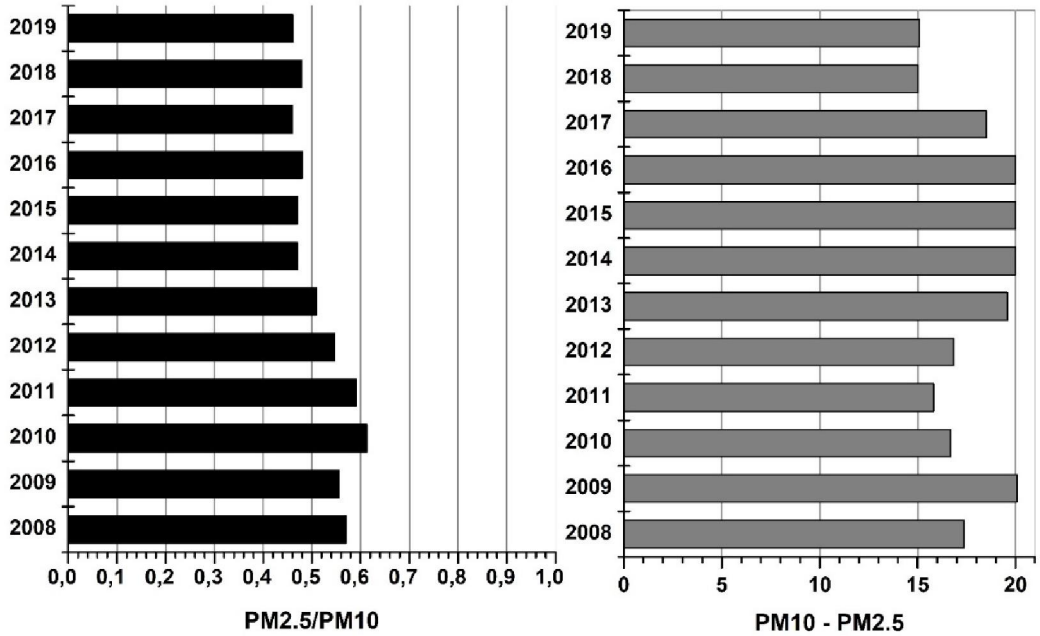


Abb. 5.12: Jahreswerte des Verhältnisses PM2.5 zu PM10 und Anteil der gröberen Fraktion PM10 minus PM2.5 Am Neckartor

5.4 Vergleich von Jahresmittelwerten und Überschreitungstagen

Die Feinstaubkonzentration PM10 wird in Stuttgart seit 2003 an den Stationen BC und AKP überwacht, am NT seit 2005. Eine vergleichende Darstellung der Messergebnisse für die Jahresmittel und die Anzahl Überschreitungen der Tagesmittel von 50 µg/m³ kann zu einer zusätzlichen Bewertung der derzeitigen Situation mit Baubetrieb beitragen.

In der **Abb. 5.13** sind die Jahresmittelwerte der PM10-Fraktion für die drei Stationen seit 2005 dargestellt. In BC und am AKP hat es seit Messbeginn keine Überschreitungen des Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³ gegeben. Am AKP wurde 2019 mit 23 µg/m³ der niedrigste Jahresmittelwert für PM10 seit Messbeginn ermittelt. Am Neckartor wurde der Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ bis 2010 überschritten, seitdem wurde er sicher eingehalten und ging 2019 auf 28 µg/m³ zurück. Insgesamt zeigt sich am NT die größte absolute Reduktion der Staubbelastung von allen Stationen.

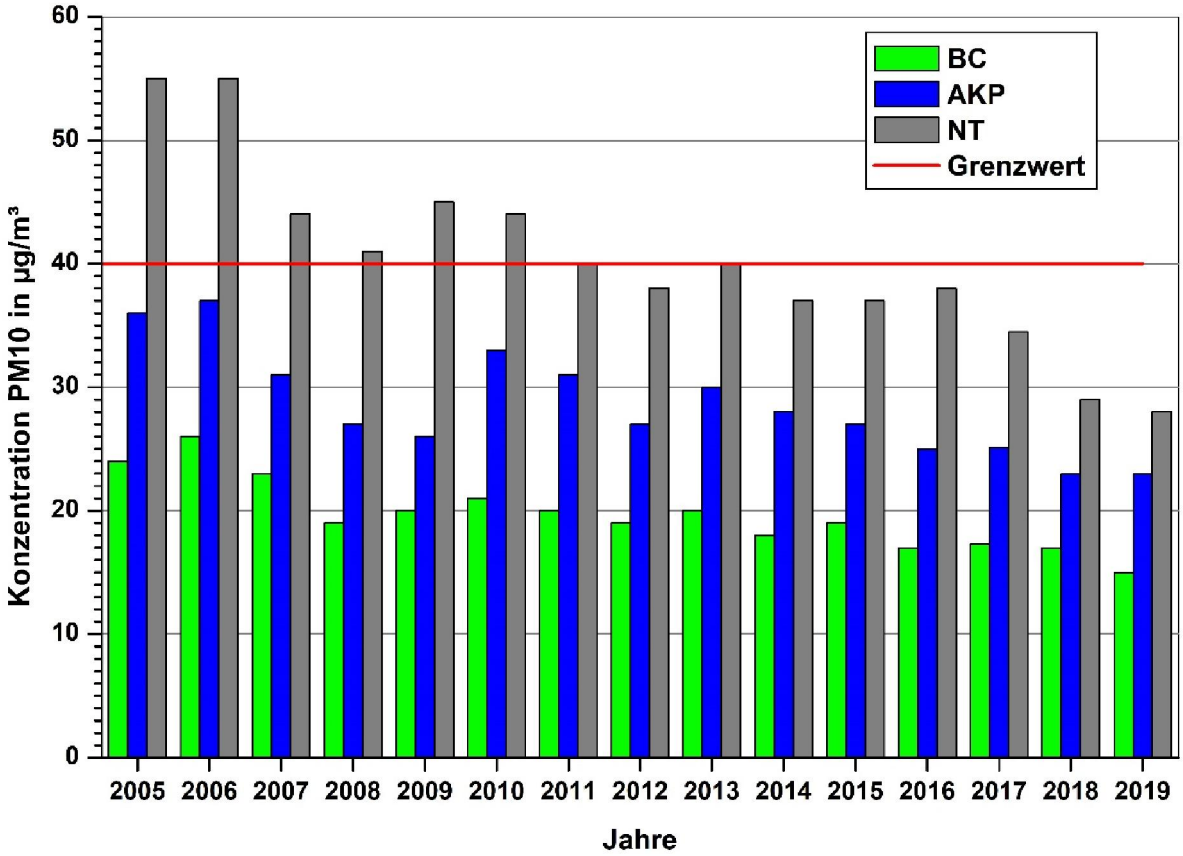


Abb. 5.13: Zeitlicher Verlauf der Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration für die Stationen Bad Cannstatt (BC), Arnulf-Klett-Platz (AKP) und Am Neckartor (NT),

Bei der Anzahl von Tagen mit PM10-Konzentrationen größer 50 µg/m³ (Tagesgrenzwert) handelt es sich um statistisch gesehen seltene Einzelereignisse, die ab einem gewählten Überschreitungswert gezählt werden. Die ausgleichende Funktion der Mittelbildung über 365 Tage fehlt, weshalb diese Kenngröße weitaus stärkeren jährlichen Schwankungen als der Jahresmittelwert unterworfen ist, wie die **Abb. 5.14** zeigt.

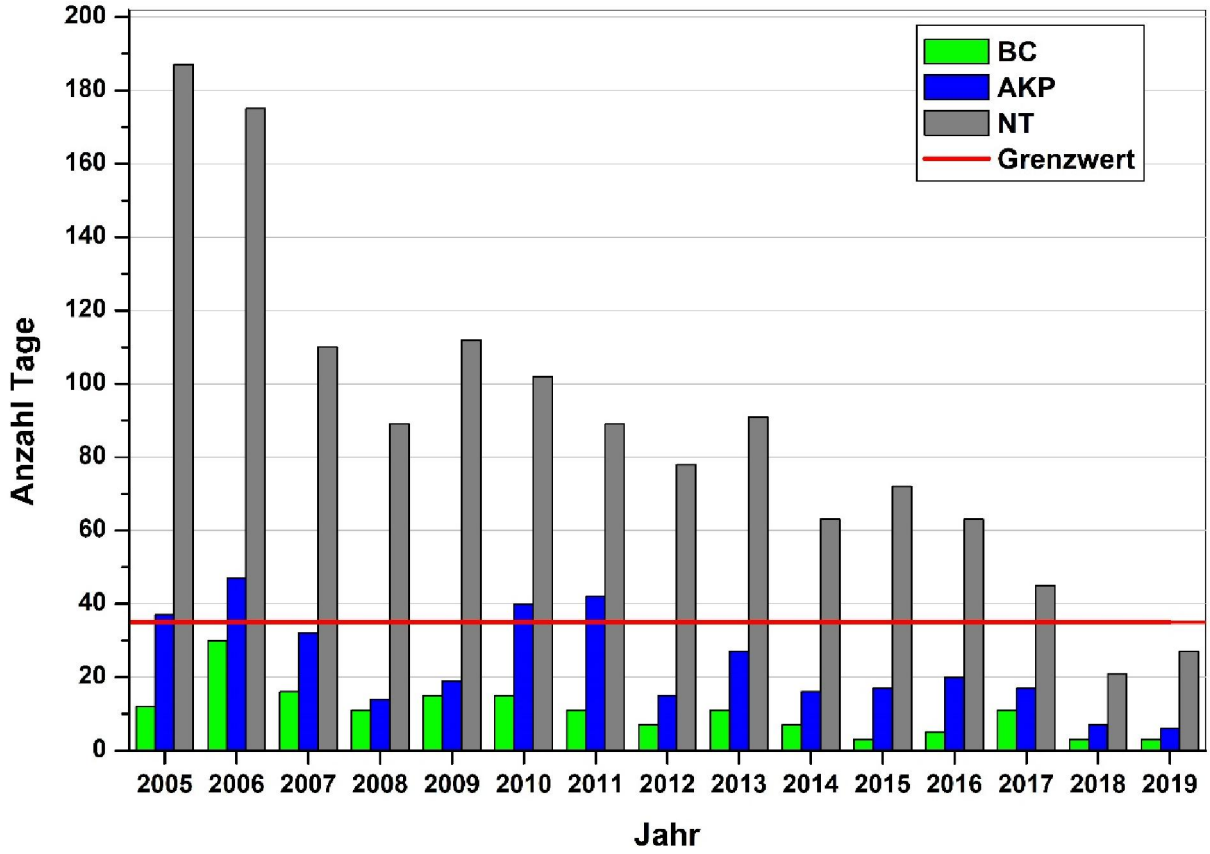


Abb. 5.14: Anzahl der Tage pro Kalenderjahr mit Tagesmittelwerten PM10 größer 50 µg/m³ für die Stationen Bad Cannstatt, Arnulf-Klett-Platz und Am Neckartor

In BC hat es seit 2005 keine Überschreitungen der zulässigen 35 Tage pro Kalenderjahr mit Tageswerten größer 50 µg/m³ gegeben. Am AKP wurden die 35 Tage letztmalig im Jahr 2011 überschritten, am NT dagegen bis zum Jahr 2017. Aber ähnlich wie beim Jahresmittel ist eine Abnahme der Überschreitungshäufigkeit, wenn auch unter größeren jährlichen Schwankungen, zu erkennen. Im Jahr 2019 trat am AKP mit 6 Tagen die niedrigste Anzahl von Überschreitungen seit Messbeginn auf.

Die Messungen der PM2.5-Fraktion begannen erst 2007 an allen Stationen, vgl. **Abb. 5.15**. Aufgrund des regionalen Charakters der PM2.5-Konzentrationen sind die Unterschiede zwischen den Stationen, anders als bei PM10, viel geringer. An allen Stationen wird der Grenzwert von 25

µg/m³ seit 2011 sicher eingehalten, seit 2014 liegen alle Jahresmittel unter 20 µg/m³. Im Berichtsjahr 2019 wurden an allen betrachteten Stationen die bisher niedrigsten Jahresmittelwerte seit Beginn der Messungen erfasst.

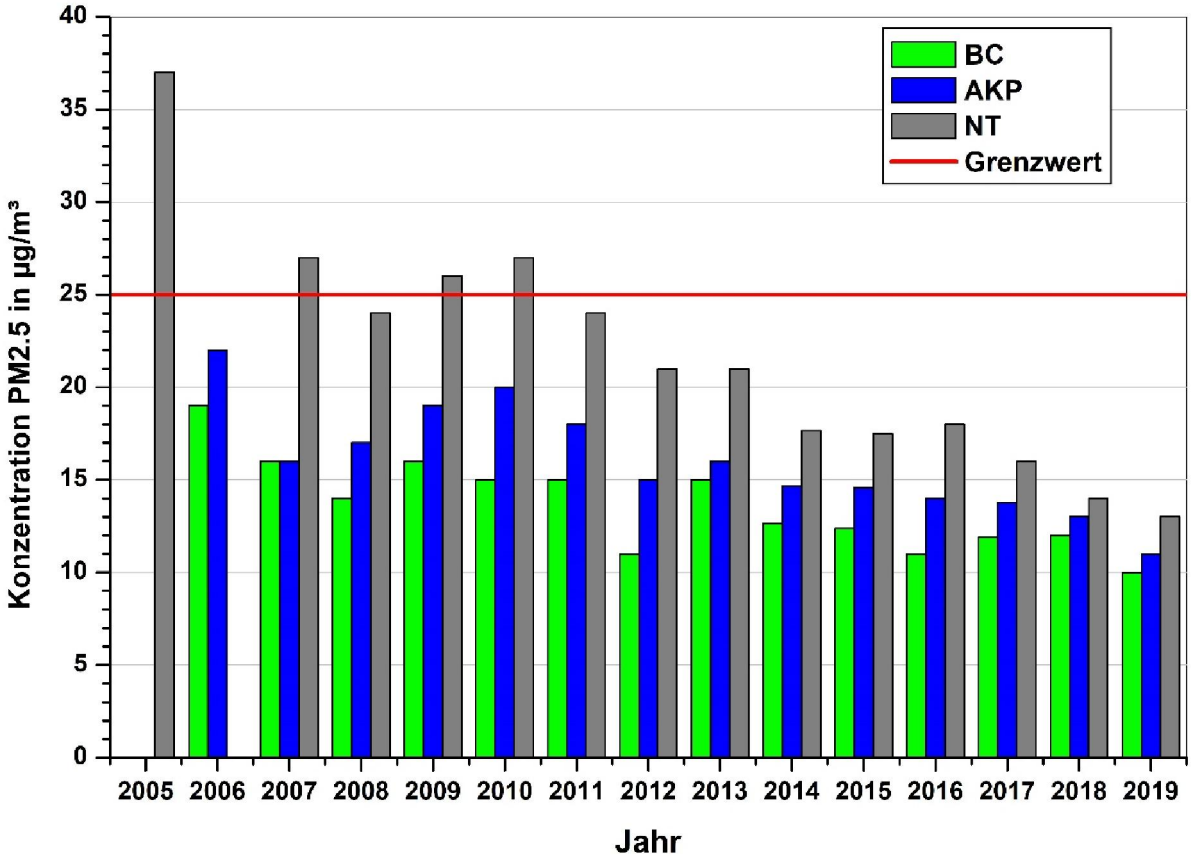


Abb. 5.15: Zeitlicher Verlauf der Jahresmittelwerte der PM2.5-Konzentration für die Stationen Bad Cannstatt, Arnulf-Klett-Platz und Am Neckartor

Sowohl die bei PM10 wie auch bei PM2.5 gemessenen Staubkonzentrationen der vergangenen 15 Jahre belegen, dass keine generelle Verschlechterung der Luftqualität in Stuttgart durch die Baumaßnahmen von S21, wie zu Anfang befürchtet, eingetreten ist.

6 LITERATUR

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes - Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) Vom 2. August 2010. S. 1065-1104. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 40, ausgegeben zu Bonn am 5. August 2010.

Lohmeyer (2019): Prüfbericht Staubschutz Stuttgart 21 Planfeststellungsabschnitt 1.1. Bericht 1. Halbjahr 2019. Bericht Nr.: 69005-15-10, 27.09.2019

LUBW (2015): Untersuchung erhöhter Partikel PM10-Immissionen im Stadtzentrum von Stuttgart Ergebnisse 2014; Dok.-Nr. 33-08/2015

Stadt Stuttgart (2015): stadtklima-stuttgart.de/windfeld/windfeldrelief.htm

TA Luft (2002): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). GMBl. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605.an

LUBW (2020): Luftmessdaten Stuttgart: Bad Cannstatt, Arnulf - Klett - Platz und Am Neckartor, vom 01.01. – 31.12.2019. http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de. Heruntergeladen am 17.02.2020.