

DWD

Amtliches Gutachten
zur
Luftqualität
in
Hardert



Deutscher Wetterdienst

Abteilung
Klima- und Umweltberatung
Freiburg, Oktober 2017

Deutscher Wetterdienst

Abteilung Klima- und Umweltberatung



**Amtliches Gutachten
zur Luftqualität**

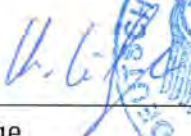
in

Hardert

Landkreis Neuwied

Auftraggeber:	Ortsgemeinde Hardert
Prädikat:	Luftkurort (Bestätigung)
Messzeitraum:	17.06.2016 – 07.07.2017
Bearbeiter:	Christian Haller

Freiburg, den 10. Oktober 2017


Dr. Stefan Gilge
Leiter des Referates Lufthygiene



Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt; außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte ist eine Vervielfältigung oder Weitergabe dieses Gutachtens sowie eine Mitteilung seines Inhalts an Dritte, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes gestattet.

ÜBERSICHT

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	2
TABELLENVERZEICHNIS	4
ZUSAMMENFASSUNG UND ENTSCHEIDUNGSVORSCHLAG	5
1. EINLEITUNG	6
2. LUFTBEIMENGUNGEN UND IHRE BEURTEILUNGSKRITERIEN	7
3. BEISPIELHAFTE DARSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE	11
4. BEURTEILUNG DER LUFTQUALITÄT IN HARDERT	18
4.1. STICKSTOFFDIOXID	19
4.2. FEINSTAUB	23
4.3. RUß IM FEINSTAUB	26
4.4. GROBSTAUB	29
5. VERGLEICH ZUR VORHERIGEN MESSKAMPAGNE	40
6. GESAMTBEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	44
ANHANG	46

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1	AUSSCHNITT AUS DEM ORTSPLAN VON HARDERT MIT DEN STANDORTEN FÜR DIE PROBENAHEME PARTIKEL- UND GASFÖRMIGER LUFTBEIMENGENGEN	10
ABBILDUNG 2	BEISPIEL EINES JAHRESZEITLICHEN VERLAUFS DER GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION IN DER REPRÄSENTANZ KURGEBIET	12
ABBILDUNG 3	BEISPIEL BOXPLOT FÜR KENNGRÖßEN DER IMMISSIONSMESSUNGEN.....	13
ABBILDUNG 4	BEISPIEL EINES VERGLEICHS MIT ANDEREN KURORTEN FÜR DIE STICKSTOFFDIOXID-BELASTUNG IM KURGEBIET.....	15
ABBILDUNG 5	BEISPIEL FÜR EINE IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION	16
ABBILDUNG 6	JAHRESVERLAUF DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION IM KURGEBIET.....	19
ABBILDUNG 7	JAHRESVERLAUF DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM.....	19
ABBILDUNG 8	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN FÜR STICKSTOFFDIOXID.....	20
ABBILDUNG 9	VERGLEICH MIT ANDEREN KURORTEN FÜR DIE STICKSTOFFDIOXID-BELASTUNG IM KURGEBIET	22
ABBILDUNG 10	JAHRESVERLAUF DER FEINSTAUB-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM	23
ABBILDUNG 11	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN FÜR FEINSTAUB	24
ABBILDUNG 12	VERGLEICH MIT ANDEREN KURORTEN FÜR DIE FEINSTAUB-BELASTUNG IM VERKEHRZENTRUM	25
ABBILDUNG 13	JAHRESVERLAUF DER RUß-IM-FEINSTAUB-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM	26
ABBILDUNG 14	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN FÜR RUß-IM-FEINSTAUB	27
ABBILDUNG 15	VERGLEICH MIT ANDEREN KURORTEN FÜR DIE RUß-IM-FEINSTAUB-BELASTUNG IM VERKEHRZENTRUM	28
ABBILDUNG 16	JAHRESVERLAUF DER GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION IM KURGEBIET.....	29
ABBILDUNG 17	JAHRESVERLAUF DER GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM.....	29
ABBILDUNG 18	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN FÜR GROBSTAUB (GESAMT)	30
ABBILDUNG 19	VERGLEICH MIT ANDEREN KURORTEN FÜR DIE GROBSTAUB (GESAMT)-BELASTUNG IM KURGEBIET	31
ABBILDUNG 20	JAHRESVERLAUF DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION IM KURGEBIET	33
ABBILDUNG 21	JAHRESVERLAUF DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM.....	33
ABBILDUNG 22	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN FÜR GROBSTAUB (OPAK)	34
ABBILDUNG 23	VERGLEICH MIT ANDEREN KURORTEN FÜR DIE OPAKE GROBSTAUB-BELASTUNG IM VERKEHRZENTRUM	35
ABBILDUNG 24	GRÖßENVERTEILUNG DER OPAKEN GROBSTAUBPARTIKEL IN HARDERT AN DEN BEIDEN STANDORTEN „SENIORENHEIM“ (KG) UND „WEIHERSTRAßE“ (VZ).....	36
ABBILDUNG 25	JAHRESZEITLICHER VERLAUF DER POLLEN IM BEURTEILUNGSGBIET VON HARDERT	38
ABBILDUNG 26	VERGLEICH DER MITTLEREN GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION FÜR DIE MESSKAMPAGNE 2006/2007 UND 2016/2017	43

ABBILDUNG 27	VERGLEICH DER MITTLEREN GROBSTAUB (OPAK)-KONZENTRATION FÜR DIE MESSKAMPAGNE 2006/2007 UND 2016/2017	43
ABBILDUNG 28	VERGLEICH DER MITTLEREN STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION FÜR DIE MESSKAMPAGNE 2006/2007 UND 2016/2017	43

ABBILDUNGEN IM ANHANG

ABBILDUNG A 1	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION IM KURGEBIET	52
ABBILDUNG A 2	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM	52
ABBILDUNG A 3	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER FEINSTAUB-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM...	54
ABBILDUNG A 4	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER RUß-IM-FEINSTAUB-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM	56
ABBILDUNG A 5	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER GROBSTAUB-(GESAMT)-KONZENTRATION IM KURGEBIET	58
ABBILDUNG A 6	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER GROBSTAUB-(GESAMT)-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM	58
ABBILDUNG A 7	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION IM KURGEBIET .	60
ABBILDUNG A 8	IMMISSIONS-WITTERUNGSROSE DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION IM VERKEHRZENTRUM	60

TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 1	KURZZEIT- UND LANGZEIT-RICTHWERTE FÜR DIE LUFTQUALITÄT IN KUR- UND ERHOLUNGORTEN	9
TABELLE 2	WITTERUNGSTYPEN IN MITTELEUROPA UND AUSTAUSCHVERHÄLTNISSE	11
TABELLE 3	BEISPIEL BEZOGEN AUF DIE IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION	14
TABELLE 4	BEISPIEL BEZOGEN AUF DIE IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION GETRENNT NACH WINTERHALBJAHR UND SOMMERHALBJAHR FÜR ALLE WETTERLAGEN UND FÜR HOCHDRUCKWETTERLAGEN UND OSTLAGEN	14
TABELLE 5	ZUSAMMENFASSUNG DER ÜBERSCHREITUNGSHÄUFIGKEITEN DES KURZZEIT-RICTHWERTES UND DER AUSSCHÖPFUNGSGRADE HINSICHTLICH DES LANGZEIT-RICTHWERTES	45

TABELLEN IM ANHANG

TABELLE A 1	MITTLERE WÖCHENTLICHE IMMISSIONSBELASTUNG IN HARDERT AN DER PROBENAHMESTELLE KG: SENIORENHEIM.....	47
TABELLE A 2	MITTLERE WÖCHENTLICHE IMMISSIONSBELASTUNG IN HARDERT AN DER PROBENAHMESTELLE VZ: WEIHERSTRASSE	49
TABELLE A 3	IMMISSIONSWERT-ÜBERSCHREITUNGEN DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION	51
TABELLE A 4	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION IM GESAMTZEITRAUM	51
TABELLE A 5	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER STICKSTOFFDIOXID-KONZENTRATION IN TEILZEITRÄUMEN ...	51
TABELLE A 6	IMMISSIONSWERT-ÜBERSCHREITUNGEN DER FEINSTAUB-KONZENTRATION	53
TABELLE A 7	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER FEINSTAUB-KONZENTRATION IM GESAMTZEITRAUM	53
TABELLE A 8	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER FEINSTAUB-KONZENTRATION IN TEILZEITRÄUMEN	53
TABELLE A 9	IMMISSIONSWERT-ÜBERSCHREITUNGEN DER RUß-IM-FEINSTAUB-KONZENTRATION	55
TABELLE A 10	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER RUß-IM-FEINSTAUB-KONZENTRATION IM GESAMTZEITRAUM	55
TABELLE A 11	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER RUß-IM-FEINSTAUB-KONZENTRATION IN TEILZEITRÄUMEN ...	55
TABELLE A 12	IMMISSIONSWERT-ÜBERSCHREITUNGEN DER GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION.....	57
TABELLE A 13	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION IM GESAMTZEITRAUM	57
TABELLE A 14	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER GROBSTAUB (GESAMT)-KONZENTRATION IN TEILZEITRÄUMEN	57
TABELLE A 15	IMMISSIONSWERT-ÜBERSCHREITUNGEN DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION	59
TABELLE A 16	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION IM GESAMTZEITRAUM	59
TABELLE A 17	IMMISSIONS-KENNGRÖßEN DER OPAKEN GROBSTAUB-KONZENTRATION IN TEILZEITRÄUMEN	59

ZUSAMMENFASSUNG UND ENTSCHEIDUNGSVORSCHLAG

Luftqualitätsmessungen für die Luftbeimengungen Stickstoffdioxid, Feinstaub, Ruß im Feinstaub und Grobstaub (gesamt und opak) wurden in Hardert im Rahmen des Bestätigungsverfahrens für das Prädikat Luftkurort durchgeführt.

Die gemessenen Konzentrationen der untersuchten Luftbeimengungen sind sowohl auf natürliche Faktoren (Witterung, Vegetationsentwicklung) als auch auf anthropogene (menschliche) Einflüsse zurückzuführen.

Die mittleren Belastungswerte der untersuchten Luftschadstoffe weisen in Hardert meist eine normale und kurortübliche Belastung auf. An der verkehrsbezogenen Messstelle ist die Belastung durch Grobstaub (gesamt und opak) und Ruß im Feinstaub sogar gering ausgefallen. Im Kurgebiet ist die Belastung durch Stickstoffdioxid und Grobstaub (opak) jedoch leicht erhöht. Dies könnte mit dem Verkehr auf der unweit von der Messstelle im Kurgebiet entfernten Mittelstraße (Kreisstraße K 104) bzw. auf der westlich von Hardert von Norden nach Süden verlaufenden Bundesstraße B 256 im Zusammenhang stehen. Möglicherweise sorgte ein begrenztes Hangwind-System (Auf- und Abwinde) dafür, dass vor allem im Sommerhalbjahr die Belastung der gemessenen Luftbeimengungen meist geringfügig niedriger war als zu erwarten gewesen wäre. Im gesamten Messzeitraum kam es zu keiner Überschreitung des jeweiligen Kurzzeit-Richtwertes. Die statistische Wahrscheinlichkeit, dass der jeweilige Langzeit-Richtwert eingehalten wird, liegt bei über 97,5 %.

Demnach sind gemäß den Begriffsbestimmungen die lufthygienischen Voraussetzungen für eine Bestätigung als Luftkurort im Beurteilungsgebiet von Hardert **ohne Einschränkungen erfüllt**. Eine Bestätigung dieses Prädikates kann aus lufthygienischer Sicht daher befürwortet werden.

Gemäß den Begriffsbestimmungen sind in Hardert spätestens in 10 Jahren wieder einjährige Luftqualitätsmessungen durchzuführen.

1. EINLEITUNG

Die Atmosphäre ist mehr als einfach nur Luft. Sie ist ein Gemisch aus vielen Gasen, hauptsächlich Stickstoff (78,1 %) und Sauerstoff (20,9 %). Viele weitere Gase kommen in so geringen Konzentrationen vor, dass man sie Spurengase nennt. Diese haben jedoch einen entscheidenden Einfluss auf die Luftqualität. Neben gasförmigen Molekülen enthält die Luft auch Aerosole. Sie sind ein Gemisch aus festen und/oder flüssigen Schwebeteilchen und Luft.

Je nach Jahreszeit und Wetterlage gelangen Spurengase und Aerosole in unterschiedlichen Konzentrationen vor allem in die unteren, bodennahen Schichten der Atmosphäre. Dies geschieht sowohl auf natürliche Weise (zum Beispiel Staubaufwirbelung durch den Wind), als auch durch den Menschen (anthropogen). Zu den Hauptemissionsquellen zählen Industrie, Verkehr und Heizungen. Je nach Emission (stofflicher Austrag in die Atmosphäre) und Wetterlage kann es zu unterschiedlichen Immissionen (Einwirkung von Stoffen auf Mensch und Umwelt) kommen. Die Beimengungen in der Umgebungsluft belasten zum Teil die menschliche Gesundheit und sind deshalb unerwünscht.

Von Kurorten und Erholungsorten wird gefordert, dass die lufthygienischen Bedingungen vor Ort für den Gast eine Entlastung von den häufig anzutreffenden Immissionsverhältnissen der Großstädte und Ballungsgebiete darstellen. Mangelnde Luftqualität darf keinesfalls den Erfolg von Kuranwendungen gefährden. Dazu haben der Deutsche Heilbäderverband e. V. und der Deutsche Tourismusverband e. V. unter anderem Richtwerte für die jährlichen Höchstkonzentrationen einzelner Luftbeimengungen festgelegt, die bis zu 60 % unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen.

Im Laufe der Jahre können sich, beispielsweise durch Veränderungen in der Infrastruktur oder städtebauliche Maßnahmen, die bioklimatischen und lufthygienischen Verhältnisse in einem staatlich anerkannten Kur- und Erholungsort verändern. Damit der Gast die ortsgebundenen Heilmittel, im Speziellen die Luftqualität, auch weiterhin als „natürliches Heilmittel“ anwenden kann, ist in den jeweiligen Kurortgesetzen bzw. Verordnungen der Länder vorgeschrieben, wann erneut Luftqualitätsmessungen durchzuführen sind und der jeweiligen Genehmigungsbehörde ein Gutachten über die Luftqualität vorzulegen ist.

In Hardert sind Luftqualitätsmessungen zur Bestätigung des Prädikates „Luftkurort“ letztmalig vom 23.06.2006 bis 22.06.2007 durchgeführt worden.

2. LUFTBEIMENGUNGEN UND IHRE BEURTEILUNGSKRITERIEN

Für die Bewertung der Luftqualität in Kurorten ist laut den Begriffsbestimmungen die Messung folgender Luftbeimengungen notwendig:

- Stickstoffdioxid (NO₂),
- Feinstaub (engl. Particulate Matter, PM_{2.5}),
- Ruß im Feinstaub,
- Grobstaub (gesamt und opak).

Damit stehen dem Kur- oder Erholungsort Daten über einige der wichtigsten gesundheitsrelevanten Gase und Partikel zur Verfügung. Messung und Bewertung der Luftqualität erfolgen nach dem INMEKO-Konzept (Integrierte Messungen in Kurorten), festgeschrieben in den Begriffsbestimmungen des Deutschen Heilbäderverbandes e. V. und des Deutschen Tourismusverbandes e. V.¹. Die angewendeten Messverfahren sind in der beigefügten Broschüre „Luftqualität unter der Lupe“ beschrieben.

Stickstoffdioxid

Stickstoffdioxid ist ein Gas mit sowohl natürlichen als auch anthropogenen Quellen. Zu den natürlichen Quellen zählen beispielsweise Blitze, Vulkanausbrüche oder mikrobiologische Reaktionen im Boden. Anthropogene Quellen sind hauptsächlich Kraftfahrzeugverkehr und Heizungsemissionen. Die anthropogenen Quellen überwiegen die natürlichen bei Weitem. NO₂ ist außerdem Vorläufersubstanz bei der Entstehung von Ozon und trägt zur Versauerung (Salpetersäure) und Eutrophierung (übermäßige Nährstoffanreicherung) von Böden und Gewässern bei. Bereits in geringen Konzentrationen kann NO₂ zu Reizungen von Augen und Schleimhäuten und insbesondere Schädigungen des Atemtraktes führen.

Feinstaub

Zu Feinstaub zählen alle Staubpartikel mit einem Partikeldurchmesser kleiner 2,5 µm (1 µm = 1/1000 mm). Diese Partikel können aufgrund ihrer geringen Größe bis in die Lungenbläschen (Alveolen) gelangen. Von der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

¹ „Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für Heilbäder und Kurorte, Luftkurorte, Erholungsorte – einschließlich der Prädikatisierungsvoraussetzungen – sowie für Heilbrunnen und Heilquellen“, 12. Auflage April 2005, fortgeschrieben am 8. November 2014 und folgende Aktualisierungen

wird Feinstaub deshalb auch als kritischer Luftschadstoff eingestuft. Eine besondere Bedeutung kommt dem Feinstaub auch aufgrund des in ihm enthaltenen Verbrennungsrußes zu (Ruß im Feinstaub). Dieser gilt ebenfalls als kanzerogen (krebserregend).

Grobstaub

Beim Grobstaub werden im vorliegenden Gutachten alle Partikel mit einem Durchmesser von 2,5 µm bis 40 µm betrachtet. Diese Partikel gelangen teils auf natürliche Weise (vom Wind aufgewirbelte Sandkörner, Mineralstaub, Blütenpollen, Seesalz-Aerosol), teils als anthropogene Luftverunreinigungen (Rußpartikel, Flugasche, Teilchen aus dem Reifenabrieb der Kraftfahrzeuge sowie Straßenasphalt) in die Atmosphäre.

Die Auswertung der Grobstaubpartikel erfolgt getrennt nach ihrer stofflichen Zusammensetzung:

Grobstaub gesamt: Alle Grobstaubpartikel, ohne Pollen und ohne wasserlösliche Nitrat-, Sulfat- und Natriumchlorid-Partikel.

Grobstaub opak: Opake (lichtundurchlässige) Grobstaubpartikel, Rückstände aus Verbrennungsprozessen und Abrieb der Reifen von Kraftfahrzeugen (Gummireste) sowie Abrieb des Straßenasphalts.

Pollen: Alle Pollenarten mit einem Durchmesser zwischen 20 µm und 60 µm.

Messumgebung

Die Messung von Stickstoffdioxid und Grobstaub erfolgt an zwei unterschiedlichen Repräsentanzen: Im Kurgebiet (KG) zur Bestimmung der Hintergrundbelastung und an einem verkehrsreichen Standort im Ortszentrum (VZ) zur Bestimmung der verkehrsbedingten Zusatzbelastung. Feinstaub und Ruß im Feinstaub werden nur am verkehrsbezogenen Standort gemessen: Denn Feinstaubpartikel haben eine lange Lebensdauer in der Luft, verteilen sich homogener und sind in der Lage, sich über größere Distanzen zu verfrachten. Daher ist die Messung im Verkehrszentrum ausreichend, da hier die höchsten Konzentrationen zu erwarten sind. Wenn an diesem Standort die Richtwerte eingehalten werden, so auch im Kurgebiet. Die Messdauer beträgt für alle Luftbeimengungen ein Jahr, die Exposition einer Probe jeweils eine Woche.

Bewertungskriterien

Aus den wöchentlichen Einzelproben werden für jede Probenahmestelle und jede Schadstoff-Komponente

- die Überschreitungshäufigkeiten bezüglich des Kurzzeit-Richtwertes,
- die mittlere Schadstoff-Konzentration im Messzeitraum bezüglich des Langzeit-Richtwertes

berechnet.

Die Kurzzeit- und Langzeit-Richtwerte geben die nach den Begriffsbestimmungen maximal zulässige Belastung der wöchentlichen Konzentration (Kurzzeit) und der mittleren Konzentration über den gesamten Messzeitraum (Langzeit) an. Dabei sind an den jeweiligen Repräsentanzen unterschiedliche Richtwerte einzuhalten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Kurzzeit- und Langzeit-Richtwerte für die Luftqualität in Kur- und Erholungsorten

Richtwert		Kurzzeit		Langzeit	
		Kurgebiet	Verkehrszentrum	Kurgebiet	Verkehrszentrum
Stickstoffdioxid	µg/m ³	34	50	20	32
Feinstaub PM _{2,5}	µg/m ³	*	35	*	20
Ruß im Feinstaub PM _{2,5}	µg/m ³	*	2,5	*	1,7
Grobstaub (gesamt)	µg/m ³	27	55	13	28
Grobstaub (opak)	µg/m ³	3,3	11	1,4	5,5
Anforderung an die Luftqualität		Normale Anforderung			

* Keine Erhebung

Die Kurzzeit-Richtwerte dürfen für alle gemessenen Schadstoff-Komponenten während des gesamten Messzeitraumes nicht mehr als **dreimal** überschritten werden.

Die Langzeit-Richtwerte dürfen jeweils bis zu **100 %** ausgeschöpft werden.

Hardert beabsichtigt, sich das Prädikat Luftkurort bestätigen zu lassen. Damit gelten die normalen Anforderungen (siehe beigefügte Broschüre „Luftqualität unter der Lupe“ oder Begriffsbestimmungen). Dem vorliegenden Gutachten liegt die Luftqualitätsbeurteilung zugrunde.

Beurteilungsgebiet und Probenahmestellen

Das Beurteilungsgebiet umfasst die Ortsgemeinde von Hardert. Es wurden für die beiden Repräsentanzen Kurgebiet und Verkehrszentrum folgende Probenahmestellen eingerichtet:

- Kurgebiet (Hintergrundbelastung)
Seniorenheim, auf einer nach Süden geneigte Wiese unweit entfernt von der Seniorenresidenz Weinbrenner am Rosenberg GmbH
- Verkehrszentrum (verkehrsbedingte Zusatzbelastung)
Weierstraße, im Garten des Anwesens Weierstraße 2.

Während der Messkampagne 2006/2007 befanden sich die Messgeräte der Repräsentanz Kurgebiet etwa an demselben Standort. Die Messgeräte der Repräsentanz Verkehrszentrum befanden sich damals ca. 70 m südwestlicher im Vorgarten des Anwesens Mittelstraße 24. Die Standorte der Messgeräte sind in einem Ausschnitt des Ortsplans von Hardert in der Abbildung 1 eingetragen und werden mit der Kurzbezeichnung der Repräsentanzen (KG, VZ, VZ_{alt}) gekennzeichnet.

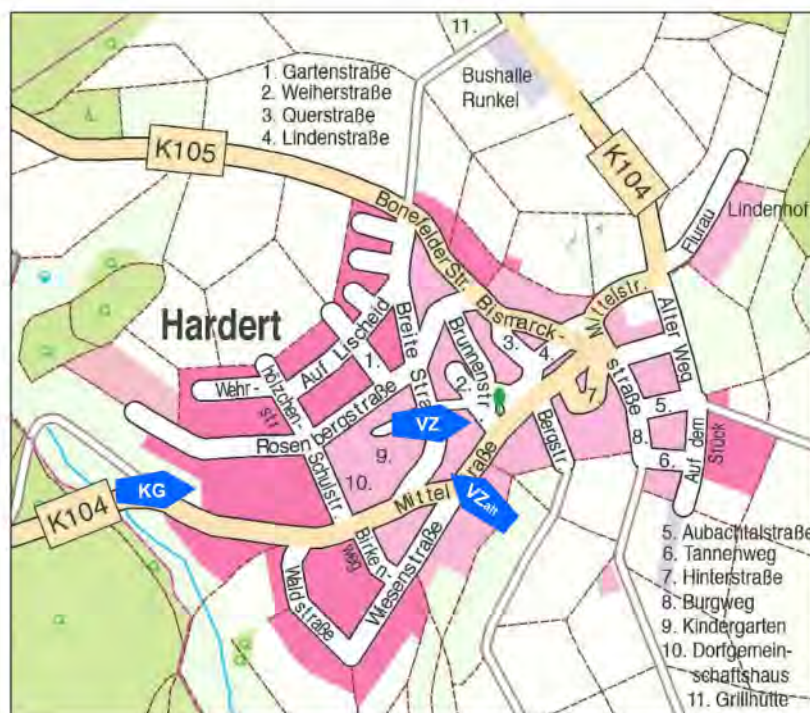


Abbildung 1 Ausschnitt aus dem Ortsplan von Hardert mit den Standorten für die Probenahme partikel- und gasförmiger Luftbeimengungen

3. BEISPIELHAFTHE DARSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE

Die wöchentlichen Ergebnisse der Messkampagne werden getrennt nach Repräsentanz und Luftschadstoff in Form von

- Messwertetabellen, Jahresverläufen und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes,
- Boxplots (Einhaltung bzw. Überschreitung der Langzeit-Richtwerte),
- Immissions-Kenngrößen,
- Vergleich mit anderen Kurorten und
- Immissions-Witterungsrosen

dargestellt und im Folgenden jeweils anhand eines fiktiven Beispiels erklärt.

Zusätzlich werden die in den einzelnen Probenahmeperioden vorherrschenden Austauschbedingungen berücksichtigt, denn je nach Jahreszeit können Wetterlagen einen unterschiedlichen Einfluss auf die Immissionsbelastung haben (Tabelle 2). So können sich beispielsweise bei Hochdruckwetterlagen und Ostlagen im Winter aufgrund des eingeschränkten Luftaustausches in Bodennähe vermehrt Schadstoffe ansammeln. Dagegen führen diese Wetterlagen im Sommerhalbjahr zu einer Abtrocknung der Bodenoberfläche. Dadurch wird die Aufwirbelung von Staubpartikeln begünstigt.

Tabelle 2 Witterungstypen in Mitteleuropa und Austauschverhältnisse

Witterungstyp	großräumige Luftzufuhr aus Windrichtungssektor	typische Austauschverhältnisse	
		Herbst/Winter	Frühjahr/Sommer
N = Nordwestlage	285° – 15°	sehr gut	sehr gut
E = Ostlage	15° – 135°	eingeschränkt	gut
S = Südlage	135° – 195°	eingeschränkt	ausreichend
W = Südwestlage	195° – 285°	gut	sehr gut
H = Hochdruck- wetterlage	ohne vorherrschende Windrichtung	stark eingeschränkt	ausreichend

Messwertetabellen, Jahresverläufe und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes

Die wöchentlichen Einzelwerte der untersuchten Luftbeimengungen sind tabellarisch für jeden Messstandort im Anhang (Tabellen A1 und A2) aufgeführt. Die Auswertung des zeitlichen Verlaufs der wöchentlichen Einzelwerte erfolgt getrennt für die einzelnen Luftbeimengungen, hier an einem Beispiel für Grobstaub (gesamt):

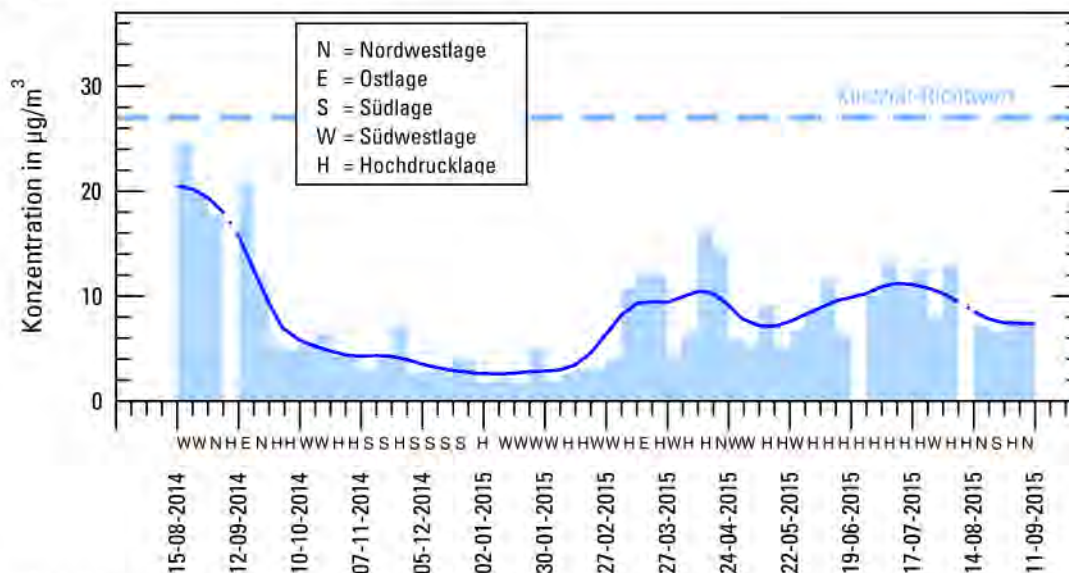


Abbildung 2 Beispiel eines jahreszeitlichen Verlaufs der Grobstaub (gesamt)-Konzentration in der Repräsentanz Kurgebiet (fiktiv)

Die Höhe der Balken gibt die mittlere wöchentliche Konzentration wieder. Eventuelle Datenlücken kennzeichnen nicht verwertbare Probenahmen. Die gemäß den Begriffsbestimmungen erforderliche Mindestanzahl von 48 Wochenproben wurde jedoch erreicht. Zusätzlich ist der in der Probenahmewoche vorherrschende Witterungstyp gemäß Tabelle 2 angegeben. Die gestrichelte horizontale Linie kennzeichnet den jeweils geltenden Kurzzeit-Richtwert gemäß Tabelle 1. Im Beispiel wird dieser in keiner Probenahmewoche des Messzeitraumes überschritten. Die wöchentlichen Messwerte werden durch Tiefpassfilterung geglättet (dunkelblaue Linie), die die kurzzeitigen Schwankungen der Schadstoff-Konzentration ausgleicht. Dadurch lassen sich die jahreszeitlichen Schwankungen der Luftbelastung besser erkennen.

In den Tabellen „Immissionswert-Überschreitungen“ im Anhang ist angegeben, wie häufig im Messzeitraum an den jeweiligen Standorten vorgegebene Schwellenwerte der Schadstoff-Belastung überschritten wurden. Hervorgehoben sind die Überschreitungen der in den Begriffsbestimmungen festgelegten Kurzzeit-Richtwerte (siehe Tabelle 1):

- **Grau hinterlegt:** zulässige Überschreitungshäufigkeit (≤ 3)
- **Rot hinterlegt:** unzulässig häufige Überschreitungen (> 3)

Boxplots

Eine anschauliche Darstellung bezüglich der Einhaltung bzw. Überschreitung der Langzeit-Richtwerte vermitteln die Boxplots (siehe nachfolgendes fiktives Beispiel):

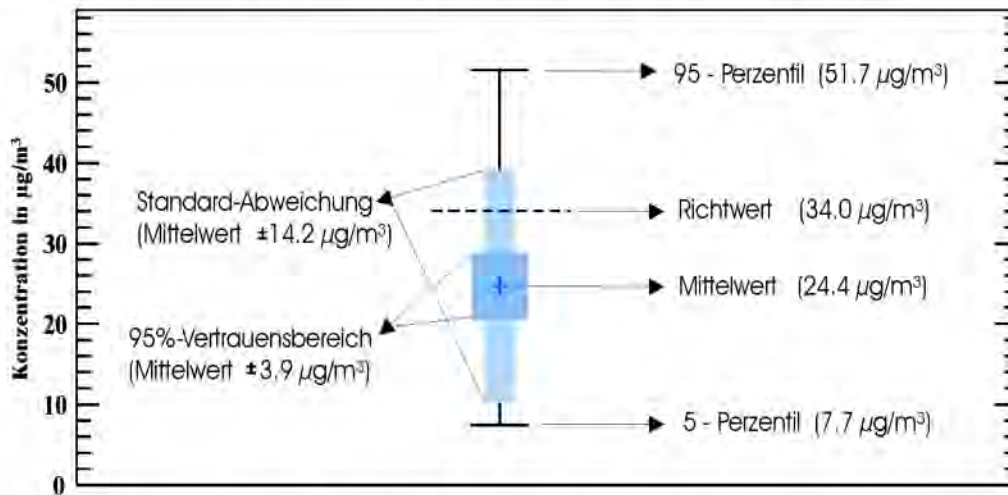


Abbildung 3 Beispiel Boxplot für Kenngrößen der Immissionsmessungen

Das Kreuz in der Mitte der Grafik markiert den Mittelwert der Schadstoff-Konzentration über den gesamten Probenahmezeitraum am vorgegebenen Standort ($24,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Da die Ergebnisse einer einjährigen Messreihe statistisch gesehen nur eine Stichprobe darstellen, wird zusätzlich das 95 %-Vertrauensintervall mit angegeben (blaues Rechteck um den Mittelwert, $24,4 \pm 3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In 95 % der Fälle liegt der „wahre“ Mittelwert zwischen den beiden Werten $20,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $28,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieses Rechteck liegt unterhalb des Langzeit-Richtwerts von $34,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (gestrichelte horizontale Linie). Da sowohl unterhalb als auch oberhalb des 95 %-Vertrauensintervalls jeweils 2,5 % „Restwahrscheinlichkeit“ verbleiben, kann eine Überschreitung des Langzeit-Richtwertes durch den „wahren“ Mittelwert daher mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von über 97,5 % ausgeschlossen werden.

Immissions-Kenngrößen

Eine andere Darstellung bezogen auf die Einhaltung bzw. Überschreitung der Langzeit-Richtwerte erfolgt in den Tabellen der Immissions-Kenngrößen (entsprechende Tabellen im Anhang, Beispiel in Tabelle 3). Neben dem Mittelwert (MW), der Standardabweichung (σ) und dem 95 %-Vertrauensintervall (95 %-VI) wird auch der Ausschöpfungsgrad (AG) berechnet. Dieser gibt an, wieviel Prozent der mittleren Schadstoff-Konzentration vom jeweils geltenden Langzeit-Richtwert (Tabelle 1) erreicht wurden. Ein gemäß den Begriffsbestimmungen unzulässig hoher Ausschöpfungsgrad ($> 100 \%$) ist durch einen **rot hinterlegten** Zahlenwert gekennzeichnet.

Am Beispiel von Tabelle 3 auf der nachfolgenden Seite wird ein Fall einer Richtwert-Einhaltung mit normalen Anforderungen verdeutlicht: Im Beispiel-VZ beträgt der Ausschöpfungsgrad 43 % bei

einer mittleren Konzentration von $13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der „wahre“ Mittelwert liegt im Bereich von $13,8 \pm 2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, d. h. zwischen $11,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $15,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Damit liegt der Langzeit-Richtwert von $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabelle 1) oberhalb des Mittelwertes ($13,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) einschließlich des Vertrauensintervalls. Demnach ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Richtwert durch den „wahren“ Mittelwert eingehalten wird, bei über 97,5 %.

Tabelle 3 Beispiel bezogen auf die Immissions-Kenngrößen der Stickstoffdioxid-Konzentration (fiktiv)

PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs;
 σ = Standardabweichung; 95 %-VI = 95 %-Vertrauensintervall, AG = Ausschöpfungsgrad

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen Gesamtzeitraum				
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	σ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 %-VI $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
Beispiel-KG	51	4,9	$\pm 2,3$	$\pm 0,7$	25
Beispiel-VZ	51	13,8	$\pm 7,3$	$\pm 2,1$	43

Tabelle 4 Beispiel bezogen auf die Immissions-Kenngrößen der Stickstoffdioxid-Konzentration getrennt nach Winterhalbjahr und Sommerhalbjahr für alle Wetterlagen und für Hochdruckwetterlagen und Ostlagen (fiktiv)

PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen					
	Alle Wetterlagen			H- und Ostlagen		
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
Winterhalbjahr (01.10. - 31.03.)						
Beispiel-KG	26	5,7	29	8	8,3	42
Beispiel-VZ	26	14,2	44	8	17,3	54
Sommerhalbjahr (01.04. - 30.09.)						
Beispiel-KG	25	4,1	21	9	4,2	21
Beispiel-VZ	25	13,5	42	9	14,1	44

Da die örtliche Belastungssituation auch von der Jahreszeit und der vorherrschenden Witterung abhängt, werden die mittleren Schadstoff-Belastungen und die entsprechenden Ausschöpfungsgrade getrennt für das Winterhalbjahr (01.10. bis 31.03.) und Sommerhalbjahr

(01.04. bis 30.09.) bestimmt. Dabei werden sowohl alle Witterungstypen als auch nur Wochen, in denen Hochdruckwetterlagen und Ostlagen vorherrschten, zusammengefasst und gesondert betrachtet (Tabelle 4).

Ein Ausschöpfungsgrad über 100 % in den Teilzeiträumen Winter-/Sommerhalbjahr bzw. bei Hochdruckwetter- und Ostlagen gilt nicht als Überschreitung der betreffenden Langzeit-Richtwerte, da sich diese stets auf den Gesamtzeitraum beziehen.

Vergleich mit anderen Kurorten

Wie gut die Luftqualität hinsichtlich der mittleren Belastung einer Schadstoff-Komponente in einem Kurort im Vergleich zu anderen Kurorten in Deutschland ist, ist beispielhaft in der Abbildung 4 dargestellt. Dafür werden die Ergebnisse einjähriger Luftqualitätsmessungen herangezogen, die im Rahmen des Kurortklimadienstes durch den Deutschen Wetterdienst im Zeitraum 2009 bis 2015 durchgeführt wurden. Dabei ist die Belastungssituation aufsteigend sortiert.

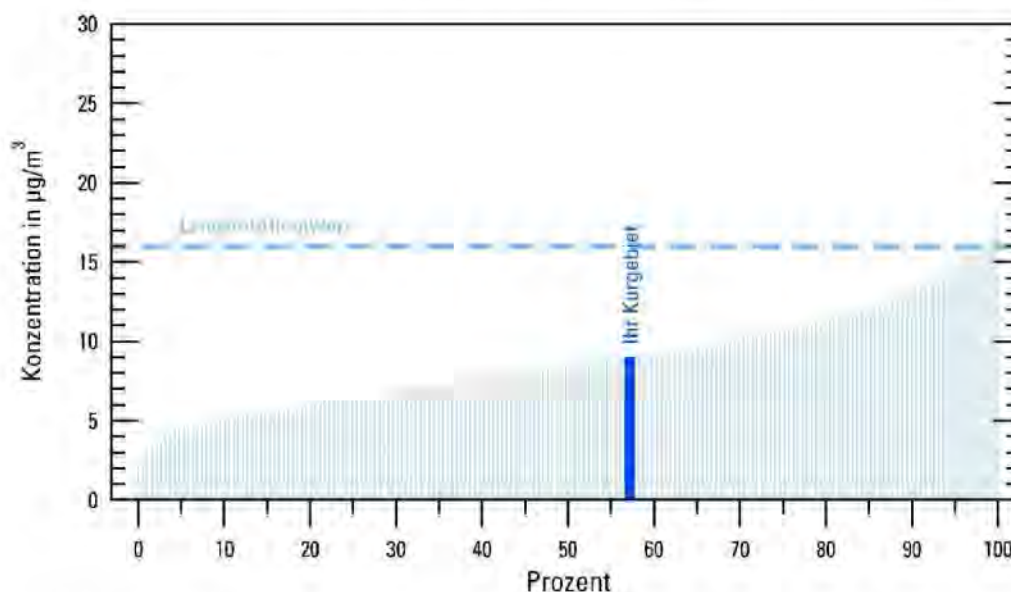


Abbildung 4 Beispiel eines Vergleichs mit anderen Kurorten für die Stickstoffdioxid-Belastung im Kurgebiet mit erhöhten Anforderungen (fiktiv)
Grundlage: Messungen in 200 deutschen Kurorten im Zeitraum 2009-2015

Immissions-Witterungsrosen

Die Immissions-Witterungsrose gibt die mittlere Schadstoff-Konzentration in Abhängigkeit der vorherrschenden Windrichtung an. In der Abbildung 5 auf der nachfolgenden Seite ist diese für Stickstoffdioxid eines beliebigen Kurortes dargestellt.

Dazu werden die wöchentlichen Messwerte den fünf definierten Witterungstypen gemäß Tabelle 2 (Seite 11) zugeordnet und über diese gemittelt. Die großräumig vorherrschende Windrichtung

der einzelnen Witterungstypen wird über die farbigen Sektoren gekennzeichnet. Die Hochdruckwetterlagen ohne großräumig vorherrschende Windrichtung werden durch einen Kreis um den Mittelpunkt beschrieben. Je höher die Konzentration einer Schadstoff-Komponente ist, desto größer ist der Radius des Kreises bzw. der Sektoren.

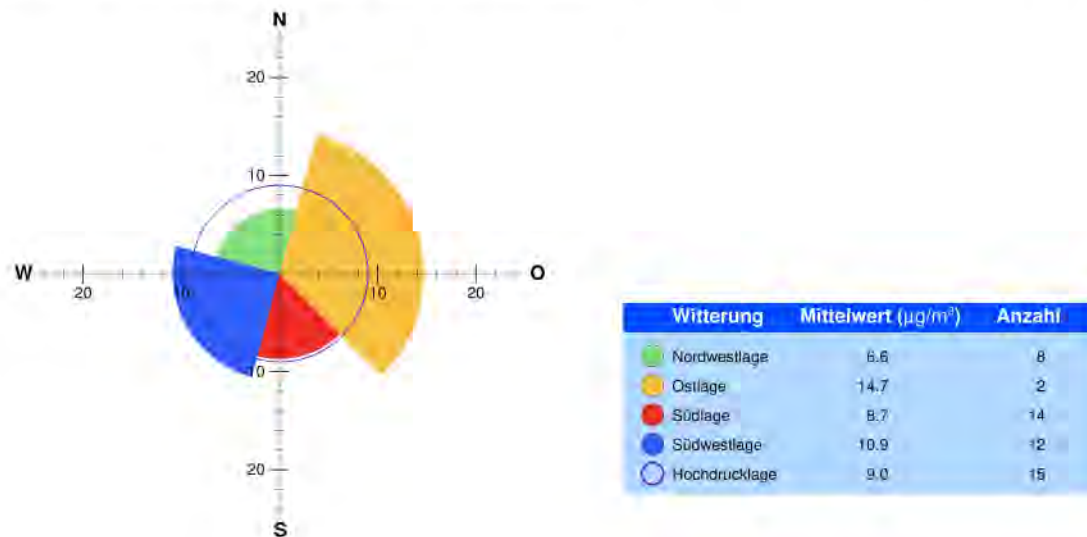


Abbildung 5 Beispiel für eine Immissions-Witterungsrose der Stickstoffdioxid-Konzentration (fiktiv)

Im obigen Beispiel ist die mittlere Stickstoffdioxid-Konzentration mit $14,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während der Ostlagen (gelb) im Vergleich zu den übrigen Witterungstypen am höchsten. Abgelesen werden kann dieser Wert aus der Tabelle bzw. an der Skala der Ostrichtung. Die Südwestlagen, die üblicherweise ganzjährig für eine gute Durchmischung der Luft sorgen (Tabelle 2), weisen in diesem Beispiel die zweithöchste Konzentration auf. Dies kann ein Hinweis auf Emissionsquellen in diesem Windrichtungssektor sein, von denen schadstoffbelastete Luft herantransportiert wird.

Bei der Interpretation der Immissions-Witterungsrosen ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass die großräumig vorherrschende Windrichtung, die den Witterungstypen zugeordnet wird, besonders in topografisch gegliedertem und bebautem Gelände erheblich von den tatsächlichen Strömungsverhältnissen in unmittelbarer Nähe der Messstandorte abweichen kann. Diese sind besonders beim Grobstaub entscheidend, da die Partikel wegen ihres Verhältnisses von Masse zur Größe rasch zu Boden sinken und daher nur kurze Strecken in der Luft zurücklegen können.

Die einzelnen Witterungstypen treten nicht jedes Jahr gleich häufig auf. So können beispielsweise in einem Jahr überdurchschnittlich viele Wetterlagen mit sehr guten Durchmischungsverhältnissen vorkommen, in einem anderen Jahr überdurchschnittlich viele Hochdruckwetterlagen. Im ungünstigsten Fall könnten durch solch außergewöhnliche Witterungsperioden Richtwerte überschritten werden. Um derartige Witterungsanomalien zu berücksichtigen, werden

die mittleren Belastungen in Abhängigkeit des jeweiligen Witterungstypen mit denen eines durchschnittlichen Jahres ins Verhältnis gesetzt. Die mittlere Belastung eines durchschnittlichen Jahres errechnet sich, indem zunächst die Häufigkeit der einzelnen Witterungstypen über einen 30-jährigen Zeitraum (1981 – 2010) bestimmt wird. Anschließend wird die pro Witterungstyp gemessene mittlere Belastung mit der durchschnittlichen Häufigkeit des entsprechenden Witterungstypen gewichtet. Das Verhältnis zwischen aktueller und durchschnittlicher mittlerer Belastung gibt eine positive oder negative Abweichung an, d. h. bei einer durchschnittlichen Häufigkeit der Witterungstypen wäre die über den gesamten Messzeitraum gemittelte Schadstoff-Belastung höher oder niedriger ausgefallen.

4. BEURTEILUNG DER LUFTQUALITÄT IN HARDERT

Die Messergebnisse spiegeln die örtlichen Belastungsverhältnisse im Messzeitraum wider. Die an einem Standort gemessene Luftverunreinigung wird in erster Linie bestimmt durch die Lage, Anzahl, Art und Intensität der in der Umgebung vorhandenen Schadstoffquellen. Deren Wirksamkeit wird beeinflusst von den lokalen Durchlüftungsverhältnissen. Diese sind abhängig von der örtlichen Topografie sowie von der Landnutzung (Bebauung, Bewuchs) und der Witterung. Insbesondere bei Feinstaub und den gasförmigen Luftbeimengungen können auch weit entfernte Emissionen zur örtlichen Immissionsbelastung beitragen, indem die Schadstoffe auf dem Luftweg über größere Entfernungen herangeführt werden („Ferntransport“).

Im Folgenden werden die Messergebnisse von Hardert für jede Schadstoff-Komponente einzeln betrachtet.

4.1. Stickstoffdioxid

Jahresverlauf und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes

Der zeitliche Verlauf der Stickstoffdioxid-Konzentration für die Repräsentanzen Kurgebiet und Verkehrszentrum sind in der Abbildung 6 und Abbildung 7 wiedergegeben. Die Abbildungen sowie die Tabelle A 3 zeigen, dass an beiden Standorten der jeweilige Kurzzeit-Richtwert während des gesamten Messzeitraumes nicht überschritten wurde.

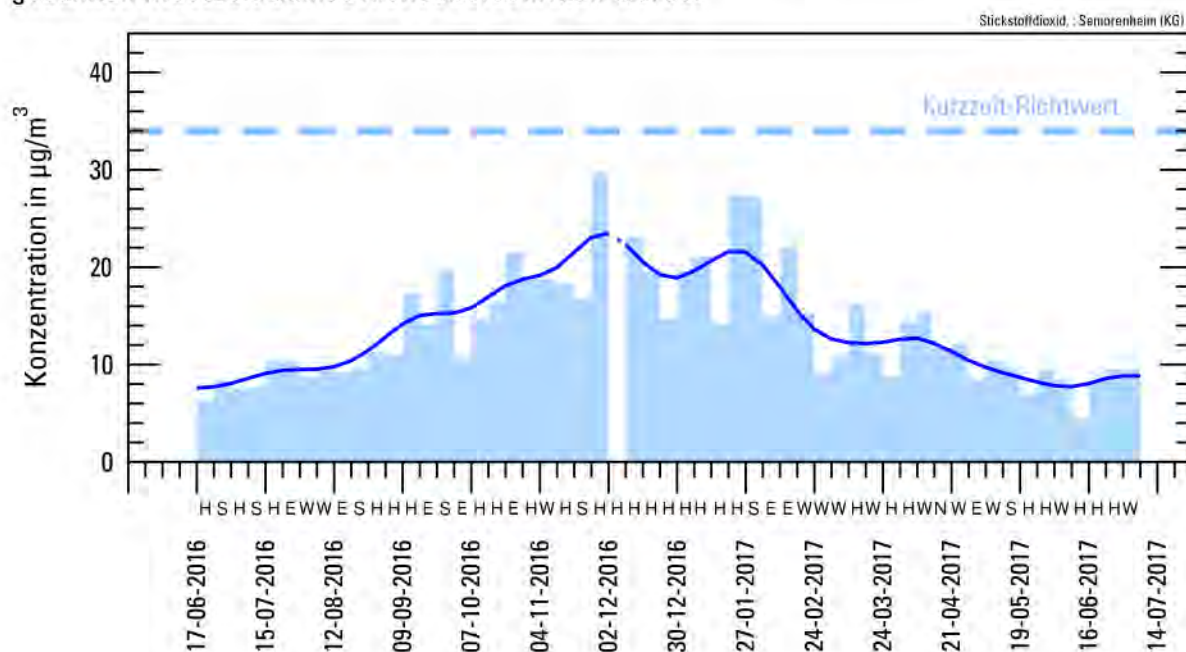


Abbildung 6 Jahresverlauf der Stickstoffdioxid-Konzentration im Kurgebiet

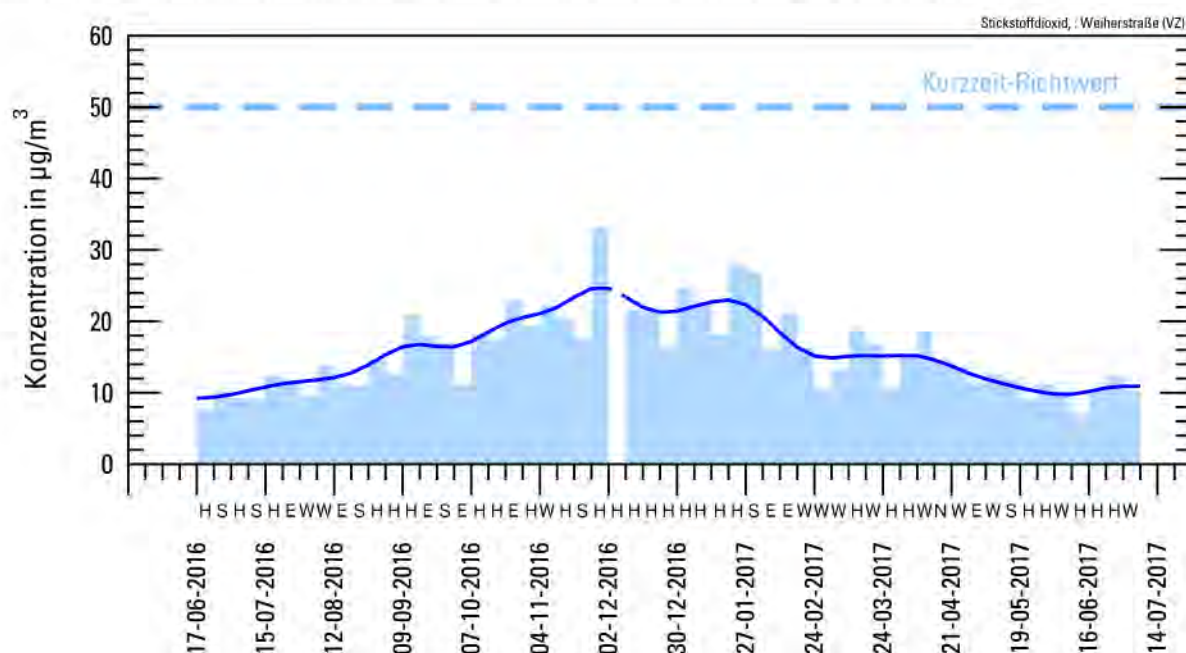


Abbildung 7 Jahresverlauf der Stickstoffdioxid-Konzentration im Verkehrszentrum

Beide Grafiken lassen einen deutlichen Einfluss der Witterung auf den Jahresgang erkennen: Im Herbst 2016 und in den Wintermonaten 2016/2017 war die Belastung durch Stickstoffdioxid infolge verstärkter Heizungsemissionen höher als in den Sommermonaten. Zudem traten in dieser Zeit vermehrt austauscharme Wetterlagen auf, die eine Anreicherung von Schadstoffen begünstigten, wie z. B. im Dezember 2016 und Januar 2017. Aufgrund der topografischen Lage (Westerwald) ist es nicht auszuschließen, dass ein schwach ausgeprägtes und lokales Berg-Talwindssystem vor allem im Sommerhalbjahr für eine gewisse Durchmischung sorgte und einer Schadstoffanreicherung entgegenwirkte. Im Sommer wird zudem NO_2 schneller fotochemisch abgebaut, sodass die Konzentration im Allgemeinen geringer ist.

Boxplot

Die mittleren Belastungsverhältnisse werden in Abbildung 8 veranschaulicht: An beiden Probenahmestellen liegt der Mittelwert einschließlich des 95 %-Vertrauensintervalls deutlich unterhalb des entsprechenden Langzeit-Richtwertes (Tabelle 1). Demnach ist eine Überschreitung des jeweiligen Langzeit-Richtwertes mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von über 97,5 % ausgeschlossen.

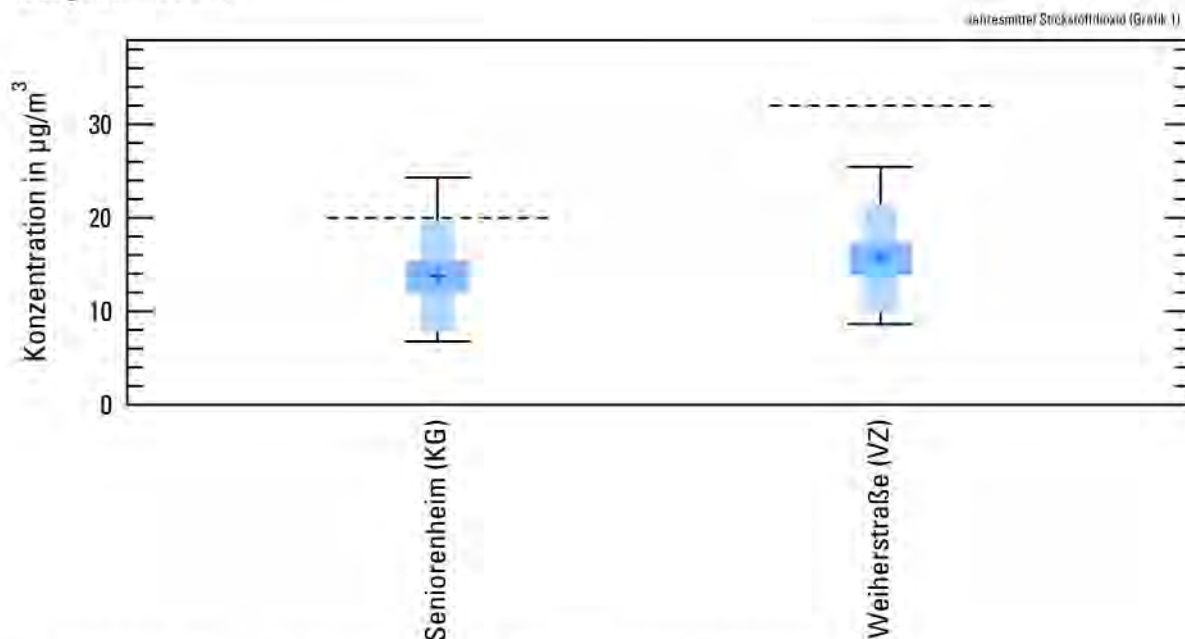


Abbildung 8 Immissions-Kenngrößen für Stickstoffdioxid
(gestrichelte horizontale Linien = Langzeit-Richtwerte)

Immissions-Kenngrößen

Die mittleren Belastungsverhältnisse bezogen auf den Gesamtzeitraum sind in der Tabelle A 4, für die Teilzeiträume (Winter- und Sommerhalbjahr) in Tabelle A 5 wiedergegeben. Erwartungsgemäß wurde an der Probenahmestelle „Weiherstraße“ wegen des überwiegenden Verkehrseinflusses

eine höhere mittlere Stickstoffdioxid-Konzentration von $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Damit liegt der Ausschöpfungsgrad bei 49 %. Wenig niedriger ist die am Probenahmeort „Seniorenheim“ im Kurgelbiet beobachtete Hintergrundbelastung. Hier liegt die mittlere Stickstoffdioxid-Konzentration bei $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und der Ausschöpfungsgrad bei 69 % (Tabelle A 4). Es ist nicht auszuschließen, dass der Verkehr auf der unweit von der Messstelle KG entfernten Mittelstraße (Kreisstraße K 104) und auf die westlich von Hardert von Norden nach Süden verlaufenden Bundesstraße B 256 einen Beitrag zur örtlichen Hintergrundbelastung von Hardert leistete.

Tabelle A 5 zeigt auf, dass die Konzentration im Winter bis um das 1,8-Fache höher ist wie im Sommer. Zudem ist die Konzentration bei winterlichen Hochdruckwetter- und Ostlagen leicht höher verglichen zu allen Wetterlagen. Dies steht in Zusammenhang mit einem eingeschränkten Luftmassenaustausch.

Sommerliche Hochdruckwetterlagen zeichnen sich in der Regel durch eine bessere Austauschfähigkeit und durch einen stärkeren fotochemischen Abbau aus als ihre winterlichen Pendanten. Vermutlich wirkt sich in Hardert zusätzlich ein eng begrenzter Berg- und Talwind positiv auf die Luftqualität aus. Zusammen können diese Prozesse (fotochemischer Abbau und lokales Windsystem) sogar etwas stärker sein wie die witterungstypischen Austauschbedingungen. Dadurch kann erklärt werden, dass im Sommer vor allem im KG die NO_2 -Konzentration bei Hochdruckwetterlagen geringfügig niedriger war im Vergleich zu allen Wetterlagen. Außerdem liegt die Probenahmestelle an einem Hang mit Queranströmung der Hauptwindrichtung. Dies kann bezüglich Stickstoffdioxid diesen Effekt im Sommerhalbjahr zusätzlich fördern.

Werden sommerliche und winterliche Hochdruckwetterlagen miteinander verglichen, so kommen im Winter ungünstigere Austauschbedingungen und zusätzliche Quellen zusammen. So nahm die NO_2 -Belastung im KG etwa um das Doppelte, im VZ um das 1,7-Fache zu.

Vergleich mit anderen Kurorten

Der Vergleich mit anderen Kurorten in Deutschland in der Abbildung 9 auf Seite 22 zeigt, dass knapp 10 % aller Kurorte in der Repräsentanz „Kurgelbiet“ eine höhere Hintergrundbelastung aufwiesen als Hardert.

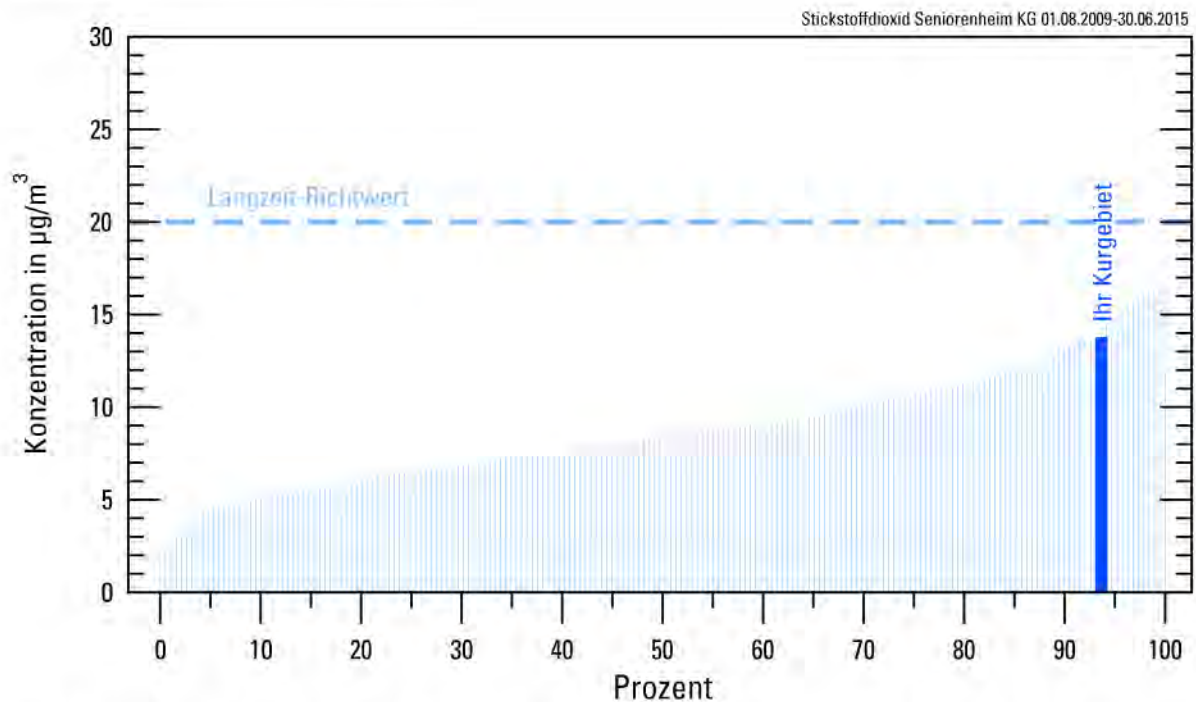


Abbildung 9 Vergleich mit anderen Kurorten für die Stickstoffdioxid-Belastung im Kurgebiet
Grundlage: Messungen in 200 deutschen Kurorten im Zeitraum 2009-2015

Immissions-Witterungsrose

Die detaillierte Analyse der Abhängigkeit zwischen Immission und Windrichtungssektoren ist für das Kurgebiet in der Abbildung A 1 und für das Verkehrszentrum in der Abbildung A 2 dargestellt. Im Kurgebiet sind die Belastungsunterschiede während der Witterungstypen Hochdruckwetter-, Ost- und Südlagen, im Verkehrszentrum während allen Witterungstypen mit Ausnahme der Hochdruckwetterlagen vergleichsweise gering. Dabei sind die höchsten Stickstoffdioxid-Konzentrationen an beiden Messstellen während der Hochdruckwetterlagen beobachtet worden. Am geringsten belastet waren an beiden Messstellen Probenahmezeiten mit vorherrschenden Winden aus südwestlichen bis nordwestlichen Richtungen. Zu beachten ist, dass die statistische Aussagekraft der Nordwestlage allerdings stark begrenzt ist, da sie nur in einer Probenahmezeit vorherrschend war.

Bei einer durchschnittlichen Häufigkeit der Witterungstypen (Bezugszeitraum 1981 – 2010) wären die über den gesamten Messzeitraum gemittelten Stickstoffdioxid-Konzentrationen im Kurgebiet um 3 % und im Verkehrszentrum um 2 % niedriger ausgefallen.

4.2. Feinstaub

Die Wochenmittelwerte der Feinstaub-Konzentration konnten vom Messbeginn, 17.06.2017 bis 08.07.2016 aus labortechnischen Gründen nicht berechnet werden. Die geforderte Anzahl an verwertbaren Proben wurde jedoch erreicht.

Jahresverlauf und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes

Der zeitliche Verlauf der Feinstaub-Konzentration am verkehrsbezogenen Standort „Weiherstraße“ ist in der Abbildung 10 wiedergegeben. Diese Abbildung sowie Tabelle A 6 zeigen, dass der Kurzzeit-Richtwert während des gesamten Messzeitraumes nicht überschritten wurde.

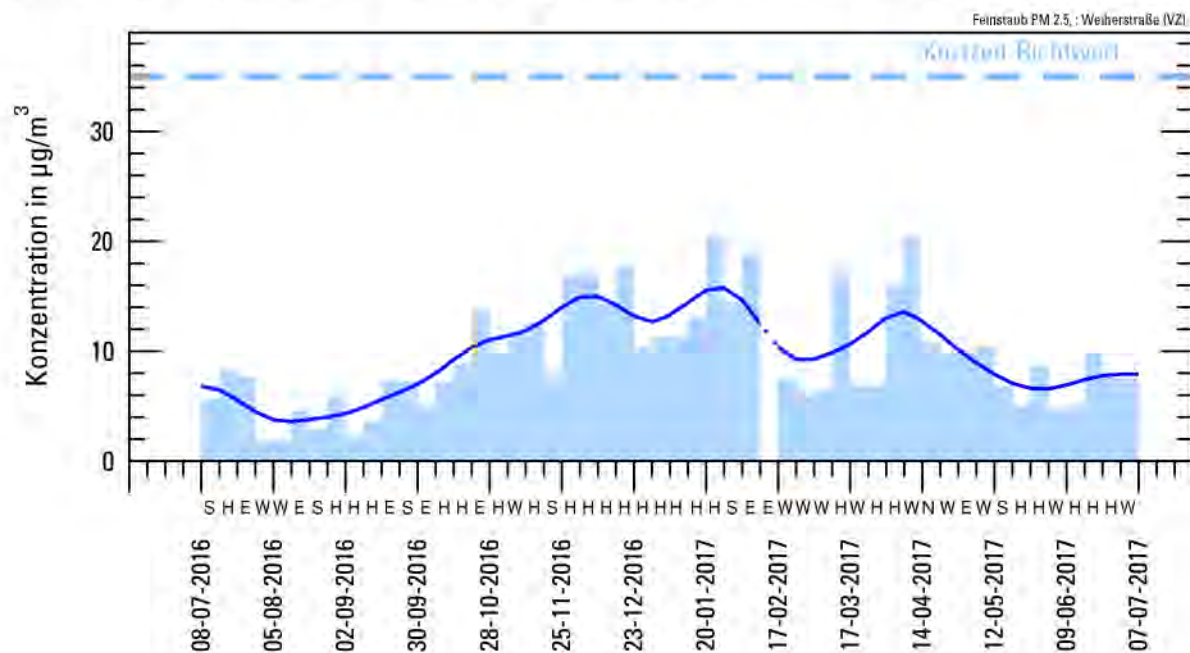
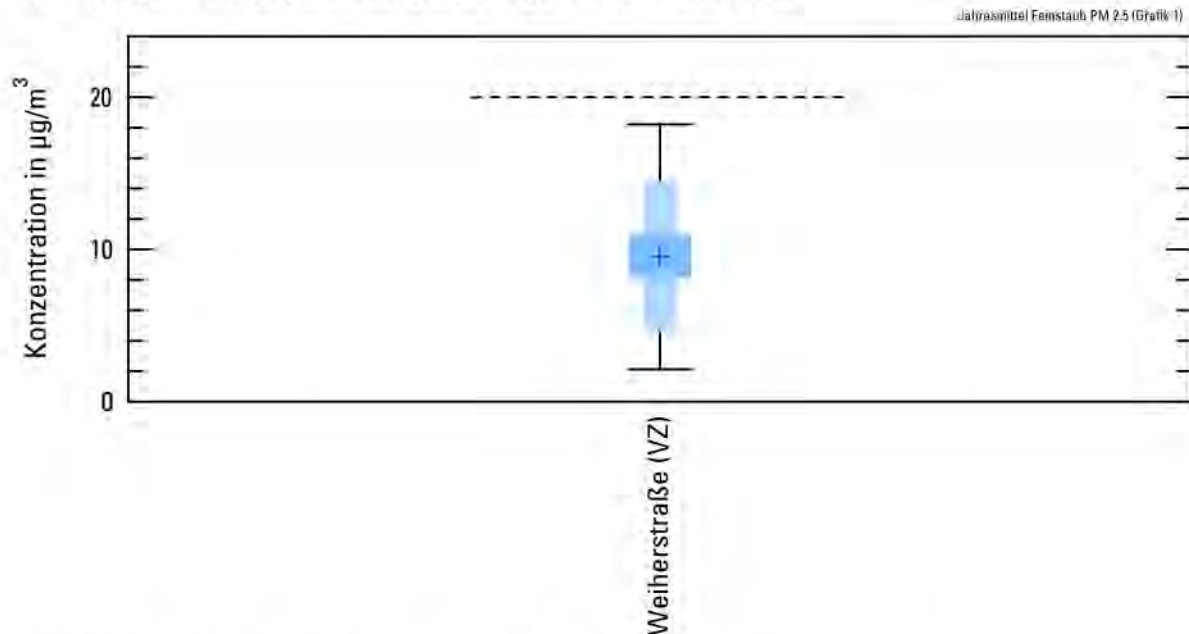


Abbildung 10 Jahresverlauf der Feinstaub-Konzentration im Verkehrszentrum

Der Verlauf der Feinstaub-Konzentration weist einen typischen Jahrgang auf: Niedrigere Belastungswerte im Sommer, höhere im Spätherbst 2016, im Winter 2016/2017 und zeitweise im Frühjahr 2017. In diesen Zeiten können Heizungsemissionen in Verbindung mit austauscharmen Wetterlagen kurzfristig zu erhöhten Feinstaub-Konzentrationen beigetragen haben (z.B. Ende November 2016 bis Januar 2017). Aufgrund der topografischen Lage von Hardert ist nicht auszuschließen, dass ein lokaler, jedoch sehr eng begrenzter Berg- und Talwind sich positiv auf die Luftqualität auswirkte und einer stärkeren Anreicherung von Schadstoffen entgegenwirkte, wobei dieser Effekt im Sommer stärker ausgeprägt ist. Zwischen den austauscharmen Witterungsabschnitten traten immer wieder Wetterlagen mit Winden aus westlichen Richtungen auf, die für deutliche Konzentrationsrückgänge des Feinstaubes sorgten, wie z. B. Anfang August 2016 und in der zweiten Februarhälfte 2017. (Abbildung 10).

Boxplot

Die Abbildung 11 zeigt die mittleren Belastungsverhältnisse an der verkehrsbezogenen Messstelle „Weiherstraße“. Der Langzeit-Richtwert wurde bei Weitem nicht erreicht, denn der Mittelwert einschließlich des 95 %-Vertrauensintervalls liegt deutlich unterhalb des Langzeit-Richtwertes (Tabelle 1). Demnach kann eine Überschreitung des Langzeit-Richtwertes mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von über 97,5 % ausgeschlossen werden.



**Abbildung 11 Immissions-Kenngrößen für Feinstaub
(gestrichelte horizontale Linie = Langzeit-Richtwert)**

Immissions-Kenngrößen

Die mittleren Belastungsverhältnisse bezogen auf den Gesamtzeitraum sind in der Tabelle A 7, für die Teilzeiträume (Winter- und Sommerhalbjahr) in Tabelle A 8 wiedergegeben. Die mittlere Feinstaub-Belastung betrug im gesamten Messzeitraum 9,5 µg/m³. Damit wurde der entsprechende Langzeit-Richtwert zu 48 % ausgeschöpft. Aus der Tabelle A 8 ist ersichtlich, dass die Belastung im Winterhalbjahr bis zum 1,7-Fachen höher war als im Sommerhalbjahr.

Im Winter wurden während der Hochdruckwetter- und Ostlagen im Vergleich zu allen Wetterlagen eine geringfügig höhere Belastung beobachtet. Im Sommerhalbjahr ging die Belastung während dieser Wetterlagen sogar etwas zurück. Dieser Effekt kann vermutlich auf den in Hardert schwach ausgeprägten Berg- und Talwind zurückgeführt werden, der somit für günstigere Austauschbedingungen beitrug.

Werden sommerliche und winterliche Hochdruckwetterlagen miteinander verglichen, so kommen im Winter ungünstigere Austauschbedingungen und zusätzliche Quellen zusammen. So nahm die

Feinstaub-Belastung etwa um das Doppelte zu. Der vermutete Berg- und Talwind spielt im Winterhalbjahr in der Regel kaum eine Rolle.

Vergleich mit anderen Kurorten

Ein Vergleich mit anderen Kurorten in Deutschland ist in der Abbildung 12 dargestellt. Hardert zählt zu den besten 30 % aller Kurorte bezogen auf die Feinstaub-Belastung in der Repräsentanz „Verkehrszentrum“.

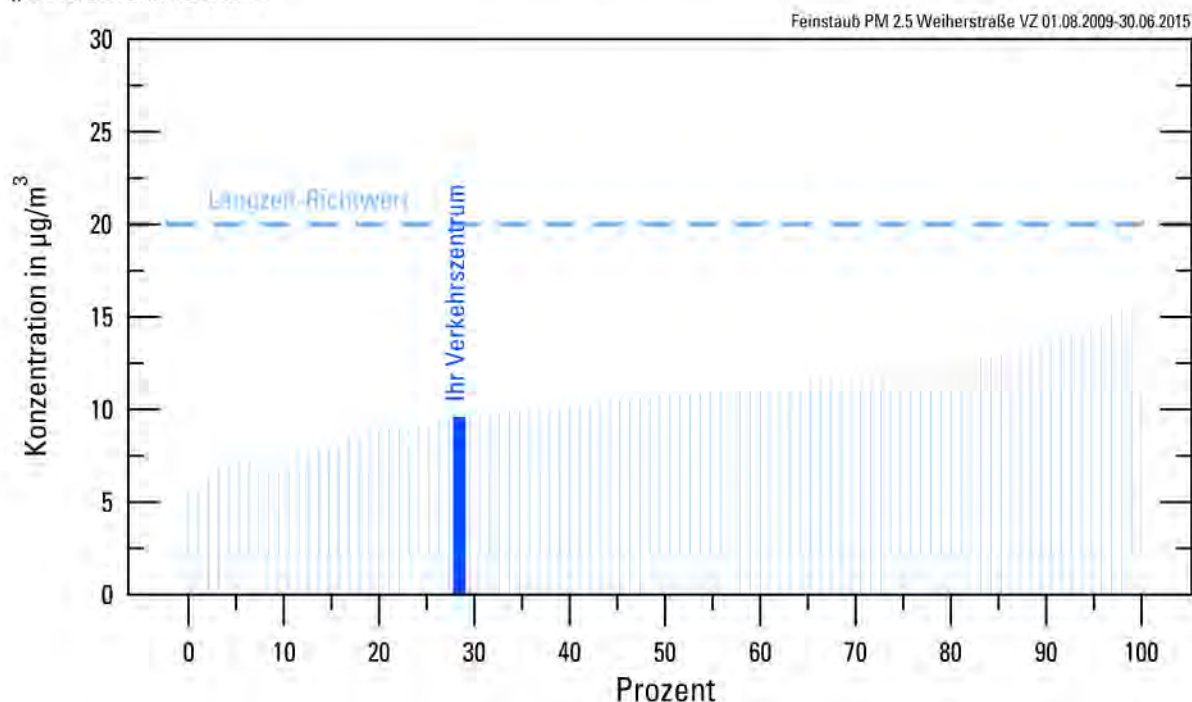


Abbildung 12 Vergleich mit anderen Kurorten für die Feinstaub-Belastung im Verkehrszentrum
Grundlage: Messungen in 100 deutschen Kurorten im Zeitraum 2009-2015

Immissions-Witterungsrose

Die detaillierte Analyse der Windrichtungsabhängigkeit in Abbildung A 3 lässt erkennen: Die Belastung durch Feinstaub war in Hardert während der Nordwest- und Hochdruckwetterlagen am höchsten. Die niedrigsten Belastungswerte durch Feinstaub wiesen die Südlagen auf. Zu beachten ist jedoch, dass die Nordwestlage im gesamten Messzeitraum nur einmal vorherrschend war und statistisch nur sehr begrenzt aussagekräftig ist.

Bei einer durchschnittlichen Häufigkeit der Witterungstypen (Bezugszeitraum 1981 – 2010) wäre die über den gesamten Messzeitraum gemittelte Feinstaub-Konzentration um ca. 3 % niedriger ausgefallen.

4.3. Ruß im Feinstaub

Die Wochenmittelwerte der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration konnten von Messbeginn bis 08.07.2016 aus labortechnischen Gründen nicht berechnet werden. Die geforderte Anzahl an verwertbaren Proben wurde jedoch erreicht.

Jahresverlauf und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes

Der zeitliche Verlauf der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration am verkehrsbezogenen Standort „Weiherstraße“ ist in der Abbildung 13 wiedergegeben. Diese sowie Tabelle A 9 zeigen, dass der Kurzzeit-Richtwert während des gesamten Messzeitraumes kein einziges Mal überschritten wurde.

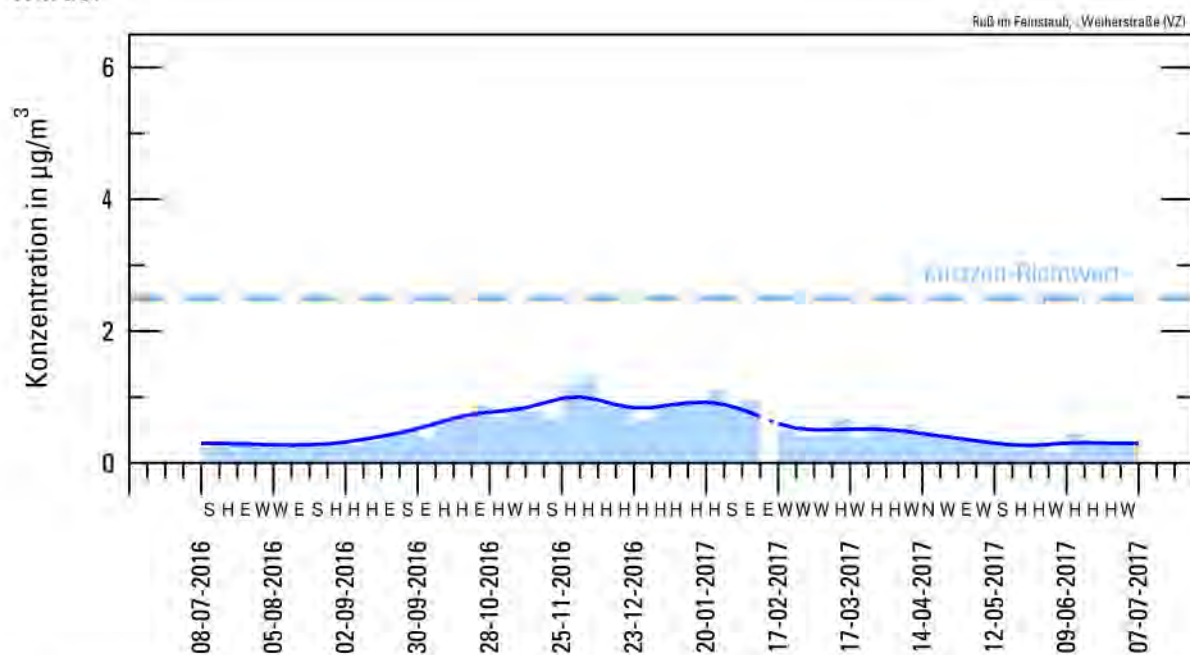


Abbildung 13 Jahresverlauf der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration im Verkehrszentrum

Die Abbildung 13 zeigt zeitweise höhere Konzentrationen von Ruß im Feinstaub vor allem im Spätherbst 2016 und Winter 2016/2017. Diese können auf erhöhte Heizungsemissionen in Verbindung mit meist austauscharmen Hochdruckwetterlagen zurückgeführt werden, wie sie vor allem von Ende November 2016 bis Januar 2017 mehrfach aufgetreten sind. In den Sommermonaten war die Konzentration vergleichsweise gering.

Boxplot

Die mittleren Belastungsverhältnisse lassen sich anhand der nachfolgenden Abbildung 14 (Seite 27) anschaulich beurteilen: An der verkehrsbezogenen Messstelle „Weiherstraße“ liegt die mittlere Ruß-im-Feinstaub-Konzentration einschließlich des 95 %-Vertrauensintervalls deutlich unterhalb des Langzeit-Richtwertes (Tabelle 1). Demnach kann eine Überschreitung des Langzeit-Richtwertes mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von über 97,5 % ausgeschlossen werden.

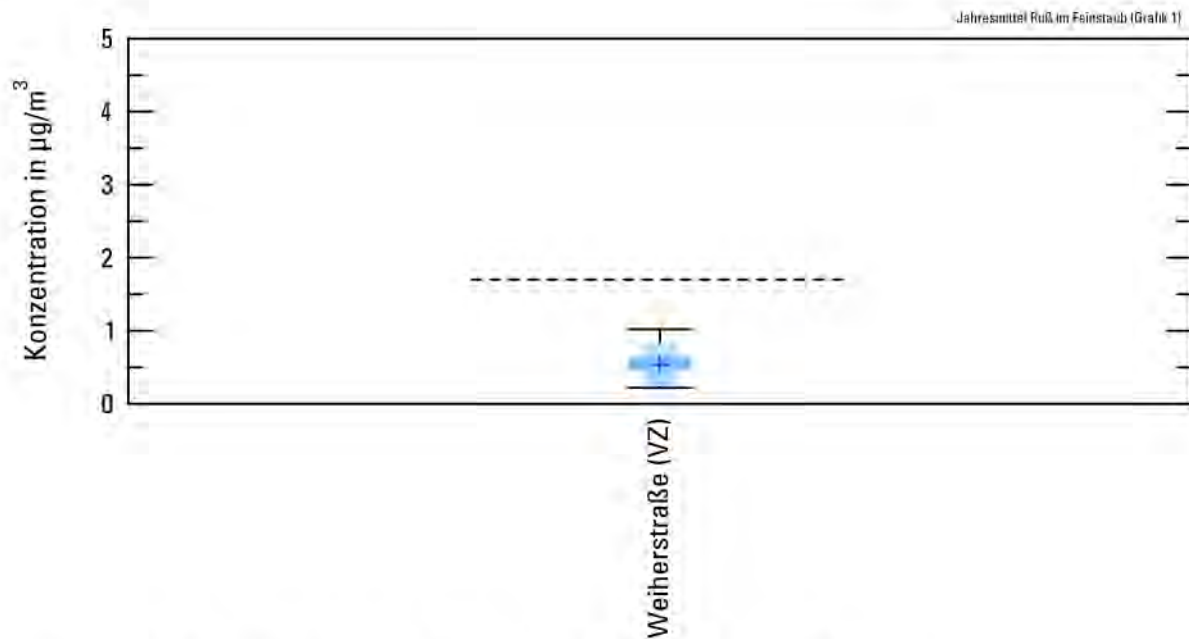


Abbildung 14 Immissions-Kenngrößen für Ruß-im-Feinstaub (gestrichelte horizontale Linie = Langzeit-Richtwert)

Immissions-Kenngrößen

Die mittleren Belastungsverhältnisse bezogen auf den Gesamtzeitraum sind in der Tabelle A 10, für die Teilzeiträume (Winter- und Sommerhalbjahr) in Tabelle A 11 wiedergegeben. Die mittlere Ruß-im-Feinstaub-Belastung betrug im gesamten Messzeitraum $0,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Damit wurde der entsprechende Langzeit-Richtwert zu 32 % ausgeschöpft. Die Tabelle A 11 zeigt, dass die Belastung durch Ruß im Feinstaub im Winterhalbjahr deutlich mehr als doppelt so hoch war verglichen zum Sommerhalbjahr. Zudem wurden erwartungsgemäß leicht höhere Werte während winterlicher Ost- und Hochdruckwetterlagen im Vergleich zum Gesamtkollektiv aller Wetterlagen beobachtet. Im Sommerhalbjahr war die Konzentration während den Ost- und Hochdruckwetterlagen im Vergleich zu allen Wetterlagen geringfügig niedriger. Dies kann vermutlich auf den Berg- und Talwind zurückgeführt werden.

Vergleich mit anderen Kurorten

Ein Vergleich mit anderen Kurorten in Deutschland ist in der Abbildung 15 auf Seite 28 dargestellt. Hardert zählt zu den besten 20 % aller Kurorte bezogen auf die Ruß-im-Feinstaub-Belastung in der Repräsentanz „Verkehrszentrum“.

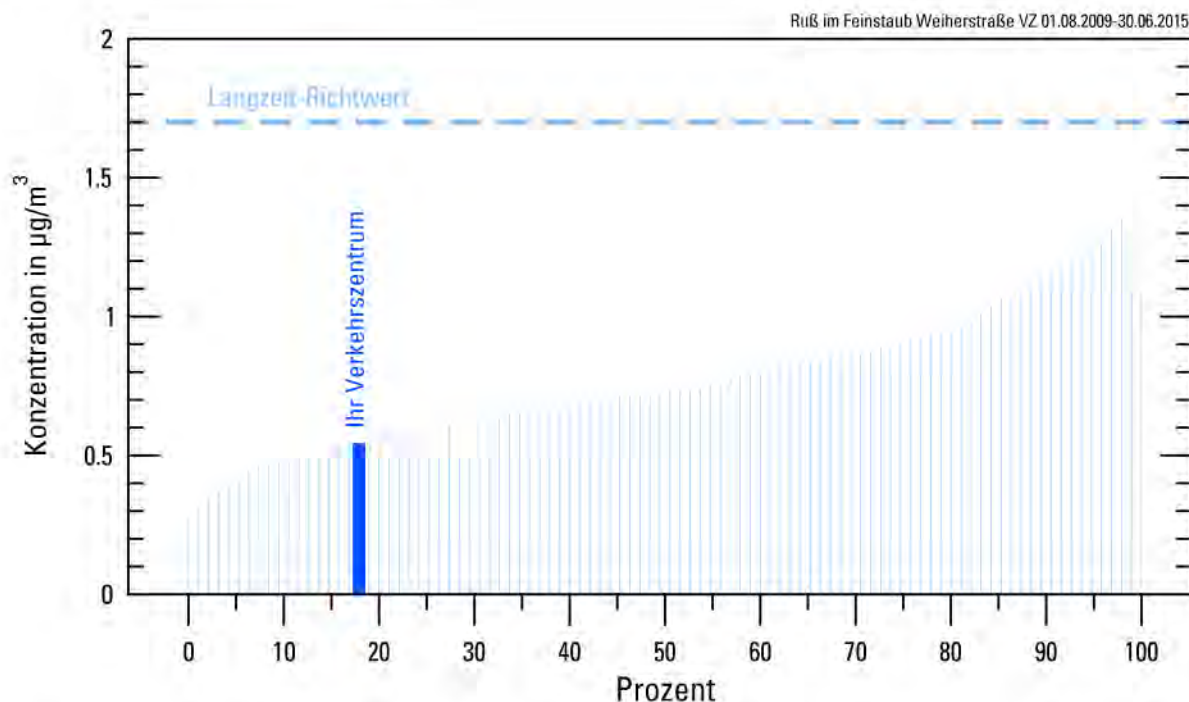


Abbildung 15 Vergleich mit anderen Kurorten für die Ruß-im-Feinstaub-Belastung im Verkehrszentrum
Grundlage: Messungen in 100 deutschen Kurorten im Zeitraum 2009-2015

Immissions-Witterungsrose

Die detaillierte Analyse der Windrichtungsabhängigkeit ist in Abbildung A 4 dargestellt: Hohe Konzentrationen von Ruß im Feinstaub traten in Hardert während der Hochdruckwetterlagen auf, gefolgt von den Süd- und Ostlagen. Geringer war die Ruß-im-Feinstaub-Belastung dagegen während Wetterlagen mit Winden aus vorherrschenden südwestlichen bis nordwestlichen Richtungen. Diese sind mit guten Durchmischungsverhältnissen verbunden, während die übrigen Witterungstypen üblicherweise von windschwachen und austauscharmen Wetterverhältnissen geprägt sind. Allerdings dominierte die Nordwestlage im gesamten Messzeitraum nur während einer Probenahmewoche, sodass ihre statistische Aussagekraft begrenzt ist.

Bei einer durchschnittlichen Häufigkeit der Witterungstypen (Bezugszeitraum 1981 – 2010) wäre die über den gesamten Messzeitraum gemittelte Ruß-im-Feinstaub-Konzentration um 6 % niedriger ausgefallen.

4.4. Grobstaub

Die Bewertung von Grobstaub erfolgt für Grobstaub (gesamt) und für seinen opaken (licht- und undurchlässigen) Anteil, Grobstaub (opak). Im Anschluss erfolgt die Auswertung der Pollen.

Grobstaub (gesamt)

Jahresverlauf und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes

Der zeitliche Verlauf der Grobstaub (gesamt)-Konzentration für die Repräsentanzen Kurgebiet und Verkehrszentrum sind in der Abbildung 16 und Abbildung 17 wiedergegeben. Die Abbildungen sowie Tabelle A 12 zeigen, dass an beiden Standorten der jeweilige Kurzzeit-Richtwert während des gesamten Messzeitraumes kein einziges Mal überschritten wurde.

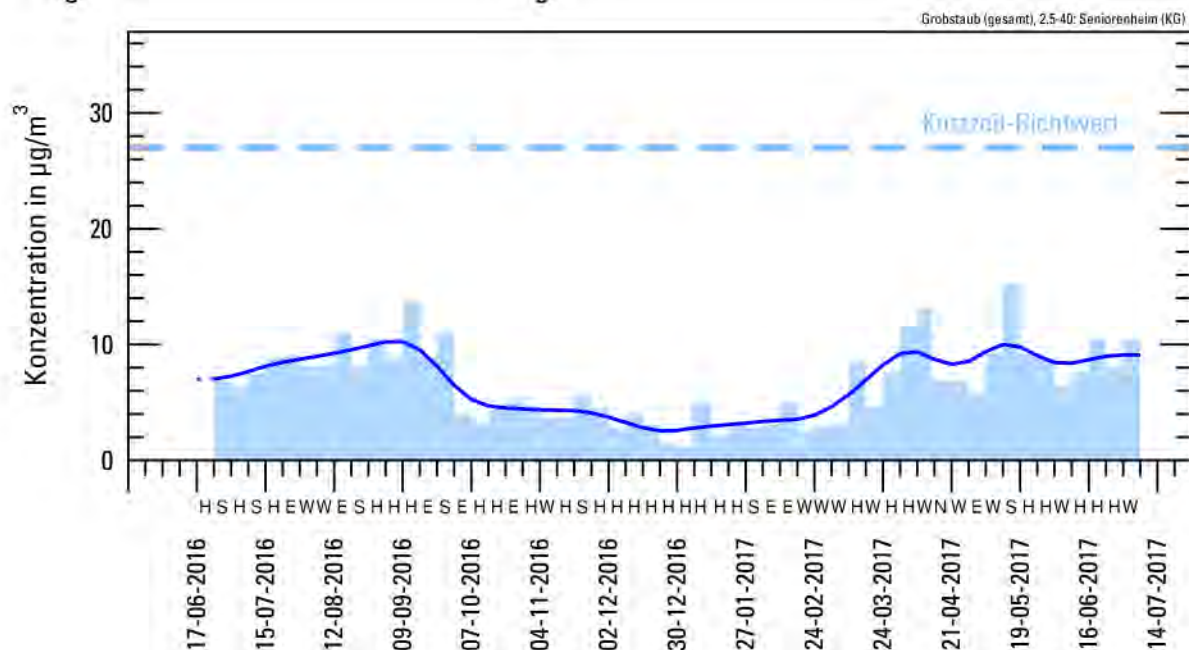


Abbildung 16 Jahresverlauf der Grobstaub (gesamt)-Konzentration im Kurgebiet

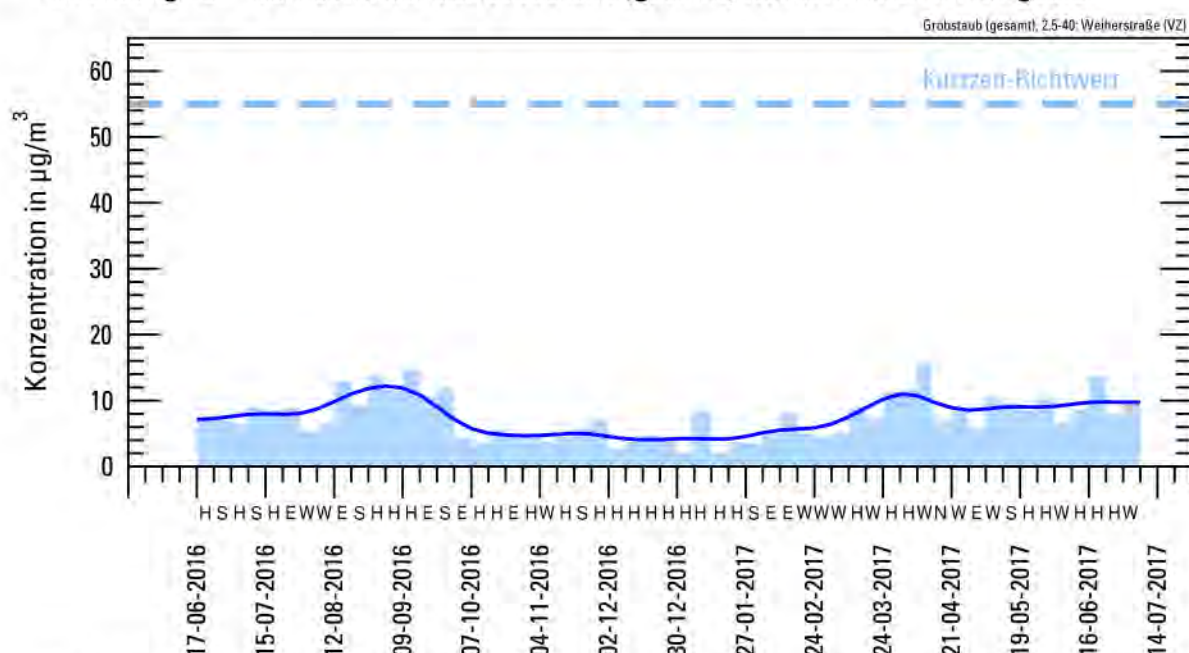


Abbildung 17 Jahresverlauf der Grobstaub (gesamt)-Konzentration im Verkehrszentrum

Der typische Jahresgang der Grobstaub-Konzentration ist in beiden Abbildungen gut erkennbar. Im Spätherbst 2016 und in den Wintermonaten 2016/2017 war die natürliche Staubeentwicklung wegen der meist feuchten und/oder zeitweise schneebedeckten Bodenoberfläche überwiegend gering, was sich besonders von Oktober 2016 bis Mitte März 2017 zeigte. Höhere Grobstaub-Konzentrationen wurden meist während Perioden trocken-warmer Witterung im Sommer und Frühherbst 2016 sowie besonders im Frühjahr 2017 beobachtet. So begünstigten z. B. milde Temperaturen in Verbindung mit trockenen Witterungsabschnitten die Staubeentwicklung und –aufwirbelung und trugen damit zu einer höheren Belastung bei, wie z. B. im September 2016, Anfang April 2017 und Mitte Mai 2017. Dagegen macht sich allgemein unbeständiges und mit häufigen Niederschlägen verbundenes Wetter, wie z. B. Ende Februar und in der ersten Märzhälfte 2017, jeweils durch einen Rückgang der Belastung durch Grobstaub (gesamt) bemerkbar. Im Verkehrszentrum ist der Jahresgang wegen des ganzjährigen Verkehrs weniger stark ausgeprägt und das Konzentrationsniveau ist im Allgemeinen höher.

Boxplot

Die mittleren Belastungsverhältnisse sind in der Abbildung 18 veranschaulicht. An beiden Probenahmestellen liegt der Mittelwert einschließlich des 95 %-Vertrauensintervalls deutlich unterhalb des jeweiligen Langzeit-Richtwerts (Tabelle 1). Demnach ist eine Überschreitung des jeweiligen Langzeit-Richtwertes mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von über 97,5 % ausgeschlossen.

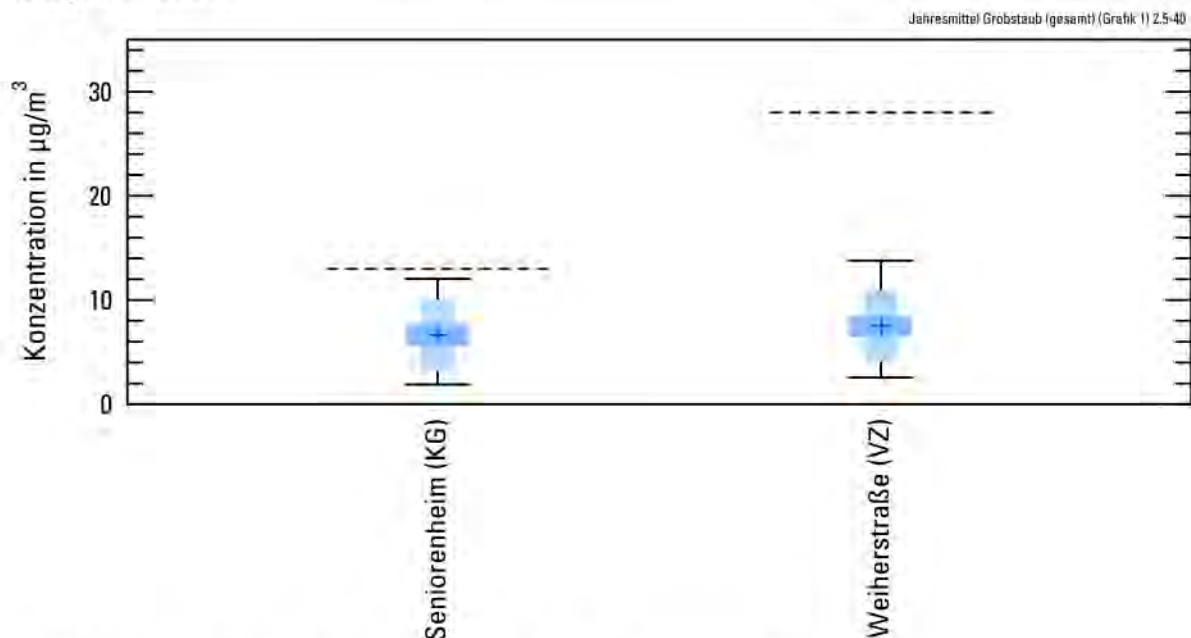


Abbildung 18 Immissions-Kenngrößen für Grobstaub (gesamt)
(gestrichelte horizontale Linie = Langzeit-Richtwert)

Immissions-Kenngrößen

Die mittleren Belastungsverhältnisse bezogen auf den Gesamtzeitraum sind in der Tabelle A 13, für die Teilzeiträume (Winter- und Sommerhalbjahr) in Tabelle A 14 wiedergegeben. Am verkehrsbezogenen Standort wurde mit $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine geringfügig höhere Belastung gemessen als im Kurgebiet. Damit wurde der entsprechende Langzeit-Richtwert zu 27 % ausgeschöpft (Tabelle A 13). Im Kurgebiet lag die Belastung bei $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Damit wurde der dort geltende, niedrigere Langzeit-Richtwert zu 51 % ausgeschöpft.

Die Tabelle A 14 zeigt, dass die Belastung durch Grobstaub (gesamt) für das Gesamtkollektiv aller Wetterlagen im Sommerhalbjahr im KG um mehr als das Doppelte höher war als im Winterhalbjahr. Im VZ war die Zunahme mit ca. 70 % geringer. Während sommerlicher Hochdruckwetter- und Ostlagen im Vergleich zu allen Wetterlagen waren die Belastungsunterschiede im Allgemeinen gering.

Vergleich mit anderen Kurorten

Der Vergleich mit anderen Kurorten in Deutschland ist in der Abbildung 19 wiedergegeben. Hardert zählt zu den saubereren Hälfte aller Kurorte bezogen auf die Grobstaub (gesamt)-Belastung in der Repräsentanz „Kurgebiet“.

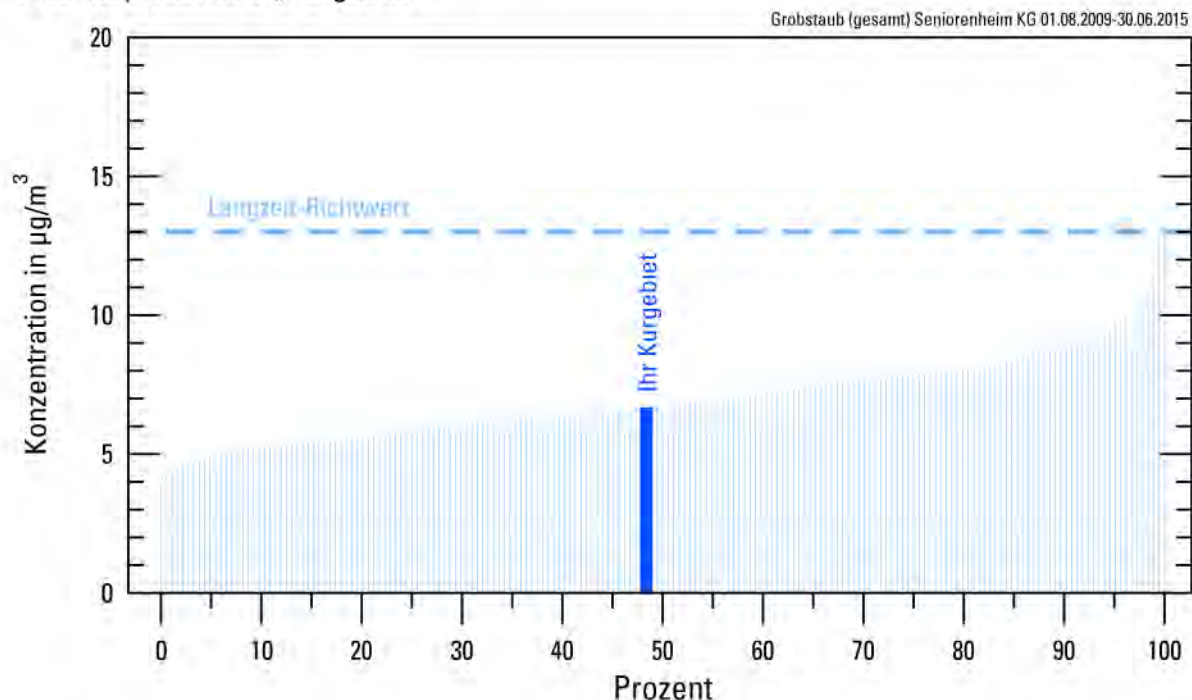


Abbildung 19 Vergleich mit anderen Kurorten für die Grobstaub (gesamt)-Belastung im Kurgebiet
Grundlage: Messungen in 200 deutschen Kurorten im Zeitraum 2009-2015

Immissions-Witterungsrose

Die detaillierte Analyse der Windrichtungsabhängigkeit ist für das Kurgebiet in der Abbildung A 5 und für das Verkehrszentrum in der Abbildung A 6 dargestellt. Die Belastungsunterschiede durch Grobstaub (gesamt) waren an beiden Probenahmestellen während allen Witterungstypen bis auf die vorherrschenden Südlagen äußerst gering, die zusätzlich an beiden Messstellen die jeweils höchsten Belastungen aufweisen. Es ist nicht auszuschließen, dass der Verkehr auf der unweit von der Messstelle KG entfernten Kreisstraße K 104 „Mittelstraße“ (weniger als 100 m) einen zusätzlichen Anteil zur Grobstaub (gesamt)-Belastung beitrug. Zu beachten ist, dass im Messzeitraum die Nordwestlage nur in einer Probenahmewoche vorherrschend war und ihre statistische Aussagekraft daher begrenzt ist.

Bei einer durchschnittlichen Häufigkeit der Witterungstypen (Bezugszeitraum 1981 – 2010) wären die über den gesamten Messzeitraum gemittelten Grobstaub (gesamt)-Konzentrationen an beiden Messstandorten nahezu unverändert ausgefallen.

Grobstaub (opak)

Jahresverlauf und Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes

Der zeitliche Verlauf der opaken Grobstaub-Konzentration für die Repräsentanzen Kurgebiet und Verkehrszentrum sind in der Abbildung 20 und Abbildung 21 wiedergegeben. Die Abbildungen sowie Tabelle A 15 zeigen, dass an beiden Standorten der jeweils geltende Kurzzeit-Richtwert während des gesamten Messzeitraumes nicht überschritten wurde.

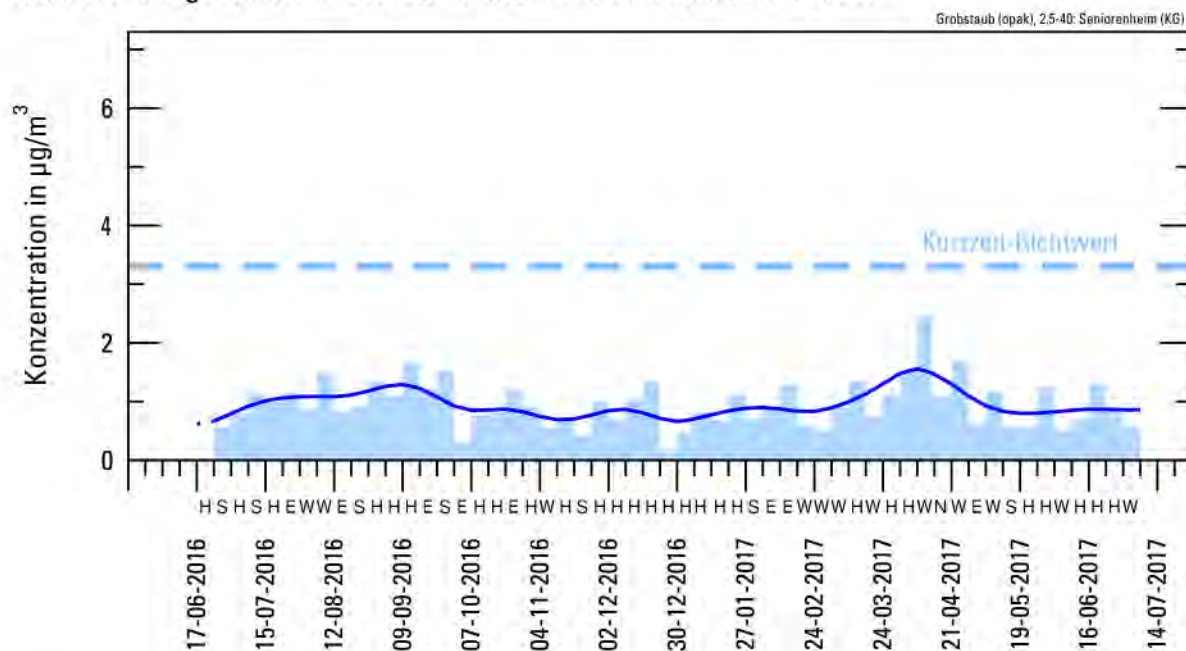


Abbildung 20 Jahresverlauf der opaken Grobstaub-Konzentration im Kurgebiet

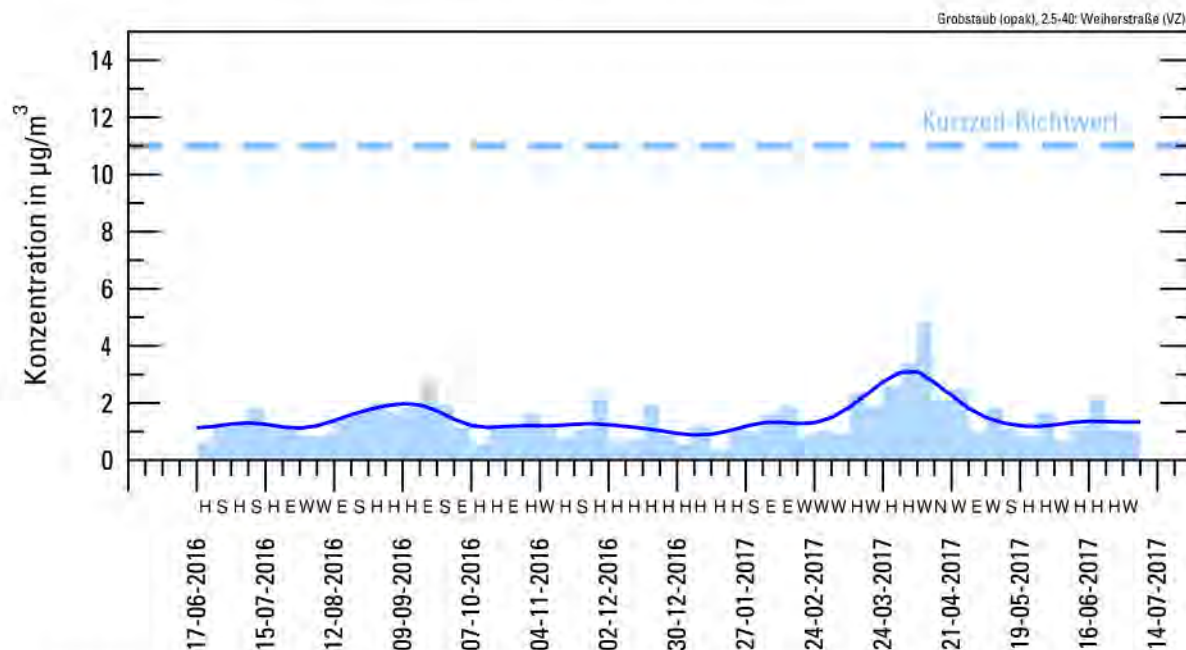


Abbildung 21 Jahresverlauf der opaken Grobstaub-Konzentration im Verkehrszentrum

Der Jahresverlauf der opaken Grobstaub-Konzentration ist dem der Grobstaub (gesamt)-Konzentration ähnlich, mit höheren Werten im Frühjahr, Sommer und Frühherbst und niedrigeren Spätherbst 2016 und im Winter 2016/2017. Im Kurgebiet ist infolge höherer Immissionen der Jahresgang schwach ausgebildet.

Boxplot

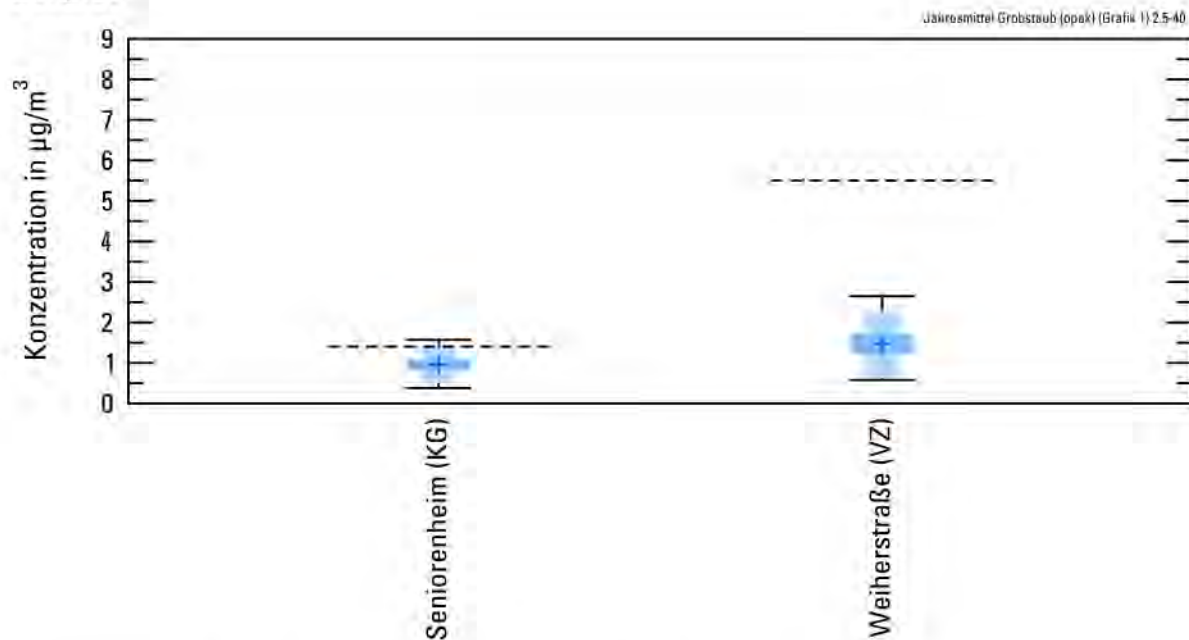


Abbildung 22 Immissions-Kenngrößen für Grobstaub (opak)
(gestrichelte horizontale Linien = Langzeit-Richtwerte)

Die mittleren Belastungsverhältnisse sind in der Abbildung 22 veranschaulicht. An beiden Probenahmestellen liegt der Mittelwert einschließlich des 95 %-Vertrauensintervalls unterhalb des jeweiligen Langzeit-Richtwertes (Tabelle 1). Demnach ist eine Überschreitung des jeweiligen Langzeit-Richtwertes mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von über 97,5 % ausgeschlossen.

Immissions-Kenngrößen

Die mittleren Belastungsverhältnisse bezogen auf den Gesamtzeitraum sind in der Tabelle A 16, für die Teilzeiträume (Winter- und Sommerhalbjahr) in Tabelle A 17 wiedergegeben. Erwartungsgemäß wurde am Verkehrszentrum mit $1,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine höhere Belastung gemessen als im Kurgebiet. Damit wurde der entsprechende Langzeit-Richtwert zu 27 % ausgeschöpft. Im Kurgebiet war die Grobstaub (opak)-Konzentration mit $0,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unbedeutend niedriger und der dort geltende niedrigere Langzeit-Richtwert wurde zu 68 % ausgeschöpft (Tabelle A 16). Möglicherweise trug der Verkehr der Kreisstraße K 104 zum Teil zur Grobstaub (opak)-Belastung

an der Probenahmestelle „Seniorenheim“ im Kurgebiet bei. Vermutlich war in unmittelbarer Nähe der Probenahmestelle im Kurgebiet eine weitere lokale Quelle, die zusätzlich zur Grobstaub (opak)-Belastung beisteuerte. Dies könnten z. B. Haushalte in der nächsten Umgebung sein, die überwiegend mit Holz heizen, worauf auch der nur sehr schwach ausgebildete Jahresgang von Grobstaub (opak) im KG hindeutet: Normalerweise treten die niedrigsten Konzentrationen im Winter auf, die in Hardert durch Heizungsemissionen kompensiert wurden.

Die Tabelle A 17 weist für das Gesamtkollektiv aller Wetterlagen und das Teilkollektiv der Hochdruckwetter- und Ostlagen überwiegend leicht höhere Werte im Sommerhalbjahr als im Winterhalbjahr auf.

Vergleich mit anderen Kurorten

Der Vergleich mit anderen Kurorten in Deutschland ist in der Abbildung 23 wiedergegeben. Weniger als ein Viertel aller Kurorte wiesen in der Repräsentanz „Verkehrszentrum“ eine niedrigere Belastung durch Grobstaub (opak) auf als Hardert.

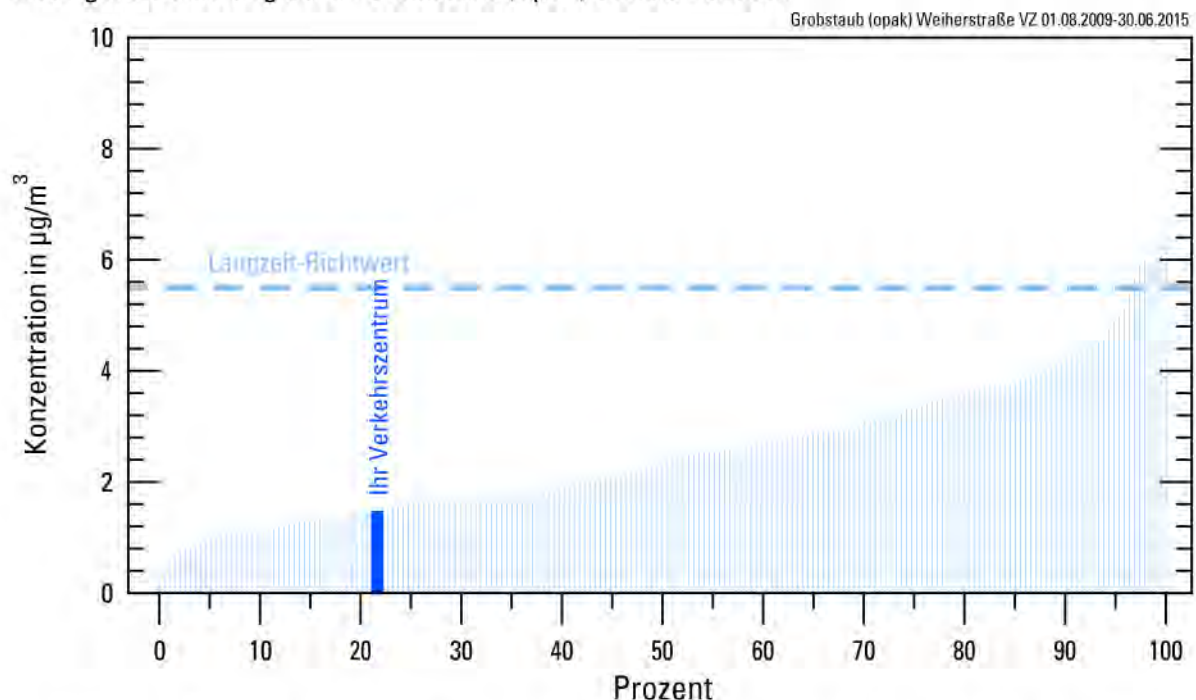


Abbildung 23 Vergleich mit anderen Kurorten für die opake Grobstaub-Belastung im Verkehrszentrum
Grundlage: Messungen in 200 deutschen Kurorten im Zeitraum 2009-2015

Größenverteilung

Die Abbildung 24 auf Seite 36 zeigt die Größenverteilung der opaken Grobstaubpartikel an den beiden Standorten „Seniorenheim“ und „Weiherstraße“ für die Repräsentanzen „Kurgebiet“ und

„Verkehrszentrum“. Dabei sind die Partikeldurchmesser auf der waagerechten Achse im logarithmischen Maßstab aufgetragen.

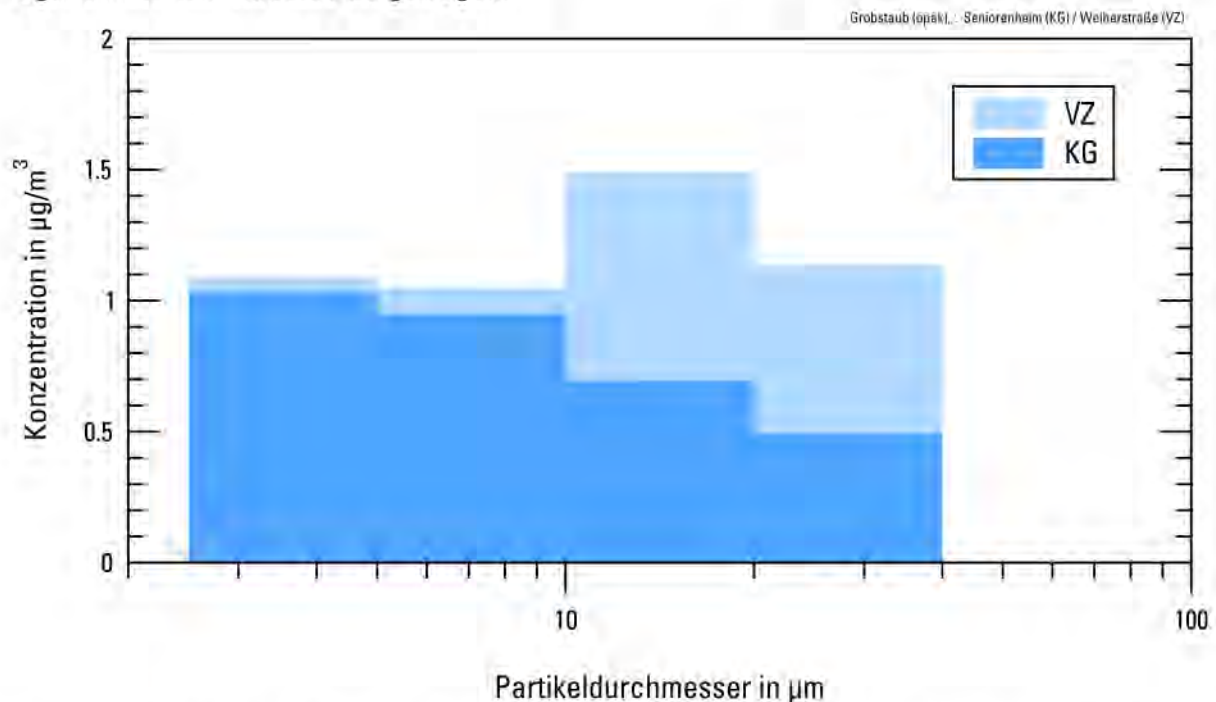


Abbildung 24 Größenverteilung der opaken Grobstaubpartikel in Hardert an den beiden Standorten „Seniorenheim“ (KG) und „Weierstraße“ (VZ)

Die charakteristischen Unterschiede sind deutlich zu erkennen: Das Konzentrationsmaximum liegt am verkehrsbezogenen Standort bei einem Partikeldurchmesser von 10 µm bis 20 µm. Diese Größe ist typisch für die Teilchen, die durch den Abrieb der Kfz-Reifen und des Straßenasphalts entstehen. An der Probenahmestelle „Seniorenheim“ (KG) ist das Konzentrationsniveau erwartungsgemäß niedriger, aber für ein Kurgebiet etwas erhöht, was vermutlich im Zusammenhang zu einem gewissen Verkehrseinfluss der Kreisstraße K 104 und anderen lokalen Quellen wie Holzheizungen steht. Das Maximum der Partikelkonzentrationen liegt an dieser Messstelle (KG) bei der Größenfraktion bis 5 µm. Diese stammen überwiegend aus den Heizungsemissionen.

Immissions-Witterungsrose

Die detaillierte Analyse der Windrichtungsabhängigkeit ist für das Kurgebiet in der Abbildung A 7 und für das Verkehrszentrum in der Abbildung A 8 dargestellt. Die Konzentrationen von opaken Grobstaubpartikeln waren in Hardert an der verkehrsbezogenen Probenahmestelle „Weierstraße“ und im Kurgebiet („Seniorenheim“) während der Nordwestlage am höchsten. Bei den übrigen Witterungstypen sind die Belastungsunterschiede vor allem im VZ sehr gering. Die niedrigsten Belastungswerte wiesen an der Probenahmestelle im KG die Südlagen auf. Allerdings

war während des gesamten Messzeitraums die Nordwestlage nur einmal vorherrschend, sodass ihre statistische Aussagekraft stark begrenzt ist.

Bei einer durchschnittlichen Häufigkeit der Witterungstypen (Bezugszeitraum 1981 – 2010) wären die über den gesamten Messzeitraum gemittelten Grobstaub (opak)-Konzentrationen im Kurgebiet um 1 % und im Verkehrszentrum um 3 % höher ausgefallen.

Pollen

Es gibt über 200.000 Pollen-produzierende Pflanzenarten, die sich in Baumpollen, Gräserpollen und Kräuterpollen einteilen lassen. Nach Schätzungen sind ca. 200 Pflanzenarten Allergie auslösend. Gräser bilden dabei eine der größten Pflanzenfamilien.

Jahresverlauf

Die Abbildung 25 zeigt den Verlauf der Pollen während der Messkampagne. Dabei wurden die Ergebnisse der wöchentlichen Probenahmen über beide Standorte zusammengefasst. Es wurden alle Pollen mit einem Durchmesser zwischen 20 µm und 60 µm unabhängig ihrer allergenen Wirkung erfasst.

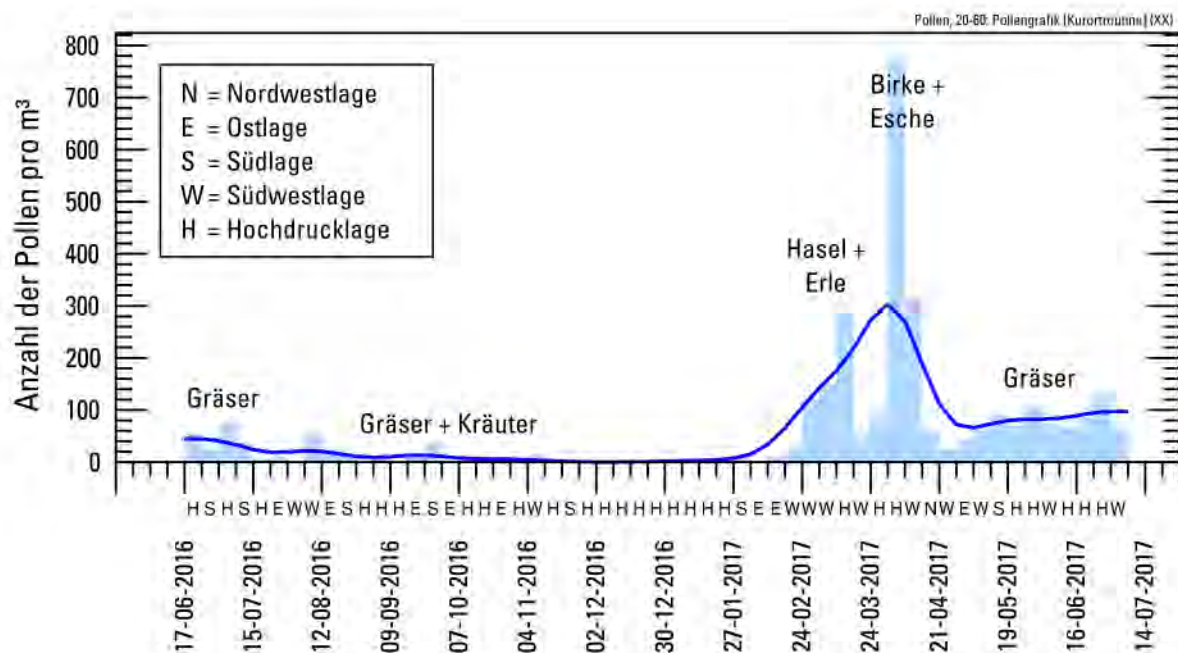


Abbildung 25 Jahreszeitlicher Verlauf der Pollen im Beurteilungsgebiet von Hardert

Der Jahresverlauf wird im Wesentlichen geprägt von der Vegetationsentwicklung sowie vom aktuellen Wetterzustand. Für den Menschen relevant sind allerdings die allergenen Pollen (Hauptallergene), sodass im Folgenden nur noch auf diese eingegangen wird. Sie stehen stellvertretend für alle in der jeweiligen Jahreszeit blühenden Pflanzen. Zu den hauptallergenen Arten, wie sie von der Stiftung Deutscher Polleninformationsdienst festgelegt wurden, gehören die Baumpollen der Hasel, Erle, Birke, Esche, Gräserpollen inklusive der Roggenpollen und die Kräuterpollen des Beifuß und der Ambrosia.

Zu Messbeginn blühten noch die Gräser. Im Spätsommer 2016 traten zudem einzelne Kräuterpollen auf. Ansonsten war die Pollenkonzentration meist gering. Mitte Januar 2017 begannen vereinzelt Hasel und Erle zu blühen, deren Pollenflug ab Mitte Februar 2017 sich

deutlich verstärkten. Ab Ende März 2017 blühte die Birke- und die Esche. Ab Mai 2017 wurden wieder zunehmend Gräserpollen beobachtet, deren Blütezeit bis über das Messende andauerte.

Die meisten Pollen wurden im Beurteilungsgebiet von Hardert in der Probenahmewoche vom 31.03. bis 07.04.2017 während einer Hochdruckwetterlage gezählt: Sie können überwiegend dem Zeitpunkt der Birken- und Eschenblüte zugeordnet werden. In dieser Probenahmewoche war die Anzahl der Pollen im Vergleich zu den anderen Einzelwochen sehr hoch.

5. VERGLEICH ZUR VORHERIGEN MESSKAMPAGNE

In der Abbildung 26 bis Abbildung 28 auf der Seite 43 sind die mittleren Konzentrationen des Grobstaubs (gesamt und opak) und des Stickstoffdioxids während der beiden Messkampagnen 2006/2007 und 2016/2017 einander gegenübergestellt. Feinstaub und Ruß im Feinstaub wurden während der Messkampagne 2006/2007 nicht gemessen. Die Probenahmegeräte an der Messstelle Kurgebiet befanden sich während der Messkampagne 2016/2017 nahezu an demselben Standort, sodass die Ergebnisse gut miteinander vergleichbar sind. Die Messgeräte der Repräsentanz Verkehrszentrum befanden sich damals ca. 70 m südwestlicher an der Mittelstraße 24. Somit sind die Ergebnisse nur eingeschränkt miteinander vergleichbar:

- Kurgebiet: Seniorenheim
- Verkehrszentrum: Weiherstraße

Für den Vergleich von Grobstaub (gesamt und opak) wurden die Daten der vorherigen Messkampagne für den Größenbereich 2,5 µm bis 40 µm neu ausgewertet, da nach den damals gültigen Begriffsbestimmungen die Auswertung der Grobstaubpartikel für den Größenbereich 3 µm bis 48 µm erfolgte.

Ein Vergleich der beiden Messkampagnen zeigt, dass die Belastungen durch Grobstaub (gesamt und opak) und Stickstoffdioxid an der Messstelle im Verkehrszentrum abgenommen haben. Dabei fiel die Abnahme durch Grobstaub (gesamt) deutlich, durch Stickstoffdioxid weniger deutlich und durch den opaken Grobstaub gering aus. Ähnlich veränderten sich auch die Belastungen an der Probenahmestelle im Kurgebiet „Seniorenheim“, jedoch mit der Ausnahme des opaken Grobstaubs, der dort eine Zunahme zu verzeichnen hatte.

Einfluss der großräumigen Wetterlage

Inwieweit die Witterung für diese Trends ursächlich ist, soll anhand eines Vergleichs der Häufigkeit der Großwetterlagen untersucht werden.

Die Belastung durch Grobstaub (gesamt und opak) wird vor allem von den Witterungsbedingungen im Sommerhalbjahr, die Belastung durch Stickstoffdioxid vor allem durch die Witterungsbedingungen im Winterhalbjahr bestimmt. Daher erfolgt die Auswertung getrennt nach Sommerhalbjahr (April bis September) und Winterhalbjahr (Oktober bis März). Dabei werden die Wetterlagen eingeteilt in lufthygienisch günstige und lufthygienisch ungünstige Wetterlagen (Tabelle 2):

- Lufthygienisch günstige (austauschreiche) Wetterlagen sind Nordwest- und Südwestlagen.
- Lufthygienisch ungünstige (austauscharme) Wetterlagen sind Ost- und Hochdruckwetterlagen.

Häufigkeit der Großwetterlagen im Sommerhalbjahr

In Bezug auf die Grobstaub-Belastung

Während der Messkampagne 2006/2007 gab es 91 Tage mit Ost- und Hochdruckwetterlagen, während der Messkampagne 2016/2017 110 Tage, die erfahrungsgemäß die Aufwirbelung von Grobstaubpartikeln fördern. Südwest- und Nordwestlagen, die oft feuchte und staubarme Luft heranzuführen, traten während der Messkampagne 2006/2007 an 38 Tagen, während der Messkampagne 2016/2017 an 57 Tagen auf.

Das Häufigkeitsverhältnis mit Normierung (da die Messreihen unterschiedlich lange andauerten) von lufthygienisch ungünstigen zu lufthygienisch günstigen Großwetterlagen ist für

- die Messkampagne 2006/2007 2,39
- die Messkampagne 2016/2017 1,93.

Demnach war die Witterung im Sommerhalbjahr während der Messkampagnen 2006/2007 im Vergleich zu 2016/2017 lufthygienisch deutlich günstiger. Somit kann der an der Probenahmestelle im Verkehrszentrum beobachtete Rückgang der Belastung durch Grobstaub (gesamt und opak) witterungsbedingt erklärt werden. Der deutliche Rückgang durch Grobstaub (gesamt) konnte möglicherweise durch zusätzliche immissionsmindernde Maßnahmen erreicht werden (evtl. innerörtliche Maßnahmen oder bauliche Veränderungen). Zu berücksichtigen ist auch, dass der Standort für das Verkehrszentrum während der beiden Messkampagnen verschieden war.

An der Messstelle „Seniorenheim“ im KG ist die Abnahme durch Grobstaub (gesamt) ebenfalls witterungsbedingt erklärbar. Die Zunahme der Belastung durch Grobstaub (opak) ist witterungsbedingt nicht zu begründen und muss andere Ursachen haben. Dort könnte zum einen der Verkehr auf der K 104, die unweit vom KG entfernt ist, einen Beitrag zur Zunahme der Grobstaub (opak)-Belastung geleistet haben. Wahrscheinlicher ist aber, dass zusätzliche lokale Quellen wie Haushalte mit Holzheizungen, die in den letzten Jahren errichtet wurden, einen wesentlichen Beitrag geleistet haben.

Häufigkeit der Großwetterlagen im Winterhalbjahr

In Bezug auf die Stickstoffdioxid-Belastung

Während der Messkampagne 2006/2007 gab es 73 Tage mit Ost- und Hochdruckwetterlagen, während der Messkampagne 2016/2017 111 Tage, die auf Grund eingeschränkter Austausch-

bedingungen die Zunahme der Belastung durch Luftschadstoffe in den bodennahen Luftschichten fördern. Südwest- und Nordwestlagen, die erfahrungsgemäß ganzjährig für eine gute Durchmischung der bodennahen Luft sorgen, traten während der Messkampagne 2006/2007 an 76 Tagen, während der Messkampagne 2016/2017 an 47 Tagen auf.

Das Häufigkeitsverhältnis mit Normierung (da die Messreihen unterschiedlich lange andauerten) von lufthygienisch ungünstigen zu lufthygienisch günstigen Großwetterlagen ist für

- die Messkampagne 2006/2007 0,96
- die Messkampagne 2016/2017 2,36.

Die Witterung im Winterhalbjahr 2016/2017 war im Vergleich zu 2006/2007 lufthygienisch deutlich ungünstiger, sodass die beobachtete Abnahme der Belastung durch Stickstoffdioxid im Kurgebiet („Seniorenheim“) und im Verkehrszentrum witterungsbedingt nicht erklärbar ist und muss andere Ursachen haben. Gründe könnten nachhaltige, emissionsmindernde Maßnahmen sein, wie z. B. die veränderte Fahrzeugflotte in der Bundesrepublik Deutschland während der vergangenen Jahre, aber auch verkehrslenkende Maßnahmen. Bei gleichverteilten Großwetterlagen wie 2006/2007 wäre die Abnahme wahrscheinlich noch deutlicher ausgefallen. Zu berücksichtigen ist auch, dass der Standort für das Verkehrszentrum während der beiden Messkampagnen verschieden war.

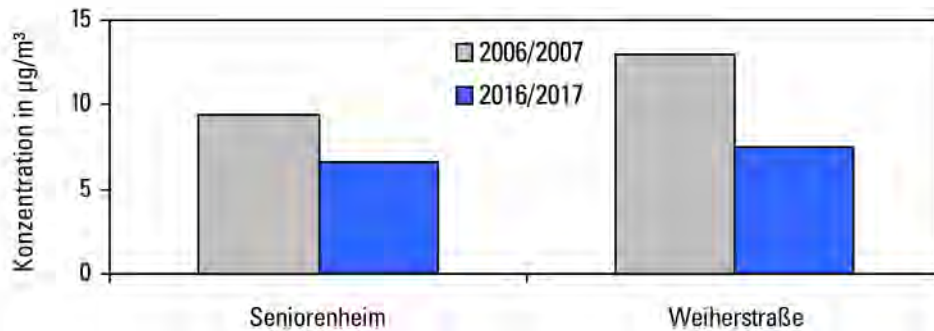


Abbildung 26 Vergleich der mittleren Grobstaub (gesamt)-Konzentration für die Messkampagne 2006/2007 und 2016/2017

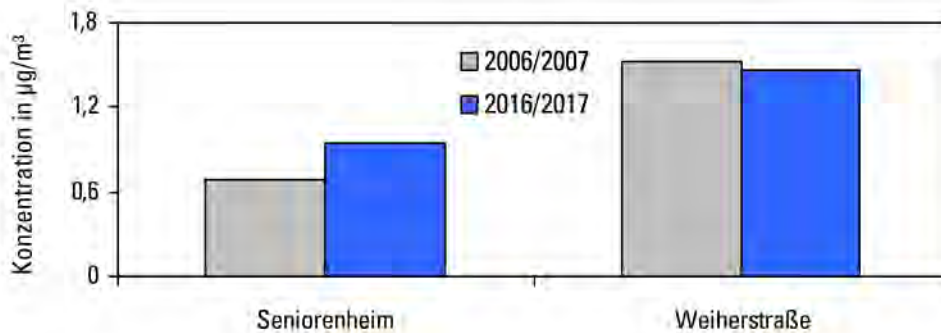


Abbildung 27 Vergleich der mittleren Grobstaub (opak)-Konzentration für die Messkampagne 2006/2007 und 2016/2017

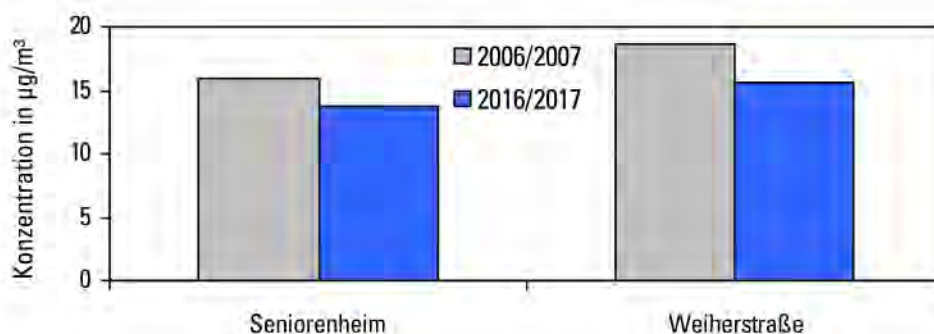


Abbildung 28 Vergleich der mittleren Stickstoffdioxid-Konzentration für die Messkampagne 2006/2007 und 2016/2017

6. GESAMTBEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

Die Jahresgänge der partikel- und gasförmigen Luftbeimengungen zeigten typische Unterschiede: Bei Feinstaub, Ruß im Feinstaub und Stickstoffdioxid wurden höhere Konzentrationen vor allem im Winter und bei austauscharmen Wetterlagen gemessen, bei Grobstaub vorwiegend im Sommer bei trocken-warmer Witterung.

Im Kurgebiet sind die Belastungen durch Stickstoffdioxid und Grobstaub (opak) leicht erhöht. Dies kann vermutlich zum Teil mit dem Verkehr auf der nahe gelegenen Kreisstraße K 104 („Mittelstraße“) und beim Stickstoffdioxid zusätzlich mit dem Verkehr auf der westlich von Hardert von Norden nach Süden verlaufenden Bundesstraße B 256 im Zusammenhang stehen. Der Anteil opaker Partikel am gesamten Grobstaub lag im KG bei ca. 15 %. Es ist nicht auszuschließen, dass eine zusätzliche lokale Quelle in unmittelbarer Nähe zur Probenahmestelle „Seniorenheim“ im KG einen wesentlichen Beitrag zur Grobstaub(opak)-Belastung beitrug, wie z. B. Haushalte mit überwiegender Holzheizung. An der Messstelle im Verkehrszentrum ist dieser Anteil mit knapp über 20 % etwas höher.

Es gibt Hinweise, dass in Hardert ein begrenztes Hangwind-System (Auf- und Abwinde) existiert und einer Anreicherung von Schadstoffen im Beurteilungsgebiet von Hardert entgegenwirkt. Neben dem Verkehr ist die Luftschadstoff-Belastung auf die örtlichen Emittenten (z.B. Heizungen insbesondere im Winterhalbjahr) zurückzuführen.

Im gesamten Messzeitraum wurden bei allen gemessenen Luftschadstoffen keine Überschreitungen der Kurzzeit-Richtwerte (Tabelle 1) an den Probenahmeorten Kurgebiet („Seniorenheim“) und Verkehrszentrum („Weiherstraße“) beobachtet (Tabelle 5 auf Seite 45).

Die Bewertung der Luftqualität bezogen auf den Ausschöpfungsgrad zum jeweiligen Langzeit-Richtwert (Tabelle 1) erfolgt in 6 Stufen, von äußerst gering (Ausschöpfung ≤ 25 %) bis unzulässig hoch (Ausschöpfung > 100 %) (Tabelle 5).

Die mittleren Belastungswerte der einzelnen Luftschadstoffe haben den jeweiligen Langzeit-Richtwert nicht erreicht. Im KG ist die Belastung durch Grobstaub (opak) und Stickstoffdioxid leicht erhöht. Die Belastung durch Grobstaub (gesamt) ist dort kurortüblich. An der Messstelle „Weiherstraße“ im VZ war die Belastung durch Stickstoffdioxid und Feinstaub normal und kurortüblich. An dieser Messstelle fiel die Belastung durch Ruß im Feinstaub und Grobstaub (gesamt und opak) sogar gering aus.

Bewertungstabelle für Hardert		
Anzahl der Kurzzeit-Richtwert-Überschreitungen		
Messstellenbezeichnung	Seniorenheim	Weiherstraße
Repräsentanz	KG	VZ
Stickstoffdioxid	0	0
Feinstaub	*	0
Ruß im Feinstaub	*	0
Grobstaub gesamt	0	0
Grobstaub opak	0	0

■ erlaubt
■ unzulässig

Ausschöpfungsgrad zum Langzeit-Richtwert in %		
Messstellenbezeichnung	Seniorenheim	Weiherstraße
Repräsentanz	KG	VZ
Stickstoffdioxid	69	49
Feinstaub	*	48
Ruß im Feinstaub	*	32
Grobstaub gesamt	51	27
Grobstaub opak	68	27

■ äußerst gering ≤ 25 %
■ gering 25-35 %
■ normal 35-65 %
■ leicht erhöht 65-80 %
■ deutlich erhöht 80-100 %
■ unzulässig hoch > 100 %

* = keine Erhebung

Tabelle 5 Zusammenfassung der Überschreitungshäufigkeiten des Kurzzeit-Richtwertes und der Ausschöpfungsgrade hinsichtlich des Langzeit-Richtwertes

In Hardert ist die Luftqualität für Stickstoffdioxid und Grobstaub (opak) vor allem an der Messstelle „Seniorenheim“ im KG ausreichend. Für die anderen untersuchten Luftbeimengungen kann die Luftqualität als kurortüblich, im VZ („Weiherstraße“) für Grobstaub (gesamt und opak) und Ruß im Feinstaub sogar als gut eingestuft werden.

Maßnahmen zur nachhaltigen Qualitätssicherung

Gegenwärtig besteht in Hardert kein dringender Handlungsbedarf für emissions- und immissionsmindernde Maßnahmen. Dennoch könnten folgende Maßnahmen zu einer nachhaltigen Qualitätssicherung des Prädikates „Luftkurort“ beitragen:

- Überprüfung, ob im KG seit den letzten Luftqualitätsmessungen vermehrt Haushalte mit Holz heizen. Falls ja, sollte auf Einhaltung der optimalen Betriebsbedingungen und Emissionsgrenzwerte geachtet werden (Komfort-Öfen nach aktuellem Stand der Technik).
- Bürgerinformation und Aufklärung zum Thema Energieeinsparung im Alltag (Tipps und Informationen finden Sie z. B. auf www.energiewende.baden-wuerttemberg.de, www.umweltbundesamt.de)
- Verstärkte Nutzung umwelt- und energiefreundlicher Brenn- und Kraftstoffe.

ANHANG

MESSWERTETABELLEN	47
ERGÄNZENDE TABELLEN UND ABBILDUNGEN ZU STICKSTOFFDIOXID	51
ERGÄNZENDE TABELLEN UND ABBILDUNGEN ZU FEINSTAUB	53
ERGÄNZENDE TABELLEN UND ABBILDUNGEN ZU RUß IM FEINSTAUB	55
ERGÄNZENDE TABELLEN UND ABBILDUNGEN ZU GROBSTAUB	
- GESAMT -	57
- OPAK -	59

Messwertetabellen

Tabelle A 1 Mittlere wöchentliche Immissionsbelastung in Hardert an der Probenahmestelle KG: Seniorenheim; WT = Witterungstyp (siehe Tabelle 2); fett gedruckter Wert = Ausreißer; fehlender Wert = keine auswertbare Probe; * = Messwert unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) = ½ NWG-Wert

Probenahmezeitraum	WT	Stickstoffdioxid (µg/m³)	Grobstaub (µg/m³)	
			gesamt	„opak“
17.06.16-24.06.16	H	6,24	16,63	0,94
24.06.16-01.07.16	S	8,30	6,87	0,56
01.07.16-08.07.16	H	7,45	6,29	0,79
08.07.16-15.07.16	S	7,67	7,49	1,14
15.07.16-22.07.16	H	10,45	8,83	0,99
22.07.16-29.07.16	E	10,27	9,10	1,15
29.07.16-05.08.16	W	8,65	8,14	0,87
05.08.16-12.08.16	W	9,65	8,13	1,49
12.08.16-19.08.16	E	9,21	11,05	0,83
19.08.16-26.08.16	S	9,62	8,09	0,91
26.08.16-02.09.16	H	11,29	10,49	1,35
02.09.16-09.09.16	H	10,94	8,77	1,10
09.09.16-16.09.16	H	17,28	13,77	1,68
16.09.16-23.09.16	E	14,12	8,95	1,21
23.09.16-30.09.16	S	19,73	11,12	1,53
30.09.16-07.10.16	E	10,75	3,99	0,28
07.10.16-14.10.16	H	14,63	3,23	0,77
14.10.16-21.10.16	H	16,39	4,63	0,80
21.10.16-28.10.16	E	21,56	5,33	1,22
28.10.16-04.11.16	H	18,71	4,67	0,92
04.11.16-11.11.16	W	18,75	3,54	0,55
11.11.16-18.11.16	H	18,26	3,75	0,67
18.11.16-25.11.16	S	16,77	5,66	0,43
25.11.16-02.12.16	H	29,72	4,51	0,99
02.12.16-09.12.16	H	34,26	2,71	0,69
09.12.16-16.12.16	H	23,06	4,04	1,04
16.12.16-23.12.16	H	19,62	3,06	1,35
23.12.16-30.12.16	H	14,71	1,38	0,18
30.12.16-05.01.17	H	19,64	1,17	0,45
05.01.17-13.01.17	H	21,03	4,92	0,82
13.01.17-20.01.17	H	14,11	2,11	0,68
20.01.17-27.01.17	H	27,42	3,36	1,12
27.01.17-03.02.17	S	27,21	2,79	0,70
03.02.17-10.02.17	E	15,01	3,08	0,90
10.02.17-17.02.17	E	22,16	4,96	1,28
17.02.17-24.02.17	W	15,33	2,59	0,60
24.02.17-03.03.17	W	9,11	2,91	0,51
03.03.17-10.03.17	W	10,77	3,05	0,89
10.03.17-17.03.17	H	16,12	8,38	1,35
17.03.17-24.03.17	W	11,07	4,59	0,76
24.03.17-31.03.17	H	8,75	7,57	1,12
31.03.17-07.04.17	H	14,37	11,52	1,53
07.04.17-13.04.17	W	15,38	13,21	2,47
13.04.17-21.04.17	N	11,69	6,90	1,09

Probenahme- zeitraum	WT	Stickstoffdioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Grobstaub ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			gesamt	„opak“
21.04.17-28.04.17	W	12,13	6,88	1,67
28.04.17-05.05.17	E	8,42	5,82	0,61
05.05.17-12.05.17	W	10,36	9,27	1,17
12.05.17-19.05.17	S	9,69	15,26	0,57
19.05.17-26.05.17	H	7,03	9,24	0,57
26.05.17-02.06.17	H	9,63	8,76	1,25
02.06.17-09.06.17	W	8,34	6,35	0,51
09.06.17-16.06.17	H	4,49	7,57	0,70
16.06.17-23.06.17	H	8,45	10,46	1,29
23.06.17-30.06.17	H	9,52	8,01	0,84
30.06.17-07.07.17	W	9,54	10,41	0,57

Tabelle A 2 Mittlere wöchentliche Immissionsbelastung in Hardert an der Probenahmestelle VZ: Weiherstraße; WT = Witterungstyp (siehe Tabelle 2); fett gedruckter Wert = Ausreißer; fehlender Wert = keine auswertbare Probe; * = Messwert unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) = 1/2 NWG-Wert

Probenahmezeitraum	WT	Stickstoffdioxid (µg/m³)	Feinstaub (PM _{2,5}) (µg/m³)		Grobstaub (µg/m³)	
			gesamt	Ruß	gesamt	„opak“
17.06.16-24.06.16	H	7,65			6,98	0,63
24.06.16-01.07.16	S	10,07			7,08	1,21
01.07.16-08.07.16	H	9,21			6,58	1,27
08.07.16-15.07.16	S	9,20	5,66	0,25	9,07	1,82
15.07.16-22.07.16	H	12,47	8,33	0,33	8,46	1,13
22.07.16-29.07.16	E	11,77	7,69	0,32	8,93	1,16
29.07.16-05.08.16	W	9,59	1,90	0,24	5,40	0,86
05.08.16-12.08.16	W	13,92	1,91	0,29	6,51	0,85
12.08.16-19.08.16	E	11,23	4,58	0,27	13,02	1,49
19.08.16-26.08.16	S	11,01	2,86	0,25	9,33	1,69
26.08.16-02.09.16	H	14,53	6,03	0,29	13,76	2,00
02.09.16-09.09.16	H	12,70	2,29	0,28	11,51	1,69
09.09.16-16.09.16	H	21,01	3,61	0,33	14,60	1,84
16.09.16-23.09.16	E	17,97	7,29	0,44	10,69	2,79
23.09.16-30.09.16	S	16,96	7,28	0,49	11,82	1,93
30.09.16-07.10.16	E	11,23	5,02	0,38	4,39	1,14
07.10.16-14.10.16	H	18,24	7,26	0,64	3,58	0,58
14.10.16-21.10.16	H	17,65	8,76	0,68	5,59	1,22
21.10.16-28.10.16	E	22,92	13,69	0,89	4,87	1,12
28.10.16-04.11.16	H	19,42	9,94	0,69	4,90	1,63
04.11.16-11.11.16	W	22,19	11,56	0,85	3,68	1,11
11.11.16-18.11.16	H	20,43	12,63	0,78	4,52	0,78
18.11.16-25.11.16	S	17,59	7,87	0,68	5,75	1,06
25.11.16-02.12.16	H	33,15	17,04	1,17	7,14	2,42
02.12.16-09.12.16	H	33,01	17,24	1,32	2,72	0,64
09.12.16-16.12.16	H	21,54	14,30	0,87	3,71	0,71
16.12.16-23.12.16	H	21,30	17,68	0,85	4,74	1,93
23.12.16-30.12.16	H	16,50	10,28	0,64	3,83	0,88
30.12.16-05.01.17	H	24,76	11,28	0,89	2,08	0,58
05.01.17-13.01.17	H	22,27	11,28	0,87	8,43	1,20
13.01.17-20.01.17	H	18,14	13,09	0,89	1,92	0,36
20.01.17-27.01.17	H	27,97	20,74	1,10	3,72	1,16
27.01.17-03.02.17	S	27,07	14,46	0,83	3,55	0,99
03.02.17-10.02.17	E	15,96	18,87	0,95	5,22	1,63
10.02.17-17.02.17	E	21,25	29,30	1,45	8,19	1,89
17.02.17-24.02.17	W	16,23	7,40	0,50	4,97	0,83
24.02.17-03.03.17	W	10,44	5,96	0,40	4,46	1,03
03.03.17-10.03.17	W	13,04	6,47	0,43	4,96	0,92
10.03.17-17.03.17	H	19,05	17,17	0,68	9,03	2,35
17.03.17-24.03.17	W	16,95	6,89	0,38	7,20	1,89
24.03.17-31.03.17	H	10,63	6,93	0,59	11,29	2,60
31.03.17-07.04.17	H	15,40	16,05	0,48	11,65	3,40
07.04.17-13.04.17	W	18,83	20,59	0,58	15,69	4,87
13.04.17-21.04.17	N	14,61	10,82	0,41	7,05	2,11
21.04.17-28.04.17	W	13,57	9,85	0,39	8,30	2,49
28.04.17-05.05.17	E	11,26	10,05	0,37	5,87	1,00

Probenahme- zeitraum	WT	Stickstoffdioxid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Feinstaub ($\text{PM}_{2,5}$) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Grobstaub ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			gesamt	Ruß	gesamt	„opak“
05.05.17-12.05.17	W	12,59	10,56	0,36	10,57	1,86
12.05.17-19.05.17	S	11,80	6,86	0,31	9,53	1,08
19.05.17-26.05.17	H	9,05	5,06	0,21	8,48	0,82
26.05.17-02.06.17	H	11,29	8,58	0,27	10,42	1,67
02.06.17-09.06.17	W	10,13	4,70	0,17	6,62	0,67
09.06.17-16.06.17	H	6,93	5,08	0,44	8,59	1,18
16.06.17-23.06.17	H	10,37	10,20	0,31	13,83	2,25
23.06.17-30.06.17	H	12,50	7,60	0,28	7,98	1,08
30.06.17-07.07.17	W	10,29	7,46	0,29	9,49	0,98

Ergänzende Tabellen und Abbildungen zu Stickstoffdioxid

Tabelle A 3 Immissionswert-Überschreitungen der Stickstoffdioxid-Konzentration
grau hinterlegte Werte = Überschreitungshäufigkeit der Kurzzeit-Richtwerte
rot hinterlegte Werte = gemäß den Begriffsbestimmungen unzulässig hohe Werte

Schwellenwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PZ ge- samt	< 1,9	> 5	> 10	> 15	> 20	> 25	> 30	> 34	> 40	> 50
Seniorenheim (KG)	54	0	53	35	20	7	3	0	0	0	0
Weierstraße (VZ)	54	0	54	48	26	12	3	1	0	0	0

Tabelle A 4 Immissions-Kenngrößen der Stickstoffdioxid-Konzentration im Gesamtzeitraum
PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad,
 σ = Standardabweichung; 95 %-VI = 95 %-Vertrauensintervall

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen Gesamtzeitraum				
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	σ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 %-VI $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
Seniorenheim (KG)	54	13,7	$\pm 5,8$	$\pm 1,6$	69
Weierstraße (VZ)	54	15,6	$\pm 5,6$	$\pm 1,6$	49

Tabelle A 5 Immissions-Kenngrößen der Stickstoffdioxid-Konzentration in Teilzeiträumen
PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen					
	Alle Wetterlagen			H- und Ostlagen		
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
	Winterhalbjahr (01.10. - 31.03.)					
Seniorenheim (KG)	25	17,8	89	18	18,6	93
Weierstraße (VZ)	25	19,6	61	18	20,4	64
	Sommerhalbjahr (01.04. - 30.09.)					
Seniorenheim (KG)	29	10,2	51	16	9,7	49
Weierstraße (VZ)	29	12,2	38	16	12,0	37

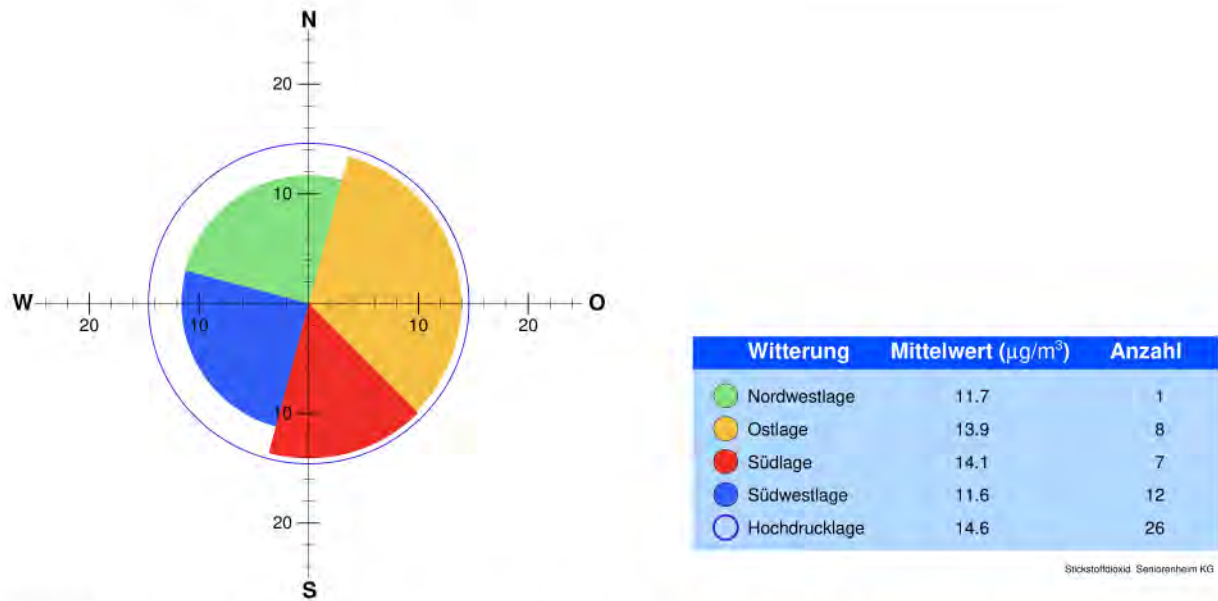


Abbildung A 1 Immissions-Witterungsrose der Stickstoffdioxid-Konzentration im Kurgebiet

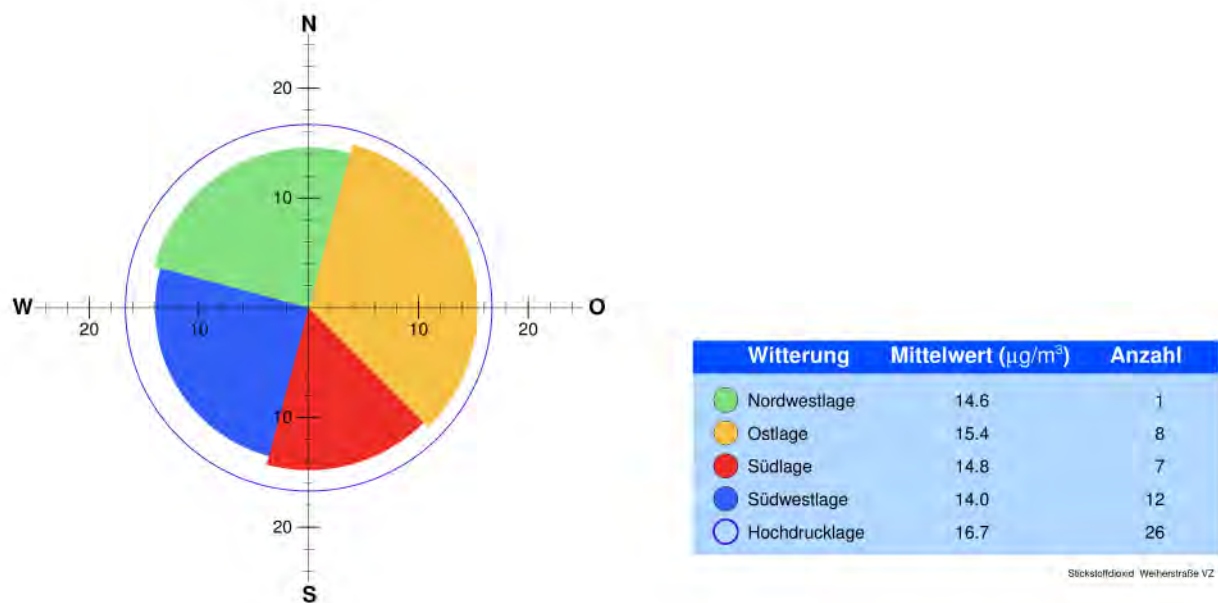


Abbildung A 2 Immissions-Witterungsrose der Stickstoffdioxid-Konzentration im Verkehrszentrum

Ergänzende Tabellen und Abbildungen zu Feinstaub

Tabelle A 6 Immissionswert-Überschreitungen der Feinstaub-Konzentration
grau hinterlegte Werte = Überschreitungshäufigkeit der Kurzzeit-Richtwerte
rot hinterlegte Werte = gemäß den Begriffsbestimmungen unzulässig hohe Werte

Schwellenwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PZ ge- samt	< 0,49	> 2,5	> 5	> 10	> 15	> 20	> 25	> 30	> 35	> 40
Weiherstraße (VZ)	51	0	48	44	21	8	2	0	0	0	0

Tabelle A 7 Immissions-Kenngrößen der Feinstaub-Konzentration im Gesamtzeitraum
PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad,
 σ = Standardabweichung; 95 %-VI = 95 %-Vertrauensintervall

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen Gesamtzeitraum				
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	σ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 %-VI $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
Weiherstraße (VZ)	51	9,5	$\pm 4,9$	$\pm 1,4$	48

Tabelle A 8 Immissions-Kenngrößen der Feinstaub-Konzentration in Teilzeiträumen
PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen					
	Alle Wetterlagen			H- und Ostlagen		
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
	Winterhalbjahr (01.10. - 31.03.)					
Weiherstraße (VZ)	25	12,2	61	18	13,6	68
	Sommerhalbjahr (01.04. - 30.09.)					
Weiherstraße (VZ)	26	7,0	35	14	6,5	33

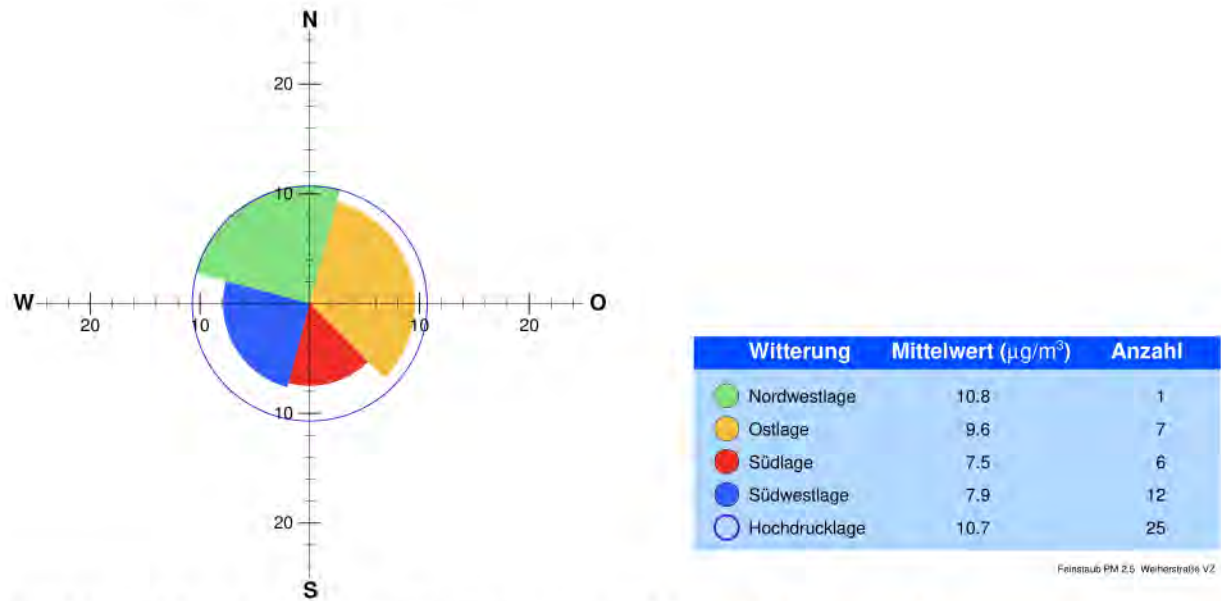


Abbildung A 3 Immissions-Witterungsrose der Feinstaub-Konzentration im Verkehrszentrum

Ergänzende Tabellen und Abbildungen zu Ruß im Feinstaub

Tabelle A 9 Immissionswert-Überschreitungen der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration
grau hinterlegte Werte = Überschreitungshäufigkeit der Kurzzeit-Richtwerte
rot hinterlegte Werte = gemäß den Begriffsbestimmungen unzulässig hohe Werte

Schwellenwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PZ ge- samt	<0,13	> 0,6	> 0,8	> 1,0	> 1,2	> 1,4	> 1,6	> 1,8	> 2,0	> 2,5
Weierstraße (VZ)	51	0	19	12	3	1	0	0	0	0	0

Tabelle A 10 Immissions-Kenngrößen der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration im Gesamtzeitraum
PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad,
 σ = Standardabweichung; 95 %-VI = 95 %-Vertrauensintervall

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen Gesamtzeitraum				
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	σ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 %-VI $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
Weierstraße (VZ)	51	0,54	$\pm 0,28$	$\pm 0,08$	32

Tabelle A 11 Immissions-Kenngrößen der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration in Teilzeiträumen
PZ = Anzahl der Proben; MW = Mittelwert des Datenkollektivs; AG = Ausschöpfungsgrad

Probenahmestellen	Immissions-Kenngrößen					
	Alle Wetterlagen			H- und Ostlagen		
	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %	PZ	MW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	AG %
	Winterhalbjahr (01.10. - 31.03.)					
Weierstraße (VZ)	25	0,76	45	18	0,83	49
	Sommerhalbjahr (01.04. - 30.09.)					
Weierstraße (VZ)	26	0,33	19	14	0,32	19

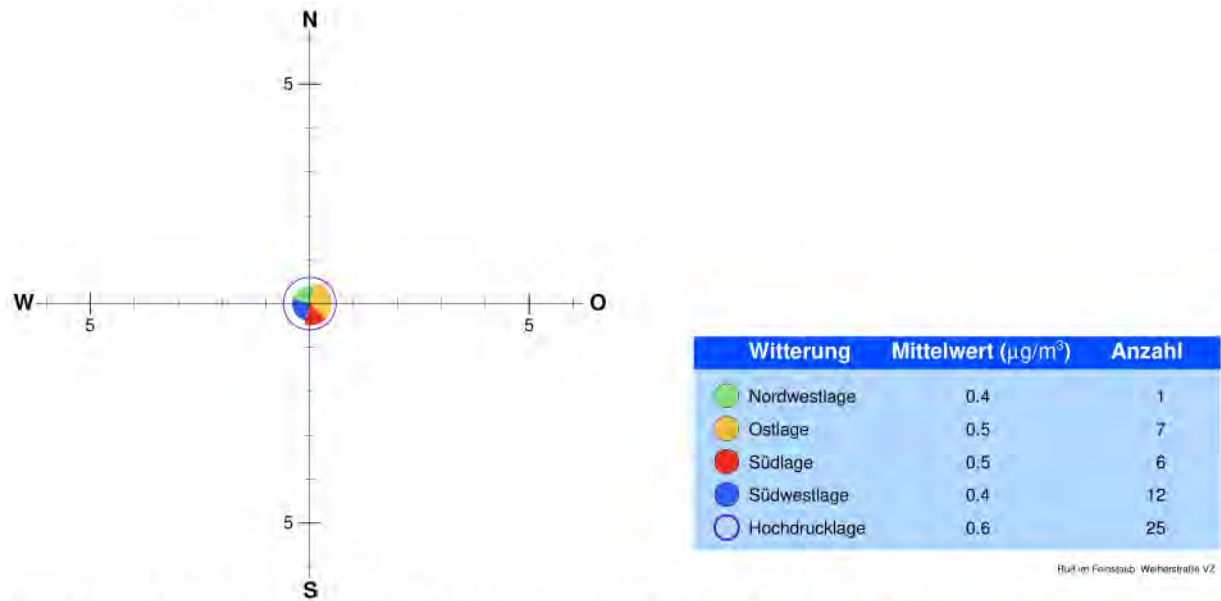


Abbildung A 4 Immissions-Witterungsrose der Ruß-im-Feinstaub-Konzentration im Verkehrszentrum