

Luft



Fachbeiträge des LUGV
Heft Nr. 138

Entwicklung der NO₂ – Konzentrationen vor dem Hintergrund von Grenzwertüberschreitungen

**Ein Sachstandsbericht zur Entwicklung
der Luftqualität im Land Brandenburg**

**Landesamt für
Umwelt,
Gesundheit und
Verbraucherschutz**

Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Heft Nr. 138

Entwicklung der NO₂-Konzentrationen vor dem Hintergrund von Grenzwertüberschreitungen
Ein Sachstandsbericht zur Entwicklung der Luftqualität im Land Brandenburg

Herausgeber:

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV)
Seeburger Chaussee 2
OT Groß Glienicke
14476 Potsdam
Tel.: 033201 – 442 171
Fax: 033201 – 436 78

Internet:

Publikationen des LUGV – <http://www.lugv.brandenburg.de/info/lugvpublikationen>
Informationen zur Luftqualität – <http://www.lugv.brandenburg.de/info/luft-online>

Bearbeitung / Redaktion:

LUGV, Abteilung Technischer Umweltschutz, Referat T 4 – Luftqualität
Hannes Brauer / Rainer Offermann, Hannelore Schlegel und Manfred Lotz
E-Mail: Hannes.Brauer@LUGV.Brandenburg.de
Tel.: 033201 – 442 316
Fax: 033201 – 442 398

Technische Umsetzung:

LUGV, Referat S 5 – Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Die Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Potsdam, im August 2014

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen.....	2
Zusammenfassung	2
Abstract.....	2
1 Anlass und Einführung.....	3
2 Ausgangssituation und Methodik.....	4
2.1 Sachlage zur NO ₂ -Belastung	4
2.2 Stationsauswahl und Datenverarbeitung.....	4
2.3 Daten zum Verkehrsaufkommen.....	5
3 Ergebnisse und Auswertung.....	6
3.1 Entwicklungen in Deutschland und Brandenburg im Vergleich.....	6
3.2 Minderungspotenziale und mögliche Trends	8
3.3 Bezug zur Entwicklung von Verkehrsaufkommen.....	11
4 Diskussion und Ausblick	13
4.1 Städtische Hintergrundbelastung	13
4.2 Methodische Potenziale	14
Quellenverzeichnis	16

Soweit keine anderen Quellen angegeben sind, basieren alle Tabellen und Darstellungen dieses Berichts auf Informationen des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.

Abkürzungen

BB	Brandenburg
BRD	Bundesrepublik Deutschland
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
DTVSV	durchschnittliche tägliche Schwerverkehrsstärke
JGW	Jahres-(Immissions-)grenzwert
KBA	Kraftfahrtbundesamt
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
MLUV	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz
MMW	Monatsmittelwert
MUGV	Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß/Determinationskoeffizient
UBA	Umweltbundesamt
VMSt	Verkehrsmessstelle
ZB	Zusatzbelastung

Zusammenfassung

- Auf Basis von Daten aus dem Brandenburger Luftgütemessnetz wird die Belastungssituation mit NO₂ im Zeitraum 2000-2013 im Vergleich zur Bundesrepublik behandelt.
- An verkehrsbezogenen Messstellen wurden wiederholt Überschreitungen des Grenzwerts für das Jahresmittel festgestellt. Vor diesem Hintergrund wurden die jeweiligen Beiträge zum Jahresmittelwert quantifiziert, die aus ländlichem und städtischem Hintergrund sowie Verkehr stammen. Die Analyse erfolgt zunächst im Mittel für gesamt Brandenburg und zudem für ausgewählte Standorte.
- Die Hintergrundbelastung folgt sowohl im ländlichen als auch städtischen Raum Brandenburg insgesamt dem allgemeinen, leicht rückläufigen Trend in Deutschland. Nur beim verkehrsbedingten Zusatzbeitrag zeigt sich im Land eine stärkere Abnahme, als im Mittel der BRD festzustellen ist.
- Wie an Detailauswertungen deutlich gemacht wird, trifft der landesweite Trend jedoch nicht auf die Verkehrsmessstelle in Potsdam zu. Als naheliegende Ursache für unterschiedliche Entwicklungen der verkehrsnahen Immissionssituation wird die Stärke der Verkehrsbelastung vermutet. In Form des durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommens wird diese den NO₂-Jahresmitteln gegenübergestellt. Dabei zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang in Cottbus und Frankfurt (O), in Potsdam fehlt dieser jedoch.
- Abschließend werden mögliche Erklärungen für die beobachteten Ergebnisse zusammengetragen und diskutiert. Daraus werden Möglichkeiten für Folgeuntersuchungen und deren Erkenntnispotenzial abgeleitet.

Abstract

- Brandenburg air quality monitoring data is used to state NO₂ pollution compared to the overall situation in Germany for the period 2000-2013.
- In the light of recurrent exceedance of the 1-year-threshold value, concentration input from rural and urban background as well as traffic sources is calculated as average and also for specific locations.
- Background pollution at rural and urban sites of Brandenburg enhanced slightly by the years beside the general German development. Primarily at traffic stations a cutback of the additional burden can be determined, which is even more intense than the average decline over Germany in this station type.
- A more detailed view reveals, that the traffic-related measurement in Potsdam does not coincide with the countrywide trend. An educated guess for announcing divergences in immission pressure at traffic sites is a corresponding divergence of the amount of transportation. For this reason averaged daily traffic volumes are analysed and compared to the history of yearly averaged values of NO₂. It becomes apparent, that a clear correlation of the collections exists in Cottbus and Frankfurt (O) while it is missing in Potsdam.
- Finally possible explanations for these results are assembled and discussed in order to deduce options and capabilities for future studies.

1 Anlass und Einführung

Zur Minimierung schädlicher Auswirkungen von Luftverschmutzungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt wurden sowohl die Überwachung und Bewertung der Luftqualität als auch „angemessene“ Ziele für die Luftqualität zusammenfassend in der „Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ [10] festgelegt. Für Stickstoffdioxid (NO₂) sind ein Stundengrenzwert (200 µg/m³ nicht öfter als 18 Überschreitungen im Kalenderjahr) sowie ein Grenzwert für den Jahresmittelwert (JGW, 40 µg/m³) verbindlich [1] definiert und mit der 39. BImSchV in deutsches Recht umgesetzt worden.

Zweifelloos wird die Öffentlichkeit durch Artikel in der Tagespresse [8] und regelmäßig auch Auswertungen des Umweltbundesamtes (UBA) [23]; [24] auf die deutschlandweiten Schwierigkeiten bei der Einhaltung des seit 01.01.2010 gültigen JGW aufmerksam gemacht. Demnach werden seit 2009 für jeweils deutlich mehr als 60% aller verkehrsnahen Messstationen Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ ermittelt. Bei Betrachtung aller Stationen stieg der Anteil derer mit Überschreitungen im Zeitraum 2009 – 2011 sogar von 32% auf 35% an [5].

Die Bundesrepublik Deutschland hat die Möglichkeit einer Fristverlängerung für die Einhaltung des Grenzwertes bei der Europäischen Kommission wahrgenommen [20]. Für das Brandenburger Überschreitungsgebiet wurde der beantragten Verlängerung bis 2015 zugestimmt [9]. Bedingung hierfür war die Annahme und anschließende Mitteilung der bis dahin bereits gemeldeten Luftreinhaltepläne (LRP) an die Kommission sowie eine Genehmigungspflicht für jede vorgesehene Änderung des Gebietszuschnitts.

Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Studie die aktuellen Verhältnisse im Land Brandenburg dargelegt und im Vergleich zur gesamtdeutschen Situation ausgewertet. Zudem soll mit Hinblick auf den Ablauf der durch die EU-Kommission gewährten Fristverlängerung eine Einschätzung zur zukünftigen Entwicklung der NO₂-Immissionen unter Implikation der verkehrsbezogenen Emissionssituation gegeben werden. Datengrundlage bilden hauptsächlich die Messwerte der telemetrischen Messstellen im automatischen stationären Luftgütemessnetz Brandenburg (TELUB), welches durch LUGV/T4 betrieben wird.

Zudem wurden Verkehrsdaten verwendet, die in regelmäßig stattfindenden Zählkampagnen erhoben werden.



Abb. 1: Oben – Verkehrssituation am Messcontainer in Potsdam, Zeppelinstr. (11/2011); Mitte – Lage der Hintergrundstation Hasenholz (08/2013); Unten – Messstation Cottbus, Bahnhofstr. nach der Umgestaltung der Verkehrsführung (09/2013)
[Fotos: LUGV/T4]

2 Ausgangssituation und Methodik

Zunächst wird die bezüglich Überschreitungen des JGW kritische Situation an den Brandenburger Verkehrsmessstellen (VMSt) erläutert, es folgen methodische Aspekte der Arbeit.

2.1 Sachlage zur NO₂-Belastung

Der NO₂-Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel wird an den ländlichen und städtischen Hintergrundstationen des Landes Brandenburg problemlos eingehalten [18]. An mehreren VMSt treten jedoch seit Jahren wiederholt Überschreitungen auf (vgl. Abb. 2). Nachdem diese über längere Zeit in Cottbus, Frankfurt (O), Brandenburg sowie Potsdam zu verzeichnen waren, werden seit 2011 nur noch in der Landeshauptstadt überhöhte Werte gemessen. Hier wurde 2007 an der Station Großbeerenstr. mit 56 µg/m³ auch der höchste Jahresmittelwert des Untersuchungszeitraums ermittelt. An den VMSt in Bernau, Eberswalde sowie Nauen wurden fast ausschließlich Mittelwerte zwischen 20 µg/m³ und 30 µg/m³ bestimmt.

An der Station in der Neuendorfer Str. in Brandenburg a.d.H. ist eine vergleichsweise starke Dynamik der Stickstoffdioxidbelastung mit zeitweisen Grenzwertüberschreitungen festzustellen, die mit diversen Baumaßnahmen einhergeht. Die Jahresmittelwerte der Potsdamer VMSt liegen hingegen beinahe kontinuierlich über 40 µg/m³. Frankfurt (O), Leipziger Str. ist die einzige Messstelle mit einem belegbar nachhaltigen Rückgang unter den Grenzwert innerhalb der Untersuchungsperiode. Eine Abnahmetendenz ist auch in der Cottbuser Bahnhofstr. deutlich. Die Nachhaltigkeit dieses Trends – nach Wiederinbetriebnahme¹ der dortigen Station im Anschluss an die umfangreiche Umgestaltung des Verkehrsraums – wird anhand der folgenden Jahresmittel zu überprüfen sein.

¹ Die Station Cottbus, Bahnhofstraße war aufgrund von Baumaßnahmen vom 03.05.2011 bis 23.09.2012 außer Betrieb. Seit 2011 wurde stattdessen Cottbus, W.-Külz-Str. als VMSt herangezogen.

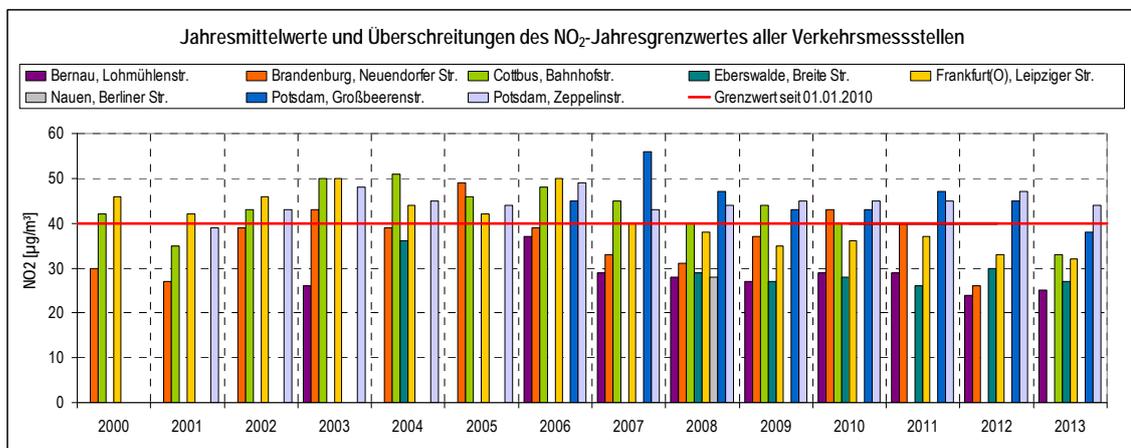


Abb. 2: Jahresmittelwerte und Überschreitungen des NO₂-Jahresgrenzwertes aller Verkehrsmessstationen seit dem Jahr 2000 [LUGV/T4]

2.2 Stationsauswahl und Datenverarbeitung

Als Wertebasis für alle Auswertungen wurden die für die EU-Meldung geforderten 1h-Mittelwerte herangezogen. Berechnungsvorschriften und Gültigkeitskriterien für verwendete Zeitraummittel sind entsprechend [10] Anhang XI A. berücksichtigt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden die zu verwendenden Messstationen in Anlehnung an die vom Umweltbundesamt in [24] verwendeten Kriterien ausgewählt:

- Verfügbarkeit und Gültigkeit von mindestens 8 der 14 JMW im Zeitraum 2000 – 2013
- Aktivierte Meldung für die EU-Berichterstattung in der UBA-Stationsdatenbank [25]

Zudem erfolgte im Rahmen der Betrachtungen (ebenfalls analog zu [24]) die Aggregation der Stationen und entsprechende Mittelwertbildung in den Kategorien „verkehrsnahe“, „städtischer Hintergrund“

und „ländlicher Hintergrund“. Die beiden Erstgenannten umfassen dabei auch Messstellen der Typisierung „vorstädtisch verkehrsnah“ sowie „vorstädtischer Hintergrund“. Bis zum Jahr 2000 bildeten die Stationen Waldsiefersdorf und Burg den ländlichen Hintergrund ab, wurden dann im Messnetz von den vergleichbaren Messstellen Hasenholz bzw. Spreewald ersetzt. In Tab. 1 sind die verwendeten Messreihen dokumentiert. Für die Gegenüberstellung mit Verkehrsstärken wurden für ausgewählte Standorte Teilbeträge zu deren Gesamtbelastung ermittelt. Die

Methode bietet den Vorteil, dass regional und zeitlich schwankende Vorbelastungen weitgehend eliminiert werden. Die Berechnung erfolgte in Anlehnung an die häufig verwendete, sogenannte Quellenzuordnung nach LENSCHOW [16], d.h. durch die Bildung von Differenzen. Dabei wird modellhaft unterstellt, dass sich auch die gemessene NO₂-Konzentration, z.B. an einer hoch belasteten VMSt, anteilig aus ländlicher Hintergrundbelastung, städtischem Zusatzbeitrag und der standortbedingten Zusatzbelastung zusammensetzt.

Tab. 1: Übersicht zu den verwendeten Stationen und Zeitreihen

Messstelle	Stationscode	Stationsklasse	Anzahl Jahre
Brandenburg an der Havel	DEBB055	städtischer Hintergrund	12
Brandenburg, Neuendorfer Straße	DEBB049	verkehrsnah	13
Burg	DEBB001	ländlicher Hintergrund	1
Cottbus	DEBB064	städtischer Hintergrund	11
Cottbus, Bahnhofstraße	DEBB044	verkehrsnah	12
Frankfurt (Oder)	DEBB042	städtischer Hintergrund	14
Frankfurt (O), Leipziger Straße	DEBB045	verkehrsnah	14
Hasenholz (Buckow)	DEBB053	ländlicher Hintergrund	13
Lütte (Belzig)	DEBB065	ländlicher Hintergrund	13
Nauen	DEBB067	städtischer Hintergrund	10
Neuruppin	DEBB048	städtischer Hintergrund	14
Potsdam, Zeppelinstraße	DEBB054	verkehrsnah	13
Potsdam-Zentrum	DEBB021	städtischer Hintergrund	14
Spreewald	DEBB066	ländlicher Hintergrund	11
Waldsiefersdorf	DEBB051	ländlicher Hintergrund	1
Wittenberge	DEBB063	städtischer Hintergrund	11

2.3 Daten zum Verkehrsaufkommen

Konzentrationen an Verkehrsstandorten sind zusätzlich zur Vorbelastung auch abhängig von klimatischen und luftchemischen Einflüssen, lokaler Bebauungsstruktur und vor allem den Emissionen des Straßenverkehrs selbst. Zu den verkehrsbedingten Einflussfaktoren gehören fahrzeugtechnische Aspekte (Abgasaufbereitung), Flottenzusammensetzung (Anteile von Diesel-/Otto-Kfz, Schadstoffemissionsklassen etc.), Verkehrsfluss sowie die Menge des Fahrzeugaufkommens. Letzteres wurde als Indikator in die Betrachtungen zu den VMSt einbezogen. LUGV/T4 führt regelmäßig Verkehrszählungen durch, die bei LUGV/T3 auf Basis des Regelwerks HBS 2001 [11] in durchschnittliche tägliche Gesamt-Kfz- (DTV) bzw.

Schwerverkehrsstärken (DTV_{sv}) transformiert werden. Die Entwicklung dieser mittleren Werte (in Kfz/d) wird auf einen Zusammenhang mit der mittleren, standortspezifisch berechneten, verkehrsbedingten NO₂-Zusatzbelastung hin getestet. Zwar können Schlussfolgerungen aufgrund der geringen temporalen Datenauflösung (Jahreswerte) nicht als statistisch abgesichert betrachtet werden, es lassen sich jedoch erste Aussagen oder mögliche Entwicklungen darstellen.

Weitere Betrachtungen erfolgen auf Basis von Pendlerzahlen und Stadtstrukturdaten, die Länder- und Bundesstatistiken entnommen wurden. Zur Verwendung kamen jeweils Mittelwerte der Jahre 2008-2012.

3 Ergebnisse und Auswertung

Im vorliegenden Abschnitt werden zunächst die Resultate für Brandenburg im Vergleich zur gesamtdeutschen Situation betrachtet. Nach Abschätzung möglicher Minderungspotenziale und Entwicklungen werden Situation und Zusammenhänge an ausgewählten Verkehrsstandorten fokussiert.

3.1 Entwicklungen in Deutschland und Brandenburg im Vergleich

Anhand der Daten lässt sich für Brandenburg eine ähnliche Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte (JMW) feststellen, wie sie für Deutschland insgesamt bereits dokumentiert wurde (Abb. 3). Insgesamt findet ein allmählicher Rückgang der Belastung statt, der in höher belasteten Regionen stärker als im ländlichen Hintergrund ist. Letzterer sank im bundesdeutschen Mittel von 12 µg/m³ zu Beginn der 2000er Jahre auf zuletzt leicht unter 10 µg/m³. In Brandenburg ist das ländliche Hintergrundniveau etwas niedriger und liegt seit 2007 stabil bei rund 9 µg/m³.

Deutliche Unterschiede der NO₂-Konzentrationen zeigen sich im städtischen Gebiet. Der brandenburgisch-städtische Hintergrund liegt dauerhaft ≥7 µg/m³ unter dem deutschen Hintergrund, während von 2000

bis 2013 jeweils ein Rückgang um 4 µg/m³ stattfand. Zuletzt wurden JMW der entsprechenden Stationencluster von 22 µg/m³ (D) bzw. 14 (BB) µg/m³ ermittelt. Fast das Doppelte dieser Belastung liegt an verkehrsnahen Messstellen vor. In dieser Gruppe wurden über den Untersuchungszeitraum die größten Schwankungen registriert. Während die bundesweiten JMW bis 2006 deutlich über dem heute gültigen Grenzwert lagen, wurde dieser in Brandenburg 2000 und 2001 zunächst unterschritten. Erst seit 2003 folgen die Werte hier dem verbreitet hohen Niveau. Nach 2005 findet eine Entkopplung der Kurven statt: In Brandenburg war die mittlere verkehrsnahen NO₂-Belastung nach 2007 auf ein Level unter dem Grenzwert für das Jahresmittel zurückgegangen. Dieser gilt seit 01.01.2010 und wird seither im Landesmittel unterschritten, einzelne VMSt bereiten jedoch bis zuletzt Probleme. Der deutsche verkehrsnahen JMW sinkt zwar insgesamt ebenfalls wieder allmählich, liegt jedoch nach dem deutlichen Anstieg von 44 µg/m³ (2004) auf 50 µg/m³ (2006) immer noch klar über dem Grenzwert. Bemerkenswert ist das stufenförmige Abfallen der Brandenburger Werte ab 2006 bzw. 2011.

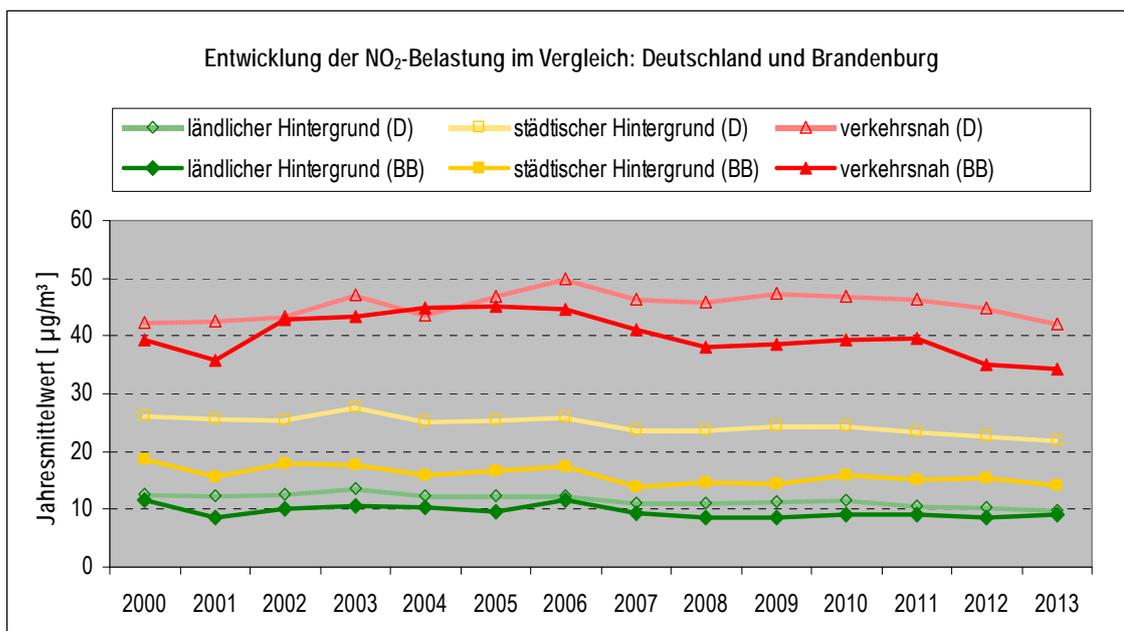


Abb. 3: Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte für Deutschland [24] und Brandenburg [LUGV/T4] im Zeitverlauf, klassifiziert (arithmetisches Mittel der jeweiligen Stationen, die an EU gemeldet sind und für die mindestens acht gültige JMW vorliegen)

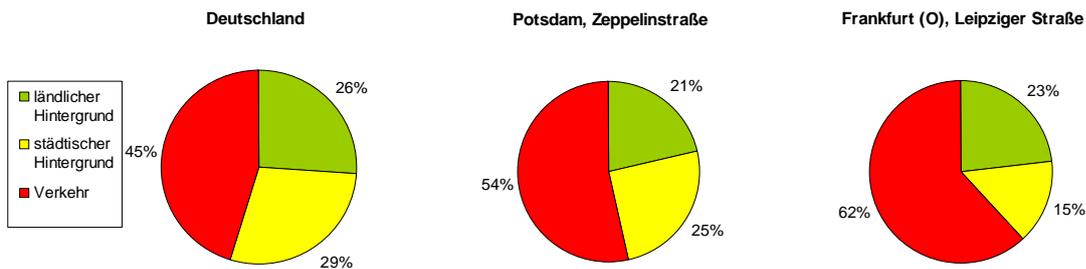


Abb. 4: Mittlere Anteile der Quellregime an der verkehrsnahen Gesamtbelastung für den Zeitraum 2000 2013 im Vergleich: Deutschland [24] und ausgewählte Brandenburger Verkehrsstandorte [LUGV/T4]

Bei Aggregation über den gesamten Untersuchungszeitraum zeigt sich, dass die Beiträge der Quellregime zur Gesamtbelastung im Verkehrsbereich von denen im Bundesschnitt abweichen. Wie der exemplarische Vergleich in Abb. 4 deutlich macht, haben deutschlandweit im Schnitt 45% der NO₂-Immissionen an Hotspots einen Verkehrsbezug. An der Messstelle Potsdam, Zeppelinstr. ist dieser Anteil mit 54% deutlich höher, für die Leipziger Str. in Frankfurt (O) werden sogar 62% ermittelt. Dementsprechend niedriger fällt der städtische Hintergrund (ländlicher Hintergrund plus städtische Zusatzbelastung) an Brandenburger Verkehrsstandorten aus.

Betrachtet man die jeweiligen Einzelbeiträge im Zeitverlauf und in absoluten Zahlen, stellt sich die Lage wie folgt dar (Abb. 5). Deutschlandweit sind die mittleren Konzentrationsbeiträge des ländlichen und des städtischen Hintergrunds etwa gleich hoch und seit dem Jahr 2000 leicht auf ein Jahresmittel von 10 µg/m³ bzw. 12 µg/m³ zurückgegangen. Die Zusatzbelastungen (ZB) durch Straßenverkehr liegen permanent deutlich über 15 µg/m³, erreichten 2006 ihr Maximum (24 µg/m³) und gehen seitdem wieder allmählich zurück auf derzeit 20 µg/m³.

Der gemittelte ländliche Hintergrund in Brandenburg zeigt seit mehreren Jahren Konzentrationen stabil unter 10 µg/m³. Die urbanen Zusatzbelastungen der untersuchten Städte unterscheiden sich deutlich. Für Potsdam wird als städtischer Hintergrund ein Aufschlag von zumeist ≥10 µg/m³ berechnet, während sich in Cottbus und Frankfurt (O) nur 5 µg/m³ bis <10 µg/m³ ergeben. Die jeweiligen verkehrsbedingten Zusatzbelastungen in Städten Brandenburgs sind gegenüber Deutschland deutlich überdurchschnittlich und zeigen uneinheitliche Trends. Für die Potsdamer Zeppelinstr. war der Beitrag des Verkehrs im Jahr

2012 infolge des längeren Anstiegs um ein Drittel gegenüber 2001 erhöht (von 21 µg/m³ auf 28 µg/m³), ging jedoch zuletzt wieder auf das Niveau von 2007 bis 2010 zurück. Im selben Zeitraum konnte an der VMSt Frankfurt (O), Leipziger Str. ein Rückgang von 27 auf 19 µg/m³ (-30%) verzeichnet werden, auch wenn in den Jahren 2003 und 2006 im Jahresmittel noch Spitzen des Mittelwertes bei über 30 µg/m³ quantifiziert wurden. Für Cottbus liegen weniger umfangreiche Daten vor. Die Lücken ergeben sich, da die hier verwendete Messstelle des städtischen Hintergrunds erst Ende 2002 in Betrieb genommen wurde und aufgrund von längeren Bauarbeiten für die Jahre 2011 und 2012 keine zur Berechnung nötigen Werte für die VMSt in der Bahnhofstr. vorliegen. Jedoch lässt sich dort bereits von 2003 bis 2010 zweifellos ein deutlicher Rückgang der verkehrsbedingten Zusatzbelastungen von 32 µg/m³ auf 22 µg/m³ (-31%) feststellen. Nach Abschluss der Umgestaltung der Bahnhofstr. sank der Zusatzbeitrag 2013 weiter und es ergibt sich zu demselben Basisjahr sogar eine Abnahme um 44%.

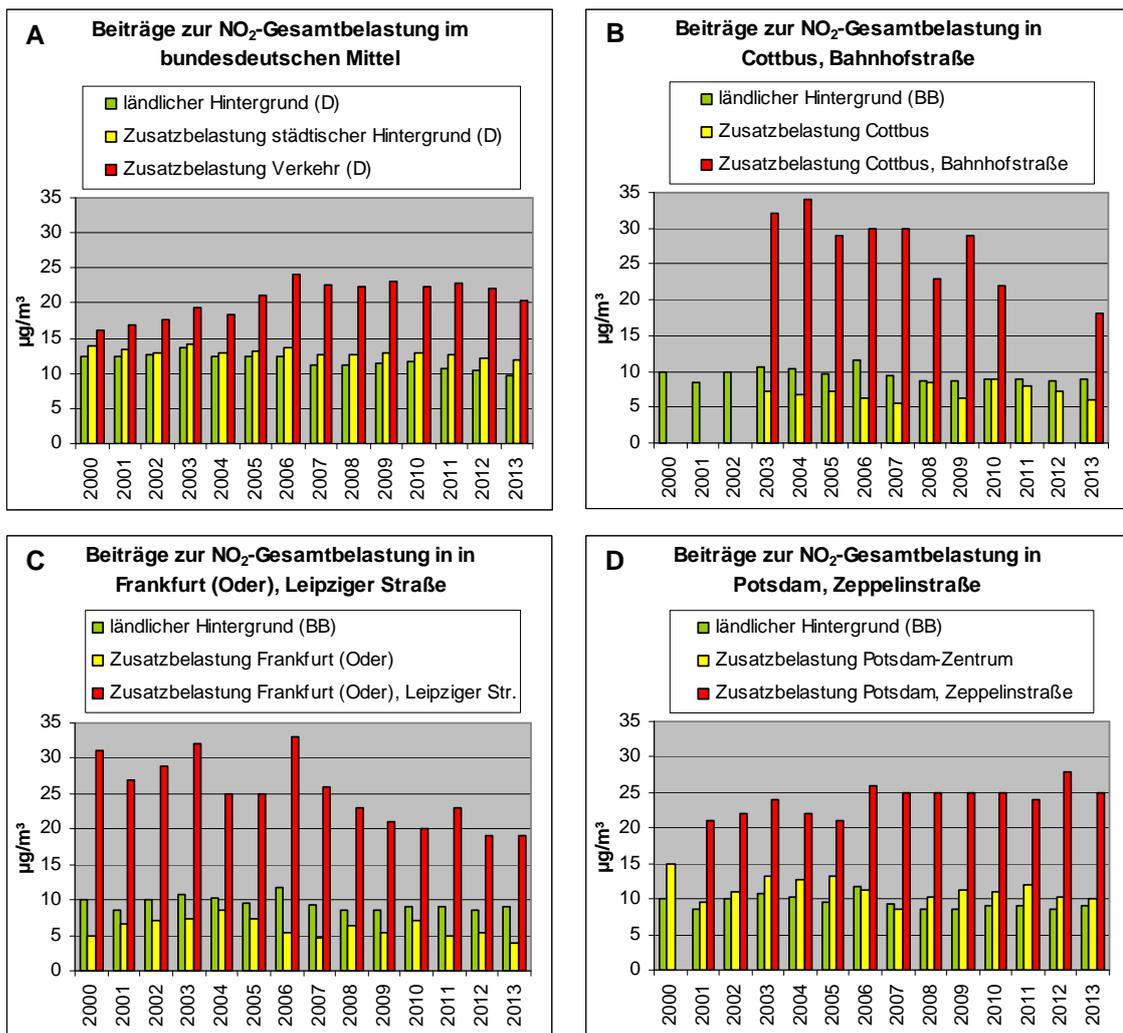


Abb. 5: Gegenüberstellung der absoluten Beiträge zur NO₂-Belastung

A – im Mittel aller VMSt in Deutschland, [24],

B – an der VMSt Cottbus, Bahnhofstraße,

C – an der VMSt Frankfurt (O), Leipziger Straße,

D – an der VMSt Potsdam, Zeppelinstraße [alle LUGV/T4]

Die verkehrsbedingte Zusatzbelastung ergibt sich jeweils aus den gemessenen Werten der VMSt abzüglich des zugehörigen städtischen Hintergrundes. Der städtische Zusatzbetrag wurde als Differenz aus städtischer Hintergrundmessstelle und dem ländlichen Brandenburger Hintergrund berechnet (fehlende Säulen: keine Daten bzw. Berechnung nicht möglich).

3.2 Minderungspotenziale und mögliche Trends

Im Vergleich zum bundesdeutschen Mittel sind die NO₂-Konzentrationen im regionalen Hintergrund Brandenburgs unterdurchschnittlich und die städtische Zusatzbelastung >25% niedriger. Gleichzeitig sind die Gesamtbelastungen an den untersuchten und von Grenzwertüberschreitungen betroffenen VMSt zeitweise auf ebenso hohem Niveau, wie der Durchschnitt aller deutschen Verkehrsstandorte. Die Betrachtung der Teilbeiträge zeigt, dass die verkehrsbedingte

Zusatzbelastung sehr häufig so stark ist, wie die regionale und städtische Grundbelastung zusammen genommen ergeben. Durch dieses Verhältnis wird deutlich, dass Minderungspotenziale für die zukünftige Einhaltung des Grenzwerts ungleich gelagert sind. Je größer der jeweilige Teilbeitrag zur Spitzenbelastung an der VMSt ist, umso stärker käme dessen prozentuale Verringerung für eine Immissionsabsenkung zum Tragen.

Das wird auch aus Abb. 6 deutlich, wo eine mittlere Verlaufskurve für die Quellenregime auf Basis von NO₂-Monatsmittelwerten der letzten elf Jahre dargestellt ist. Zudem ist die Spannweite innerhalb der Stationsart und -umgebung sowie ein Trend verzeichnet. Dieser wird anhand der Daten in die Zukunft projiziert und deutet unter der Prämisse einer linearen Entwicklung ein zu erwartendes Niveau für 2015 an. Über den gesamten Betrachtungszeitraum ist ein Rückgang der ländlichen Grundbelastung um 2 µg/m³ und des städtischen Hintergrunds um 4 µg/m³ zu verzeichnen. Die Spannweite zwischen den Stationen dieser beiden Gruppen nimmt im Zeitverlauf ab.

Diese Angleichung auf ähnlichem Niveau legt die Vermutung nahe, dass eventuelle Minderungspotenziale nahezu ausgeschöpft sein könnten. Jedenfalls würde eine Abnahme an ehemals stärker belasteten Orten bei andernorts gleichbleibenden (nur noch schwierig zu vermindern) Immissionen den beschriebenen Effekt haben. Für den betrachteten Zeithorizont ist bzgl. der Hintergrundmessstellen weiterhin nicht mit Überschreitung des JGW zu rechnen. Bei den Stationen dieser Art liegen alle Monatsmittel – inklusive winterliche Spitzen – bereits ausnahmslos unterhalb 40 µg/m³.

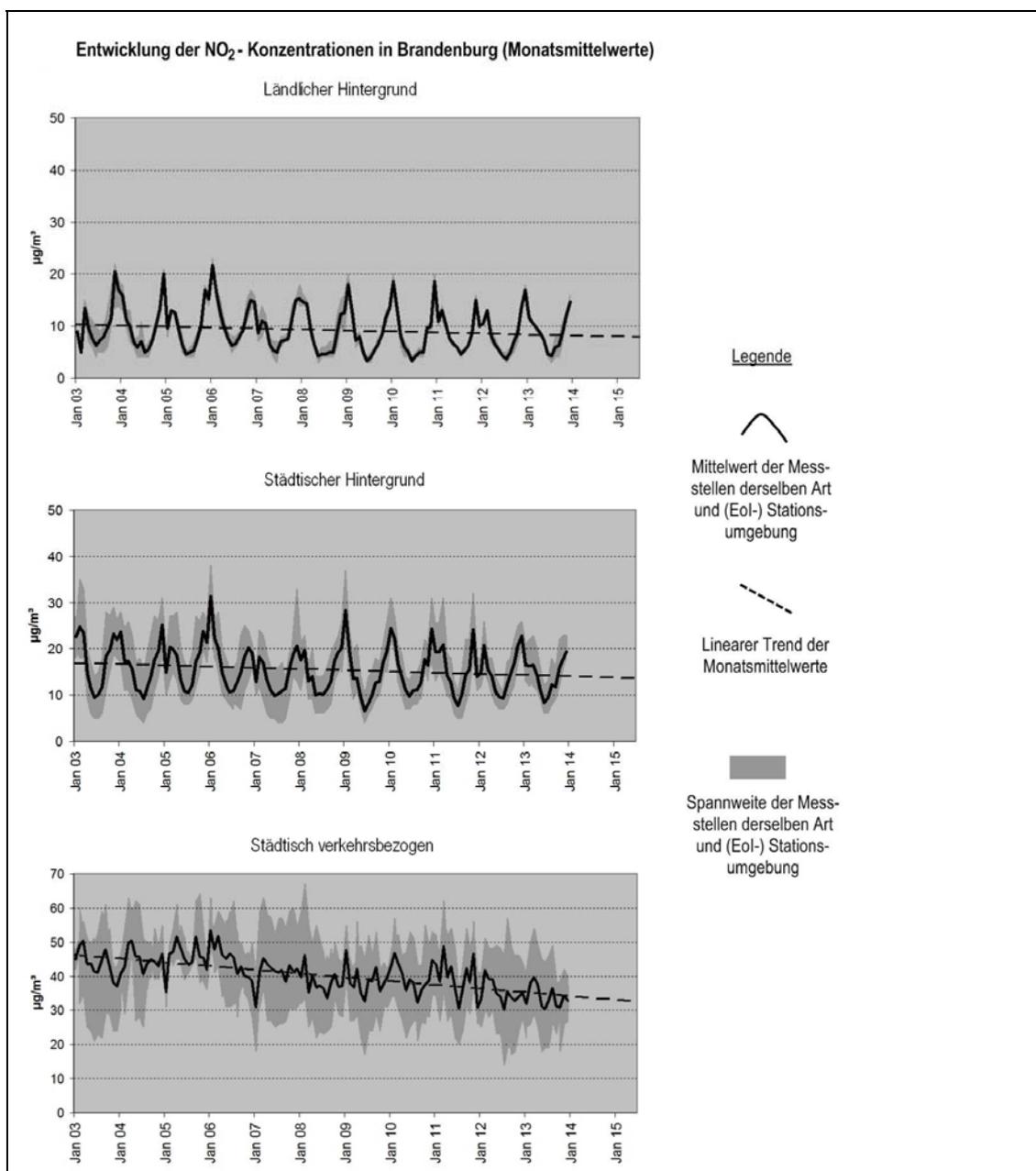
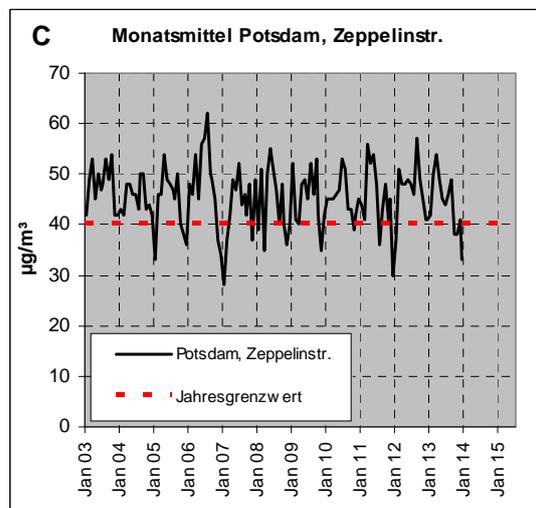
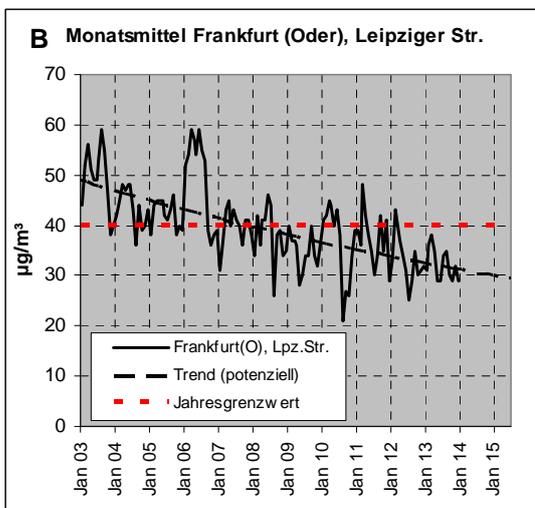
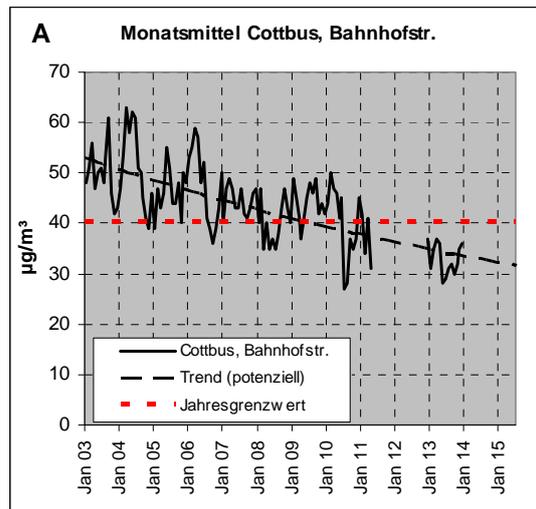


Abb. 6: Mittlerer Verlauf, Spannweite und Trends der NO₂-Konzentrationen auf Basis von Monatsmitteln

Ein abweichendes Bild zeigt sich für die VMSt. Hier wird im Mittel eine Abnahme der Stickstoffdioxidbelastung von ca. 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen. Die Spannweite verringerte sich bis Anfang 2006 zunächst, nahm danach allerdings wieder deutlich zu. Dies legt nahe, dass die Trends für einzelne Standorte deutlich divergieren könnten. Eine differenzierte Bewertung erlauben die Darstellungen in Abb. 7, welche die Verläufe der Monatsmittelwerte für ausgesuchte VMSt wiedergeben. 2003 liegt das mittlere Niveau der Werte in der Cottbuser Bahnhofstr. und der Leipziger Str. in Frankfurt (O) bei ca. 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in der Potsdamer Zeppelinstr. etwas niedriger (vgl. auch die JMW in Abb. 3). Die Berechnung eines potenziellen Trends zeigt für das Jahr 2015 in Cottbus und Frankfurt (O)

einen Rückgang auf im Schnitt etwas über 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei die beobachteten Werte vor allem in Cottbus scheinbar stufenweise abnehmen. Seit 2011 überschreiten nur noch wenige Monatsmittel die 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sodass der Grenzwert für das Jahresmittel in beiden Städten voraussichtlich problemlos eingehalten werden kann. An der Station Potsdam, Zeppelinstr. ist jedoch keine nennenswerte Verbesserung der Belastungssituation vorhersagbar, denn ein klar gerichteter Trend kann nicht verzeichnet werden. Ohne zusätzliche Impulse werden wahrscheinlich auch im Zieljahr 2015 zahlreiche MMW über 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen und die Einhaltung des JGW diffizil bleiben.

Abb. 7: NO_2 -Monatsmittelwerte ausgewählter VMSt im zeitlichen Verlauf und potenzieller Trend des Wertenniveaus bis zum Auslaufen der Fristverlängerung zur Einhaltung des JMW zum Jahr 2015
 A – Cottbus, Bahnhofstraße
 B – Frankfurt (O), Leipziger Straße
 C – Potsdam, Zeppelinstraße
 [LUGV/T4]



3.3 Bezug zur Entwicklung von Verkehrsaufkommen

Auf Seite 12 wird die Entwicklung der Verkehrsaufkommen in Verbindung mit der verkehrsbedingten Zusatzbelastung (ZB) im Zeitraum 2000 bis 2013 dargestellt. In der Cottbuser Bahnhofstr. (Abb. 8) erfolgte bis 2011 zunächst ein allmählicher Rückgang des Gesamtverkehrs um ein Drittel auf 18.937 Kfz/d. Der Schwerverkehr ging um 40% zurück. Aufgrund von umfangreichen Baumaßnahmen im Zusammenhang mit dem Luftreinhalteplan [21] konnten 2011/12 teilweise keine Konzentrations- bzw. Verkehrsdaten erhoben werden. Im Folgejahr wurde ein weiterer Rückgang der Verkehrsmengen erfasst, sodass über die Betrachtungsperiode insgesamt eine Halbierung stattfand, beim Schwerverkehr sogar ein Rückgang um 73%.

Die Verkehrszählungen nahe der Luftgütemessstation Frankfurt (O), Leipziger Straße fanden lückenlos statt. Das Anfangsniveau (32.960 Kfz/d in 2000) ist vergleichbar mit dem der Landeshauptstadt. Seither ist ein Abwärtstrend abzulesen, sodass seit 2010 durchgängig DTV-Werte unter 25.000 Kfz/d zu verzeichnen sind. Die relative Abnahme der Verkehrsmengen ist nicht ganz so stark, wie in Cottbus, jedoch mit -32% (DTV) bzw. -66% (DTV_{SV}) durchaus beachtlich.

Die Verkehrsbelegung in der Potsdamer Zeppelinstr. stieg in den ersten Jahren des Untersuchungszeitraums zunächst bis auf maximal 32.811 Kfz/d (2004) an, ging dann nach und nach zurück und stabilisierte sich seit 2008 auf einem Niveau um 27.000 Kfz/d. Der Rückgang seit dem Jahr 2000 ist für den Gesamtverkehr mit -15% und für den Schwerverkehr mit -48% zu beziffern, mit dem Jahr des DTV-Maximums (2004) als Referenz wären es -21% bzw. -39%. Für 2013 wurde mit 26.074 Kfz/Tag der niedrigste Wert seit acht Jahren ermittelt.

In den drei betrachteten Straßen korreliert die Stärke des Schwerverkehrs gut mit der des restlichen Verkehrsaufkommens² ($r = 0,73 \dots 0,82$). Zusätzlich ging der Schwerverkehrsanteil messbar zurück. Lag er in den ersten Jahren bei 5 – 7%, so bewegt er sich in jüngerer Zeit im Mittel um 3,5%.

In den Diagrammen sind außerdem die verkehrsnahen NO₂-Zusatzbelastungen eingetragen. Wie bereits

erwähnt hängen diese unter anderem mit dem Verkehrsaufkommen zusammen. Die XY-Plots für diese beiden Parameter (Abb. 8 – Abb. 10, rechts) verdeutlichen die angegebenen statistischen Korrelationen. Der ausgewiesene Determinationskoeffizient R² gibt in erster Näherung den Anteil der Varianz des DTV an der Streuung der Zusatzbelastung an, was unter Zugrundelegung einer linearen Abhängigkeit gilt. In Cottbus und Frankfurt (O) wird dieser Einfluss demnach auf 86% bzw. 67% geschätzt, was bereits anhand der ähnlichen Werteverläufe vermutet werden konnte. Eine jüngere Studie [6] prognostizierte für diese Standorte eine abnehmende Tendenz der NO₂-Jahresmittel aufgrund von rückläufigen Verkehrsstärken und gleichzeitig veränderter Flottenzusammensetzung. Die vorliegenden Daten bestätigen diese Einschätzung. Besonders in Cottbus hat sich, zunächst im ersten Jahr nach Abschluss der Baumaßnahmen eine weiteren Absenkung durch die veränderte Verkehrssituation gezeigt.

An der VMSt Zeppelinstr. in Potsdam ist kein signifikanter Zusammenhang von verkehrsnaher Zusatzbelastung und DTV zu messen. Im Plot (Abb. 10, rechts) zeigt sich ein Cluster ohne eindeutigen Trend. Jedoch kann anhand der Zeitreihe festgestellt werden, dass der DTV gegenüber den Jahren nach der Jahrtausendwende insgesamt ein niedrigeres Niveau aufweist, die absolute Zusatzbelastung hingegen ein höheres. Seit 2008 bleiben beide etwa auf konstantem Level. Diese Entwicklung ist differenziert zu diskutieren: Den gutachterlichen Erwartungen aus [6] entsprechend wurde der Grenzwert 2010 in der Tat nicht eingehalten, entgegen der Prognose hat sich seither zudem auch keine eindeutige Abnahme der NO₂-Konzentrationen eingestellt.

² Aus diesem Grund wurde auf weitere Abbildungen explizit zum Schwerverkehr verzichtet.

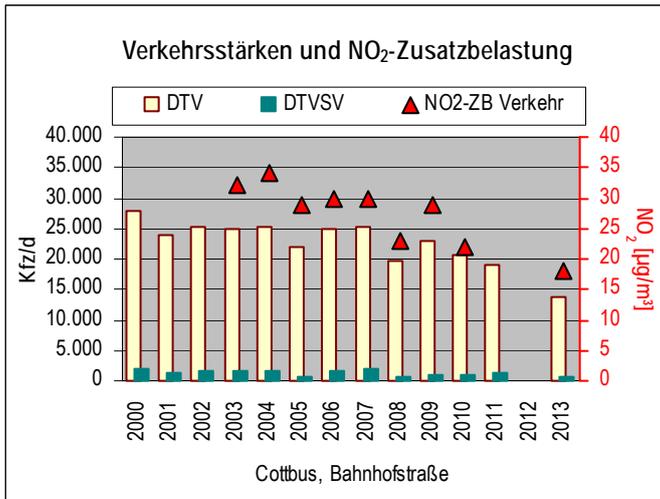


Abb. 8: links – DTV, DTV_{SV} und NO₂-ZB an der VMSt Cottbus, Bahnhofstr.; unten – Zusammenhang DTV*ZB, r = 0,92 [LUGV/T3-T4]

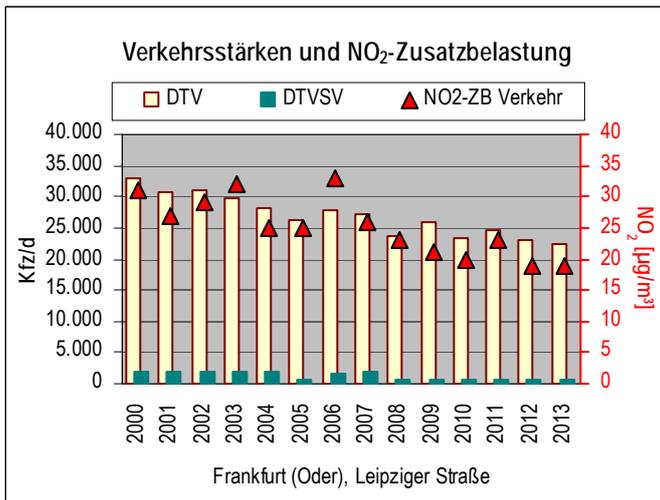
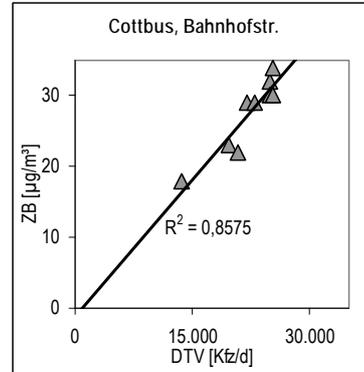


Abb. 9: links – DTV, DTV_{SV} und NO₂-ZB an der VMSt Frankfurt (O), Leipziger Str.; unten – Zusammenhang DTV*ZB, r = 0,83 [LUGV/T3-T4]

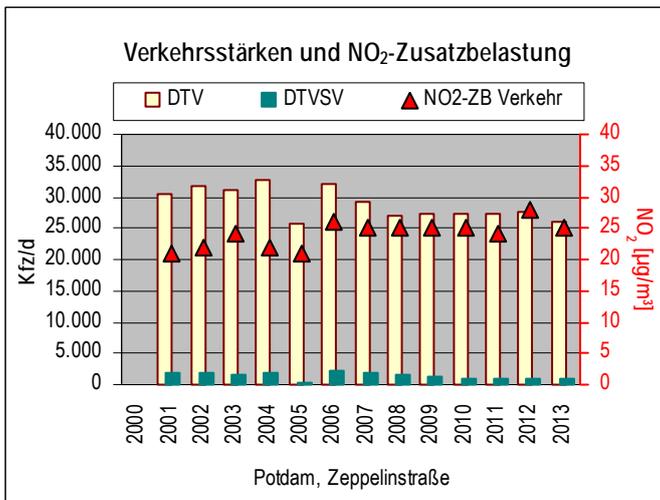
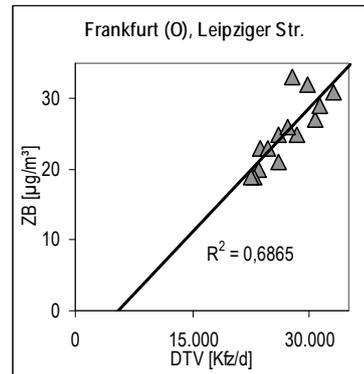
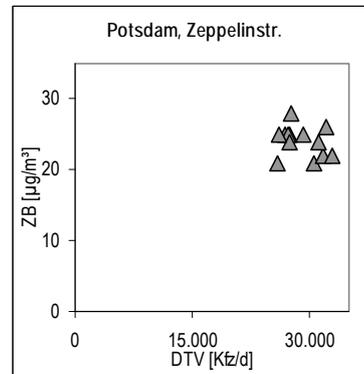


Abb. 10: links – DTV, DTV_{SV} und NO₂-ZB an der VMSt Potsdam, Zeppelinstr.; unten – Zusammenhang DTV*ZB, r = -0,26 [LUGV/T3-T4]



4 Diskussion und Ausblick

Die NO₂-Konzentrationen sind generell stark durch lokale Quellen bestimmt, in Ballungsräumen ist vor allem der Verkehr entscheidend [24]. Für den hoch belasteten Standort Zeppelinstr. in Potsdam wurden in den Abschnitten 3.2 und 3.3 deutliche Unterschiede im Vergleich zu den beiden ostbrandenburgischen Städten Frankfurt (O) und Cottbus festgestellt. Einerseits zeigt sich eine unterschiedliche zeitliche Entwicklung der Konzentrationen, andererseits ist auch der Zusammenhang mit Verkehrsstärken verschieden. Mögliche Ursachen hierfür und diverse Einflussfaktoren sollen im Folgenden diskutiert werden.

4.1 Städtische Hintergrundbelastung

Grundlegend kommen die in den Städten unterschiedlichen Beiträge zur Gesamtbelastung (vgl. Abb. 4) als Erklärungsansatz in Frage. Der in Potsdam vergleichsweise hohe Anteil der städtischen Hintergrundbelastung wird insgesamt von Verkehrsbeiträgen im gesamten Stadtgebiet beeinflusst und kann daher mit stadtstrukturellen Aspekten in Verbindung gebracht werden (Tab. 2), die zur Kumulation und Konzentration von Luftschadstoffen führen. Bei vergleichbarer Flächenausdehnung aller drei Städte weist die Landeshauptstadt die mit Abstand meisten Bewohner auf. Allein durch die erhöhte Bevölkerungsdichte ist mit entsprechend stärkeren Verkehrsströmen und damit Emissionen zu rechnen. Eine weitere Konzentration ergibt sich aus dem vergleichsweise geringen Anteil der Verkehrsfläche. In Bezug auf die Stadtfläche stehen mit 3,3% weniger als die Hälfte dessen zur Verfügung, was Frankfurt (O) und Cottbus aufweisen.



Abb. 11: Kfz als städtische NO_x-Emissionsquelle

Jeder Potsdamer verfügt rein statistisch nur über ca. ein Drittel der Verkehrsfläche, die ein Cottbuser nutzen kann; im Vergleich zum Frankfurter Bürger sogar weniger als ein Viertel (Abb. 12).

Betrachtet man die konkreten Verursacher der Verkehrsemissionen, sollten Pendlerströme einbezogen werden (auch wenn die Zahlen keine Unterscheidung nach Verkehrsmittel ermöglichen, was bzgl. der Emissionen durchaus relevant wäre). Die Daten (Tab. 2) zeigen zunächst, dass alle drei Städte einen positiven Pendlersaldo in der Größenordnung von 12% der Einwohnerzahl aufweisen. Jedoch ist in Potsdam die Zahl der Ein- und Auspendler nicht nur absolut höher, sondern auch relativ zur Einwohnerzahl betrachtet (Abb. 13). Diese Pendlermenge ballt sich

Tab. 2: Bevölkerungs- und Strukturdaten ausgewählter Brandenburger Städte (Mittelwerte 2008 bis 2012)

	Einwohner [22] ³	Einpendler [22]	Pendlersumme ⁴	Pendlersaldo	Gesamtfläche [1] [km ²]	Verkehrsfläche [1] [%]	Verkehrsfläche je Einwohner [m ²]	Verkehrsfläche je Pendler (Summe) [m ²]
Frankfurt (O)	60.351	13.785	19.726	7.844	14,8	7,2	176	537
Cottbus	101.427	22.663	33.983	11.342	16,4	7,4	119	355
Potsdam	155.411	45.399	73.402	17.396	18,5	3,3	40	85

³ verwendet wurde die durchschnittliche Bevölkerung (nicht diejenige am häufig verwendeten Stichtag 31.12.)

⁴ Summe der Ein- und Auspendler

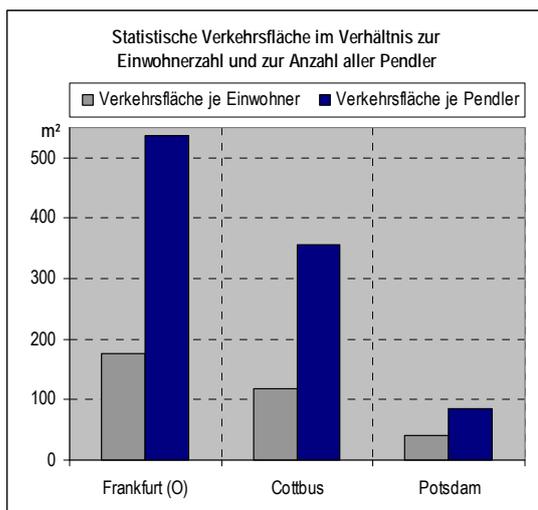


Abb. 12: Verkehrsfläche je Einwohner und je Pendler in Frankfurt (O), Cottbus und Potsdam [1], [22]

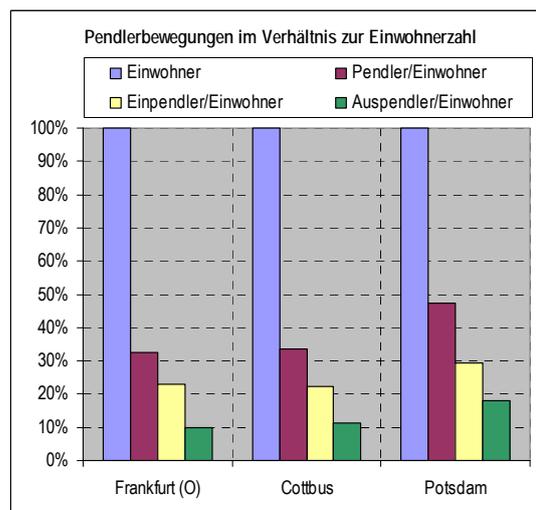


Abb. 13: Pendlerströme in Frankfurt (O), Cottbus und Potsdam im Verhältnis zur Einwohnerzahl [22]

zusätzlich auf vergleichsweise unterdimensioniertem Verkehrsraum (Abb. 12) – mit dementsprechenden Auswirkungen auf Verkehrsdichte und -fluss. Erschwerend hinzu kommt die Havellage der Hauptstadt und die begrenzte Anzahl an Brücken zur Querung des Flusses. In Summe ergibt sich in Potsdam die zeitweise offensichtlich schwierige Emissionssituation und die geschilderten Probleme für den Immissionschutz.

Weiterer differenzierender Einflussfaktor ist die Qualität der Emissionen, im speziellen derjenigen des motorisierten Verkehrs. Die Kenntnis der Emittentenstruktur kann vorteilhaft für weitere Betrachtungen sein. In 2013 wurde durch das LUGV eine Kennzeichenerfassung des fließenden Verkehrs in Potsdam und Cottbus durchgeführt, um die Fahrzeugflottensammensetzung abschätzen zu können. Die Zuordnung der Kennzeichen zum konkreten Fahrzeug erfolgte am Kraftfahrtbundesamt. Die Auswertung der KBA-Daten förderte weitere Erkenntnisse zur Immissionssituation zu Tage.

Hinsichtlich der Fahrzeugklassen sind die Flotten beider Städte nicht grundsätzlich verschieden, was auch frühere Untersuchungen bereits gezeigt hatten. Im Schnitt wurden 85% der Fahrzeuge als Pkw identifiziert, wovon 56% Benzin- und 29% Diesel-Pkw waren. Die verbleibenden Fahrzeuge umfassten leichte Nutzfahrzeuge >3,5t (10%, nahezu ausschließlich Diesel) sowie schwere Nutzfahrzeuge (3%) und Busse (2%). Auch in Bezug auf die erfüllten Abgasstandards sind die Differenzen insgesamt minimal.

Lediglich bei den benzinbetriebenen leichten Nutzfahrzeugen ist der Anteil derjenigen, die Euro 4 oder besser erfüllen, in Cottbus weit höher als in Potsdam. Aufgrund des marginalen Anteils dieser Kfz ist jedoch kein entscheidender Einfluss auf die Belastungssituation anzunehmen.

Die detaillierte Untersuchung in Potsdam ergab zudem, dass der Abgasstandard von Pkw aus Umlandgemeinden im Schnitt besser als derjenige von in der Stadt zugelassenen Autos ist. Andererseits zeichnete sich bei ersteren auch ein höherer Dieselananteil ab (Umland 40%, Stadt 23%). Diesel-Pkw haben im Allgemeinen einen höheren Schadstoffausstoß, für die Einstufung in besserer Schadstoffklassen ist der Einbau eines Partikelfilter erforderlich. Es hat sich jedoch gezeigt (vgl. [3]), dass die NO₂-Primäremission unter Verwendung dieser Technologien technisch bedingt gegenüber schlechteren Schadstoffklassen (Kfz ohne Partikelfilter) ansteigen⁵.

4.2 Methodische Potenziale

Um die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in Bezug auf NO₂ zu effektivieren, wären gerade an VMSt mit schwer abzugrenzenden und zu quantifizierenden Einflussfaktoren zusätzliche Untersuchungen unter nachfolgenden Gesichtspunkten interessant. Die Aussagekraft von Jahresmitteln ist bei Detailanalysen durchaus begrenzt, was im vorlie-

⁵ Neuere Diesel-Pkw mit Partikelfilter bekommen zwar eine bessere Euro-Einstufung, jedoch wird die mit dieser Technik der Abgasbehandlung einhergehende Primäremission von NO₂ bei Euro 4/5 nicht berücksichtigt.

genden Fall sowohl für die Konzentrationen als auch bei den DTV-Zahlen zutrifft. Beispielsweise muss der Verlust jeglicher regelmäßiger Muster (Tageszeit/Jahreszeit) und der darin möglicherweise enthaltenen Informationen hingenommen werden. Es verwundert trotz allem, dass auf der Ebene JMW in der Zeppelinstr. kein Zusammenhang von Verkehrsmenge und Zusatzbelastung nachgewiesen werden konnte. Die Vermutung liegt nahe, dass Einflüsse wie Baugeschehen in Straßennähe, Straßenbaumaßnahmen, Grad der Verstetigung des Verkehrs und tatsächlicher Fahrmodus (Stau, Rückstau, fließender Verkehr) einen nicht unerheblichen Einfluss auf die NO₂-Belastung haben.

Ein anderer Ansatzpunkt ist die Überprüfung der Wirksamkeit der im Luftreinhalteplan für die Stadt Potsdam [12] verankerten „Umweltorientierten Verkehrssteuerung“ u.a. mithilfe von Modellrechnungen, wie sie fortwährend durch die Stadtverwaltung Potsdam durchgeführt wird (z.B. [14], [15]).

Derzeit wird die Zusammenstellung von temporal besser aufgelösten Daten verfolgt, um die Zusammenhänge anhand dieser erneut zu prüfen. Neben der manuellen Abfrage/Verarbeitung von Kurzzeitmittelwerten aus dem TELUB-Messnetz (Schadstoffkonzentrationen und meteorologische Daten) sollen auch Ergebnisse aus automatischen Verkehrserfassungsanlagen verwendet werden, welche von der Stadt Potsdam zur Verfügung gestellt wurden. Mögliche Fragestellungen könnten die Abhängigkeiten der Schadstoffkonzentrationen von bestimmten meteorologischen Konstellationen betreffen. Erforderlich hierfür wäre allerdings ein dauerhafter Parallelbetrieb von verkehrsbezogenen Messstellen mit Verkehrszählgeräten, die Notwendigkeit hierfür wurde aus anderen Gesichtspunkten heraus bereits im Jahr 2010 vom LAI-Ausschuss „Luftqualität/Wirkungsfragen/Verkehr“ [3] festgestellt.

Die Ausführungen im vorliegenden Bericht spiegeln den Stand der Daten und die Einschätzungen nach Abschluss des Messjahres 2013 wider. Aktualisierte Auswertungen, die sich aus der Fortführung der Messungen und/oder weiteren Analysen ergeben, sollen weiterhin zeitnah in angemessener Form veröffentlicht werden.

Quellenverzeichnis

- [1] AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG (Hrsg.), 2008-2013: Statistisches Jahrbuch Brandenburg, verfügbar unter https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/produkte/produkte_jahrbuch.asp (Abruf am 08.04.2014).
- [2] AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION (AbIEU) C83/172 vom 30.03.2010, verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUri-Serv.do?uri=OJ:C:2010:083:FULL:DE:PDF> (letzter Zugriff 30.07.2014).
- [3] BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT IMMISSIONSSCHUTZ, AUSSCHUSS „LUFTQUALITÄT/WIRKUNGSFRAGEN/VERKEHR“, 2010: Fortschreibung des Berichtes zur Bewertung verkehrsbezogener Minderungsmaßnahmen. Stickstoffdioxid (NO₂)-Belastungen in der Bundesrepublik Deutschland, Sachstand – Ursachen – Minderungsmaßnahmen im Verkehrsbereich, Stand September 2010.
- [4] BISON, L.; HEINRICHS, E. & R. LINDNER, 2006: Luftreinhalte-/Aktionsplan Frankfurt (Oder). MLUV (Hrsg.), verfügbar unter <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrpfoder.pdf> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [5] DAUERT, U., 2013: Absehbare Vertragsverletzungsverfahren zu den NEC, zu PM₁₀ und NO₂, Vortrag, Waldhof-Fachgespräch 2013, 13.-15.06.2013 in Langenbrügge.
- [6] DÜRING, I. & H. LORENTZ, 2012: Luftreinhalteplan Frankfurt (Oder), Abschlussbericht. MUGV (Hrsg.), verfügbar unter http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrpfoder_fortschreibung.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [7] DÜRING, I. & W. BÄCHLIN, 2010: Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg. MUGV (Hrsg.), verfügbar unter http://www.mugv.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/lang_no2.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [8] EHRENSTEIN, C.: EU-Richtwerte lassen deutsche Städte verzweifeln, in: Die Welt Online (26.03.2013), verfügbar unter <http://www.welt.de/114761731> (letzter Zugriff: 30.07.2014)..
- [9] EUROPÄISCHE KOMMISSION: Beschluss der Kommission vom 20.02.2013 betreffend der Mitteilung der Bundesrepublik Deutschland über die Verlängerung der Frist für das Erreichen der NO₂-Grenzwerte in 57 Luftqualitätsgebieten, Brüssel: Europäische Kommission, verfügbar unter http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/NO2_DE1_de.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [10] EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa, verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUri-Serv.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:de:PDF> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [11] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRAßEN- UND VERKEHRSWESEN (Hrsg.), 2001: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001). FGSV-Nr. 299, FGSV Verlag, Köln.
- [12] GIEHLER, R; DIEGMANN, V; & E. HEINRICHS, 2012: Luftreinhalte- und Qualitätsplan für die Landeshauptstadt Potsdam. Fortschreibung 2010-2015. MUGV (Hrsg.), verfügbar unter <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.284054.de> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [13] HUNGER, D. & T. SCHÖNEFELD, 2011: Luftreinhalteplan Cottbus, Fortschreibung 2011, Abschlussbericht. MUGV (Hrsg.), verfügbar unter http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrp_cb_ab.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [14] LANDESHAUPTSTADT POTSDAM, BEREICH VERKEHRSMANAGEMENT (15.03.2013): Evaluation der Umweltorientierten Verkehrssteuerung der Landeshauptstadt Potsdam, Zwischenergebnisse 3. Quartal 2012, Präsentation, verfügbar unter http://www.mobil-potsdam.de/files/546_evaluation.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [15] LANDESHAUPTSTADT POTSDAM, BEREICH VERKEHR UND TECHNIK (12.03.2014): Evaluation der Umweltorientierten Verkehrssteuerung der Landeshauptstadt Potsdam, Zwischenergebnisse 2013, Präsentation, verfügbar unter http://www.mobil-potsdam.de/files/608_pr%C3%A4sentation_uvspotsdam_evaluation_20140310.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [16] LENSCHOW, P.; ABRAHAM, H.-J.; KUTZNER, K. & M. LUTZ, 2012: Some ideas about the sources of PM₁₀. Atmospheric Environment, 35, Suppl. 1, 23-33.
- [17] LUGV (Hrsg.), 2012: Luftqualität in Brandenburg, Jahresbericht 2011. Potsdam: LUGV, verfügbar unter http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/luft_2011.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [18] LUGV (Hrsg.), 2013: Luftqualität in Brandenburg, Jahresbericht 2012. Potsdam: LUGV, verfügbar unter http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/luft_12.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [19] RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT: Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:163:0041:0060:DE:PDF> (letzter Zugriff: 30.07.2014).

- [20] REGIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND: Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission vom 28.09.2011, verfügbar unter <https://circabc.europa.eu/sd/d/6ad8b99a-fb7a-4742-89fa-f31d393c97f8/DE%20notification%20cover%20-note.pdf> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [21] SCHÄFER, K. H. & M. HORN, 2006: Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Stadt Cottbus. MLUV (Hrsg.) verfügbar unter <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrpcottb.pdf> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [22] STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER, 2014: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeits- und Wohnort sowie Ein- und Auspendler über Gemeindegrenzen nach Geschlecht - Stichtag 30.06. - Kreise und krfr. Städte, <http://www.regionalstatistik.de> (Abruf am 08.04.2014).
- [23] UBA, 2013: Luftqualität 2012, -vorläufige Auswertung-, Hintergrundpapier, verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4421.pdf> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [24] UBA, 2014: Luftqualität 2013, -vorläufige Auswertung-, Hintergrundpapier, verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba-hintergrundpapier_luftqualitaet_2013_vorl.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [25] UBA, Fachgebiet „Beurteilung der Luftqualität“: Stationsdatenbank des Umweltbundesamtes, Messnetz Brandenburg, verfügbar unter: <http://www.env-it.de/stationen/public/select-Network.do> (letzter Zugriff: 30.07.2014).
- [26] VMZ BERLIN BETREIBERGESELLSCHAFT mbH, 2007: Luftreinhalte- und Aktionsplan für die Landeshauptstadt Potsdam nach § 47 BImSchG. Stadt- und verkehrsplanerische Lösungen, immissionsschutzseitige Beurteilung und Vorbereitung von Maßnahmen. MLEV (Hrsg.), verfügbar unter http://www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/lrp_pdm.pdf (letzter Zugriff: 30.07.2014).

**Ministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

**Landesamt für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam OT Groß Glienicke
Tel. 033201 442 171
Fax 033201 43678
E-Mail infoline@lugv.brandenburg.de
www.lugv.brandenburg.de

