

Gutachterliche Stellungnahme zur Wirksamkeit der Umweltzone

von Univ.-Prof. Dr. habil. Detlev Möller

Leiter des Lehrstuhls Luftchemie und Luftreinhaltung
Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Cottbus und Berlin, den 05.06.2009

Die vorliegende Stellungnahme bezieht sich auf die Anlage 1 zum Schriftsatz vom 14.05.09 der RA Dr. Geulen und Dr. Klinger, der Studie „Ein Jahr Umweltzone Berlin: Wirkungsforschungen“ von Martin Lutz und Dr. Anette Rauterberg-Wulff (Abt. Umweltpolitik, Referat Immissionsschutz, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin), im Folgenden als LRW (2009) zitiert.

Folgende weitere Dokumente werden wie folgt zitiert:

Pesch u.a. (2008): Ursachenanalyse vom PM_{2,5} Feinstaub-Immissionen in Berlin. Abschlussbericht der FG Umweltverfahrenstechnik der TU Berlin (M. Pesch, W. Frenzel und Th. Kanitz) im Auftrag der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Abt. III, Umweltpolitik

Möller (2007) Sachverständigengutachten zum möglichen Einfluss der in Berlin vorgesehenen Umweltzone auf die Luftqualität bezüglich PM₁₀ und NO_x (D. Möller, Lehrstuhl Luftchemie und Luftreinhaltung, BTU Cottbus) im Auftrag des ADAC

JK (2004) Ursachenanalyse von Feinstaub (PM₁₀)-Immissionen in Berlin auf der Basis von Messungen der Staubinhaltsstoffe am Stadtrand, in der Innenstadt und in einer Straßenschlucht (A. John und T. Kuhlbusch) IUTA-Bericht Nr. LP 09/2004. Abschlussbericht im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

1. Einleitung: Zur Gesundheitswirkung von PM

Alle Maßnahmen der Luftreinhaltung haben das Ziel, Immissionen auf einen Wert zu senken, der langfristig unbedenklich bzgl. der menschlichen Gesundheit und anderer – hier nicht weiter zu betrachtenden – Faktoren (Klima, Fauna, Flora, u.a.) ist. Diese Zielgröße wird – wenn überhaupt festgelegt – als Grenzwert (unterschiedliche Mittelwerte, Überschreitungshäufigkeiten) eines Stoffes und/oder als Reduzierungsgröße der Emission(en) angegeben.

Grenzwerte sind vom Gesetzgeber festgelegt, können aber aus vielfältigen Gründen nicht immer den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis widerspiegeln und damit teilweise erheblich von einem „wahren“ toxikologischen Schwellenwert abweichen. Verständlich ist, dass es keinen personenbezogenen (individuellen) Grenzwert sondern nur einen auf große Personengruppen bezogenen Grenzwert geben kann. Dieser kann basieren auf der Basis epidemiologischer Studien (statistische Bewertung, die niemals den Anspruch einer Ursache-Wirkungsbeziehung haben kann) und/oder klinischer Ursache-Wirkungsuntersuchungen.

Im Falle des Feinstaubes (PM₁₀ und PM_{2,5}) ergibt sich das Dilemma, dass eine besondere Diskrepanz zwischen Grenzwerten und vermuteten tatsächlichen Wirkungspotenzialen besteht. Das folgt alleine aus der Tatsache, dass Feinstaub kein definierter Stoff ist:

- Feinstaub sind überwiegend feste Partikel über einen Bereich von drei Größenordnungen (10 nm bis 10 µm),
- Feinstaub besteht aus sehr vielen chemischen Verbindungen; dabei werden charakteristische chemische Zusammensetzungen in verschiedenen Partikelgrößenfraktionen beobachtet,
- Feinstaub besteht aus Partikeln sehr unterschiedlicher Form und Oberfläche (z.B. Fasern, Kristalle, amorphe und unregelmäßige Strukturen und Agglomerate).

Als Substanzen wurden organische Verbindungen, biogenes Material, Schwermetalle, Ruß, Salze, polymeres Material u.a. identifiziert. Die Inhaltstoffe sind teilweise wasserlöslich, säurelöslich und unlöslich. Etwa 1/3 im PM10 ist unlöslicher Bodenstaub. Die organische Fraktion ist weitgehend unbekannt und besteht aus Tausenden von Verbindungen. Sie macht grob auch etwa 1/3 des PM aus.

Es ist unbestritten, dass negative gesundheitliche Wirkungen des PM entstehen wegen

- toxikologischer Eigenschaften von Einzelstoffen (z.B. Schwermetalle, PAH's),
- akkumulativer Eigenschaften von charakteristischen Partikeln (z.B. Asbestfasern, Russ, Kristallite wie Silikate),
- allergene Eigenschaften von Partikeln (z.B. biogenes Material).

Die Wirkungen können sich akut (insbesondere bei momentaner extremer Staubbelastung), latent und als Langzeitwirkungen zeigen. Infolge der hohen Standards in der Arbeitsplatzüberwachung könne heute akute Wirkungen nahezu ausgeschlossen werden. Die Schwellwerte aller bekannten toxischen Stoffe (Schwermetalle, Benz-a-pyren) werden heute auch unter allen Bedingungen weit unterschritten.

Seit einiger Zeit wird völlig zu Recht von Umweltmedizinern behauptet, dass wegen der akkumulativen Wirkung von PM-Bestandteilen es keinen Schwellenwert geben kann. Allerdings darf diese Sicht nicht auf die PM-Summe ausgedehnt werden, sondern nur auf die entsprechenden, sich im Lungen- und Bronchialraum anreichernden Partikel, die den körpereigenen Selbstreinigungsmechanismen widerstehen. Asbestfasern und (scharfkantige) Silikate dürfen heute wegen der Luftreinhaltebedingungen außer Acht bleiben. Wahrscheinlich kann man heute als alleinige Wirkungskomponente mit einer Langzeitwirkung Ruß (als ein Konglomerat aus elementarem Kohlenstoff, teilverbranntem organischem Material und angelagerten teilweise toxischen organischen Verbindungen) ansehen.

Ein erheblicher Anteil des PM kann als gesundheitlich völlig unbedenklich bezeichnet werden: alle löslichen Salze, die etwa 1/3 des PM ausmachen. Auch Bodenstaub (zumeist in der Fraktion größer 2,5 µm) – wengleich lästig – kann als gesundheitlich unbedenklich eingestuft werden.

Somit sollte auch dem Laien klar sein, dass der gesetzlich festgelegte Grenzwert für PM10 nicht nur wissenschaftlich nicht belastbar ist sondern darüber hinaus eine völlig falsche Zielstellung in der Luftreinhaltung liefert. Wenn – wie oben dargelegt – nur ein kleiner Anteil am PM gesundheitsrelevant ist (der wesentlich kleiner als 1/3 ist), dann ist eine Politik, die sich an einer Verringerung der Zahl der Tage mit Überschreitungen von 50 µg m⁻³ völlig verfehlt.

Die Umweltpolitik muss sich an den spezifischen PM-Komponenten, für die eine erhebliche gesundheitliche Bedeutung bekannt ist, orientieren. Für Ruß aber existieren keine Grenzwerte – ein erhebliches Versäumnis der Umweltpolitik.

Es ist völlig an den Tatsachen vorbei gehend, als eine umweltpolitische Zielgröße die Zahl der an verkehrsreichen Straßen wohnenden Menschen zu betrachten, wie in LRW (2009) ausgeführt. Alleiniges Kriterium für eine möglichen Gesundheitsgefährdung kann nur die **Dosis** (Konzentration x Zeit), also die eingeatmete Menge an PM sein. Die indoor-Belastung steht in keinem direkten Zusammenhang mit der Straßenbelastung. Die den Studien zugrunde liegenden Messungen wurden auch unmittelbar an der Fahrbahn durchgeführt, d.h. im Emissionsbereich. Es ist aus Messungen anderer Landesumweltämter bekannt (Möller 2007), dass die Konzentrationen vom Straßenrand innerhalb weniger Meter (ca. 50 m) auf das Hintergrundniveau durch Verdünnung absinken.

Aus einer gesamtheitlichen Sicht der menschlichen Gesundheit ist es auch unerlässlich, die Kofaktoren zu berücksichtigen, wie

- indoor-outdoor Aktivitäten,
- Raucher/Nichtraucher,
- Ernährung, Bewegung u.a.

Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit dürfte die PM-Belastung in Berlin zu den vernachlässigbaren Faktoren in Bezug auf die menschliche Gesundheit gehören.

2. Einfluss der Umweltzone auf die Emissionen

In Berlin wird offiziell der Anteil des Berliner Verkehrs an der Feinstaubbelastung (s. in LRW 2009) mit 40% angegeben. Das ist nicht korrekt. Erstens ist dabei zu benennen ob es sich um die Belastung an verkehrsreichen Straßen oder die städtische Hintergrundbelastung handelt. Zum weiteren sollte differenziert werden nach

- direkter Partikelemission (Ruß, Reifen-, Fahrbahn- und Bremsenabrieb),
- Resuspension (Bodenstaubaufwirbelung) und
- indirektem Partikelbeitrag (OC und Nitrat aus gasförmigen Vorläuferemissionen).

Aus den Studien Pesch u.a. (2008) sowie JK (2004) geht hervor dass

- im städtischen Hintergrund der Beitrag **aller** Berliner Quellen $3-5 \mu\text{g m}^{-3}$ (ca. 17%) und
- an verkehrsreichen Straßen $8-12 \mu\text{g m}^{-3}$ (ca. 29%)

beträgt. Wenn wir den Beitrag des Verkehrs lediglich auf die direkten Emissionen (EC + OC) beziehen, so reduziert sich der Anteil den Feinstaubbelastung auf 13% sowohl für den städtischen Hintergrund als auch die verkehrsreiche Straße. Umgekehrt jedoch kann der Berliner verkehr als der absolut dominante Beitrag zur lokalen Emission angesehen werden. Großräumig verteilte Quellen aus dem nahen und fernen Umland dominieren aber (70-80%) an der Staubb Belastung in Berlin.

In LRW (2009) wird ausgeführt, dass in Berlin (in Unterschied zu anderen Städten) bereits vor Einführung der Umweltzone erhebliche Verbesserungen an der verkehrsbedingten Emission durchgeführt wurden (Partikelfilter an Bussen, erdgasbetriebene Taxis) und dass es einen kontinuierlichen Trend infolge der stetigen Erneuerung der Fahrzeugflotte (8-10% pro Jahr) gibt.

Durch die Umweltzone (S. 1 in LRW 2009, s.a. Luftreinhalteplan Berlin) soll der abgasbedingte Partikelaustritt insgesamt sich um 40% reduzieren. In LRW (2009) wird ausgeführt, dass sich durch die Einführung der Umweltzone die Dieselrußemission im Jahr 2008 um 62 t gegenüber dem Jahr 2007 (Basiswert: 275 t Rußemission) verringert hat, also ca. 24%. 15 t Reduzierung werden dem „allgemeinen Trend“ zugerechnet. Bei NO_x soll die Umweltzone zu einer Reduzierung um 960 t (13%) geführt haben; dem „Trend“ wird eine Reduzierung um 340 t NO_x (als NO₂ berechnet) zugewiesen.

Aus längerzeitlichen Betrachtungen wird eine mittlere jährliche Abnahme der Emission von 5-6% sowohl für Ruß als auch NO_x angenommen. Mit anderen Worten, **ohne** Umweltzone würde sich derselbe Effekt der Emissionsverringering in 4-5 Jahren für Ruß und ca. 3 Jahren für NO_x einstellen (Stufe 1 der Umweltzone). In Bezug auf die Verhältnismäßigkeit der Maßnahme und unter – noch zu erfolgender – Betrachtung des Einflusses auf die tatsächliche Feinstaubbelastung (nicht die Emission sondern alleine die Immission ist wirkungsrelevant) muss also die Maßnahme bewertet werden.

Die Langzeitmessungen (Abb. 1) zeigen, dass sich die Rußkonzentration an Straßen von 1998-2004 in Berlin tatsächlich auch um ca. 6% pro Jahr verringert hat. Partikelfilter wurden aber erst 2006 in PKW-Neuwagen in Deutschland eingesetzt. Folglich handelt es sich bei dem in Abb. 1 gezeigten Ruß-Trend um die Summe aller technischen Maßnahmen (und möglicher Reduzierungen im Verkehrsaufkommen). Ab 2006 wäre also durch die schrittweise Einführung der Partikelfilter ein noch höherer Trend in der Abnahme der Rußbelastung zu erwarten gewesen. Wie im Übrigen Abb. 1 zeigt, führt die Abnahme der Rußbelastung nicht zu einer parallelen Abnahme der PM-Belastung (s.a. Diskussion im Abschnitt ...).

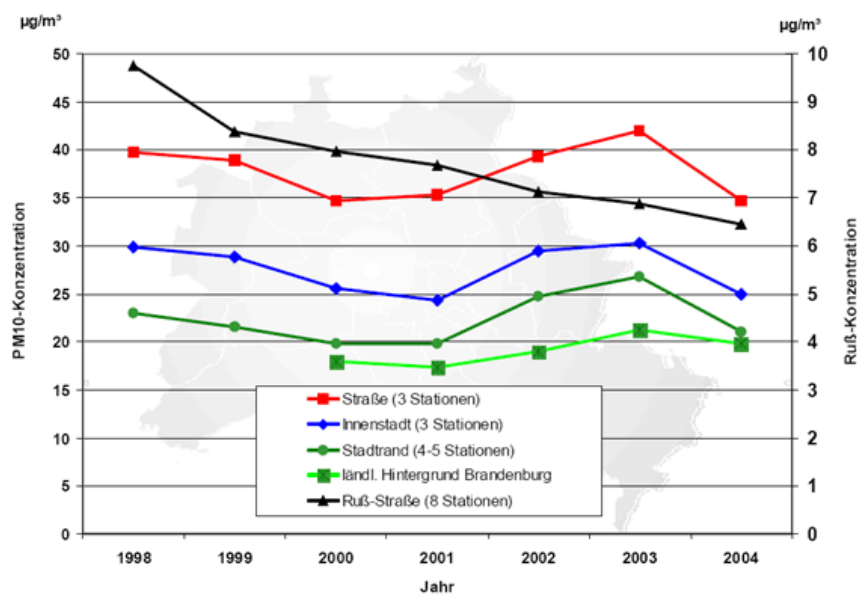


Abb. 1: Langjähriger Trend der PM10- und Ruß-Konzentration in Berlin (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d311_05.htm)

3. Langzeitentwicklung der PM-Konzentrationen in Städten

Für ein Verständnis der möglichen Wirkung der Umweltzone auf die PM-Belastung ist es hilfreich, sich die Trends und zeitlichen Variationen anzusehen. Wie ausgeführt, wäre es notwendig erstens die ??????????

PM-Daten vor 1997 wurden zumeist als TSP (total suspended matter) gemessen; grob kann festgehalten werden, dass PM10 etwa 80% am TSP ausmacht. Betrachten wir zunächst die Entwicklung in anderen Bundesländern (ANHANG). Aus Bayern und Schleswig-Holstein existieren Daten, die weit vor 1990 zurückreichen. Dabei ist festzustellen, dass seit ca. 1970 ein Rückgang der PM-Belastung von 150-200 $\mu\text{g m}^{-3}$ auf ca. 60 $\mu\text{g m}^{-3}$ um 1990 erfolgte (Abb. A 2 und A 5). In den 1990er Jahren erfolgte ein Rückgang (je nach Lage der Station in Bezug auf ländlich/städtisch) auf 25-35 $\mu\text{g m}^{-3}$ (Abb. A1- A5). Nachdem diese Werte erreicht wurden (um 1998), werden an keiner Station weitere Abnahmen in der PM10-Konzentration mehr beobachtet.

Ähnliches gilt für nahezu alle anderen gasförmigen Spurenstoffe, wie SO_2 , NO_x , NH_3 , VOC, bei denen die end-of-pipe-Technologien keine weitere Verringerung mehr zulassen. Kraftwerke als Hauptemittenten von Stäuben sind mit der vollkommene Einführung der Rauchgasentschwefelung in Deutschland (seit ca. 1996) völlig bedeutungslos geworden, so dass man feststellen muss, dass seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre neben natürlichen Staubquellen nur noch sekundäre Quellen (gas-to-particle conversion) aus den Vorläufern oben genannter Spurenstoffe und direkte verkehrsbedingte Stäube eine Rolle spielen.

Bemerkenswerterweise zeigt sich in Berlin, dass trotz sinkender verkehrsbedingter NO -Belastung die NO_2 -Belastung nicht abnimmt (Abb. 2). Das ist ein Beweis für die stark nicht-lineare Beziehung zwischen NO und NO_2 , die völlig ignoriert wird in LRW (2009).

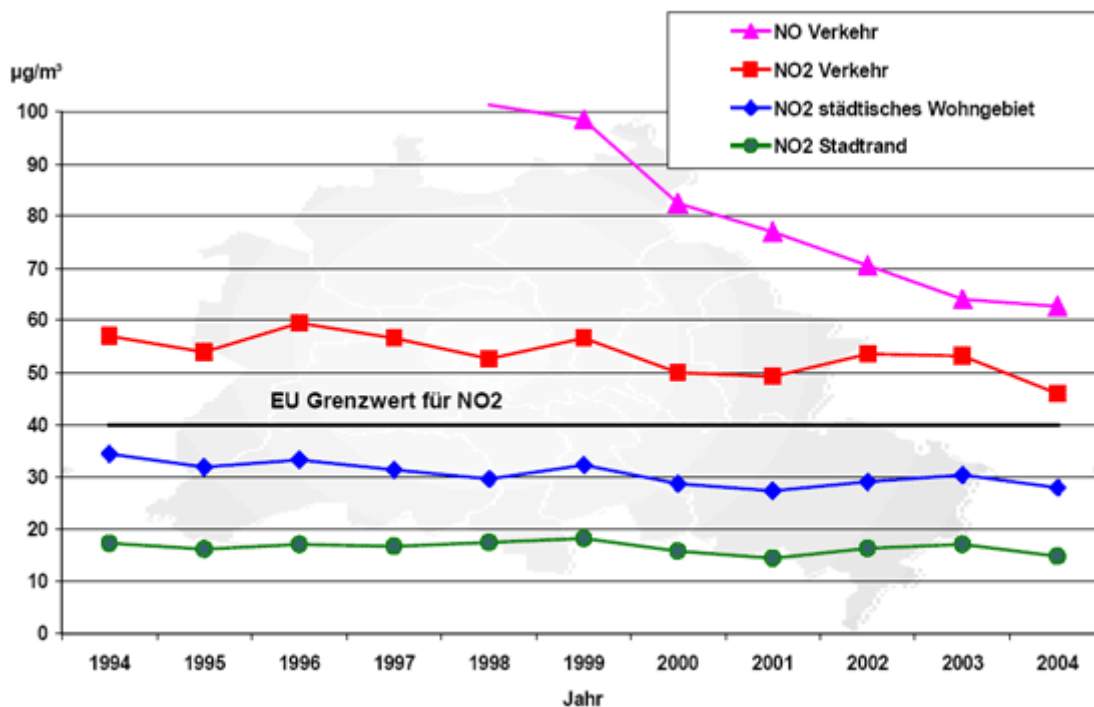


Abb. 2: Langjähriger Trend der Stickstoffdioxid- und Stickstoffmonoxidwerte in Berlin.

Quelle: (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d311_05.htm)

Es sei hier im Original die zu Abb. 2 gehörende Beschreibung der Berliner Senatsverwaltung zitiert:

Die Ergebnisse der bis 2005 an Hauptverkehrsstraßen durchgeführten Messungen zeigen im langjährigen Trend: Die Belastung mit NO₂ hat sich an allen drei dargestellten Stationskategorien während der letzten zehn Jahre kaum verändert. Die Werte an verkehrsreichen Straßen (rote Kurve) liegen immer noch deutlich über dem EU-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel. Die durch die Verbesserung der Abgastechnik der Fahrzeuge zu erwartende Abnahme der Stickoxidemissionen hat nicht zu einem Rückgang der Stickstoffdioxidbelastung geführt.

- Im Gegensatz dazu haben die Werte für Stickstoffmonoxid (NO) - wiedergegeben durch die pinkfarbene Kurve - an den verkehrsnahen Messstellen in den letzten 5 Jahren um fast 40% abgenommen. Auch die Stickoxidemissionen gehen zurück – im Zeitraum zwischen 2000 und 2005 allerdings nur um knapp 30%.
- Die offensichtliche Diskrepanz zwischen der Entwicklung der lufthygienisch relevanten NO₂-Belastung und den NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs ist kein auf Berlin beschränktes Phänomen, sondern wird in vielen europäischen Ballungsräumen beobachtet.

Das ist völlig korrekt beschrieben und bedeutet, dass ein Verrinderung der primären NO_x-Emission (NO) beispielsweise als Folge der Umweltzone nicht zu einer Verminderung der NO₂-Belastung führen muss (Erläuterung: nur erhöhte NO₂-Konzentrationen stellen einen möglichen Gesundheitseffekt dar).

Auch die Kommentierung der Abb. 1 auf der Website der Berliner Senatsverwaltung spiegelt die Beobachtungen richtig wieder; umso mehr verwundert es, das in LWR (2009) erstens nicht der längere Messzeitraum betrachtet wird (nur 2006-2008) und wissenschaftlich nicht belastbare Argumentationen zur durch die Umweltzone bedingte Abnahme der Konzentration geführt werden. Im Folgenden die Zitate:

Beim Vergleich der Kurven fällt folgendes auf:

- Die PM₁₀-Konzentration in ländlicher Umgebung in Brandenburg beträgt bereits etwa die Hälfte der PM₁₀-Belastung in Berliner Hauptverkehrsstraßen der Innenstadt.
- Der bis Ende der 90er Jahre anhaltende Rückgang der Staubwerte hat sich in den letzten Jahren nicht fortgesetzt.
- Im Gegensatz dazu ging die Rußbelastung an Hauptverkehrsstraßen in den vergangenen 6 Jahren um fast 40% zurück – ein Resultat u.a. der abgastechnischen Verbesserung der Fahrzeuge, so zum Beispiel auch der Busflotte der Berliner-Verkehrs-Betriebe BVG.
- Die jährliche Variation der PM₁₀-Werte ist an allen Stationen ähnlich. Insbesondere der deutliche Wiederanstieg der PM₁₀-Werte in den Jahren 2002 und 2003 ist ein Phänomen, das gleichzeitig überall im Stadtgebiet, einschließlich der Stadtrandstationen und der Umlandstationen auftrat. Die Ursache ist deshalb nicht in erster Linie bei den Berliner PM₁₀-Emissionen zu suchen, sondern auf ungünstige Witterungsbedingungen und die großräumige Verfrachtung der Feinstaubpartikel zurückzuführen.

4. Einfluss der Umweltzone auf die Verbesserung der Luftqualität

Im Abschnitt 7 der Studie LRW (2009) wird der Versuch unternommen, an Hand von Messwerten der Einführung der Umweltzone einen positiven Effekt zuzuschreiben. Damit keine Missverständnisse auftreten: die Umweltzone hat a-priori einen positiven Effekt, denn jede Verbesserung der Kfz-Technik (hier durch neue Fahrzeuge) führt zu geringeren Emissionen und damit zu einer geringeren atmosphärischen Gesamtbelastung. Die Fragen müssen daher lauten:

1. Ist der Effekt (Einführung der Umweltzone) messtechnisch nachweisbar?
2. Hat der Effekt eine signifikante Verbesserung der Luftqualität zur Folge?
3. Trägt der Effekt zu einer Erhöhung der Gesundheit bzw. Verringerung von Krankheiten bei?

Die Fragen 1 und 2 können definitiv mit NEIN beantwortet werden. Die Frage Nr. 3 kann mit hoher Wahrscheinlichkeit auch mit NEIN beantwortet werden (s. Diskussion unter Abschnitt 1).

Es ist dem Gutachter völlig unverständlich, mit welchen „Kunstgriffen“ und nicht durchschaubaren Argumenten die Autoren (Martin Lutz und Anette Rauterbach-Wulff, bei denen es sich um erfahrene Experten in der Luftreinhaltung handelt) der Umweltzone einen positiven Effekt bezgl. Der Verbesserung der Luftqualität zuschreiben. Offenbar wurde hier auf politischen Druck ein „Ergebnis“ geliefert. Die auf S. 14 bis 19 geführte Diskussion der Abnahme der PM10-Belastung von 2006 bis 2008 ist völlig haltlos, zeigt doch Abb. 3 bei Hinzuziehung eines längeren Zeitraumes, dass „mehrjährige Trends“ von 3-4 Jahren sich auch wieder umkehren und nichts mit Maßnahmen zur Luftreinhaltung zu tun haben, sondern mit den Schwankungen der Bedingungen für Ausbreitung und luftchemische Bedingungen (Luftmassencharakteristik). Mittelwerte und Standardabweichungen betragen:

- A $36,1 \pm 4,4$
- B $27,0 \pm 2,9$
- C $22,4 \pm 2,8$

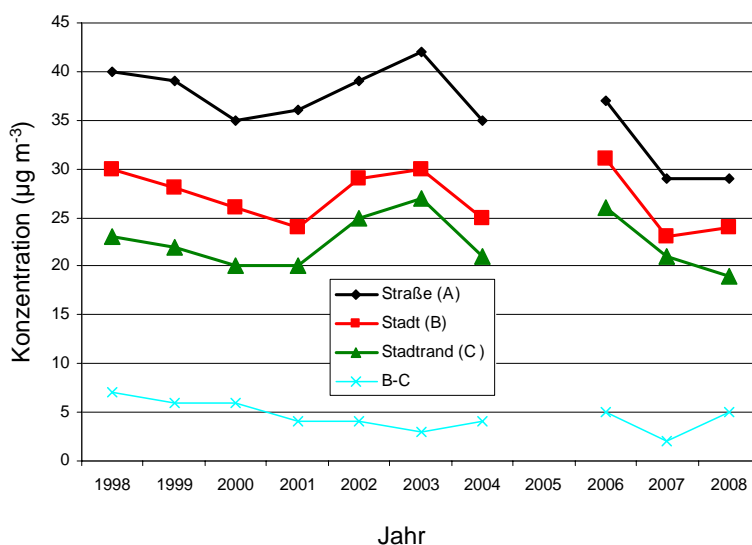


Abb. 3: PM-Trend in Berlin. Quelle: Daten der Abb. 1 und LRW (2009)

Die mittlere jährliche Schwankung der PM-Konzentration beträgt mehr als 10%. Wobei in einzelnen Jahren auch Veränderungen um bis zu 25% erreichen. Alleine aus dieser unumstrit-

tenen Tatsache heraus verbietet es sich, prognostizierte Veränderungen in der Größenordnung von 3-5% (LRW 2009, S. 16 und 17) feststellen zu wollen.

Um auch hier möglichen Missverständnissen vorzugreifen: auch der Gutachter ist der Meinung, dass durch die Umweltzone, die Rußbelastung in Berlin verringert wurde. Das geht schon aus Abb. 1 hervor, wonach die tendenzielle Erneuerung der Fahrzeugflotte zu einer Verringerung der Rußbelastung führt.

Aus den von der Berliner Senatsverwaltung in Auftrag gegebenen Studien (JK 2004 und Presch u.a. 2008) geht hervor, dass Ruß (EC) offensichtlich ausschließlich in der PM_{2,5} – Fraktion enthalten ist und zwischen beiden Messperioden (2001/2002 und (2007) keine signifikanten Unterschiede bestehen (EC in $\mu\text{g m}^{-3}$):

	Frohnauer Turm	Stadtrand	Städt. Hintergrund	Verkehrsreiche Straße
PM ₁₀ (2001/2002)				
PM _{2,5} (2007)	0,8	1,6	2,0	3,5

ANHANG: Langzeittrends der PM-Belastung

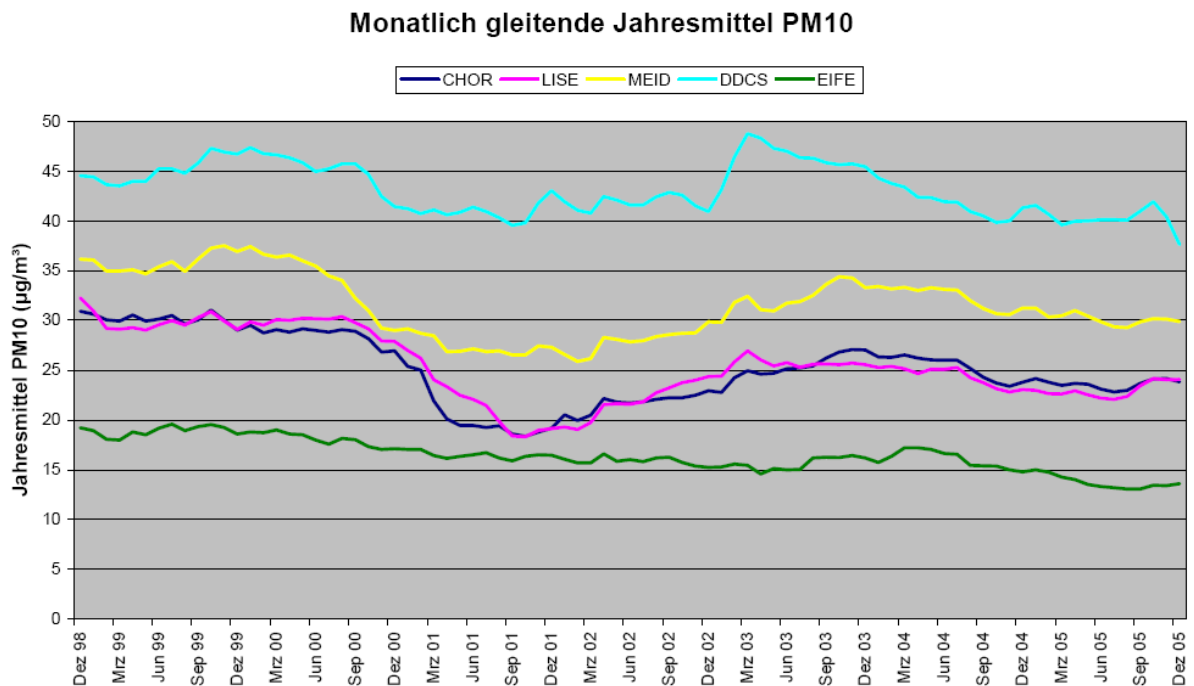


Abb. A1: PM10 Trend in Nordrhein-Westfalen (Landesumweltamt)

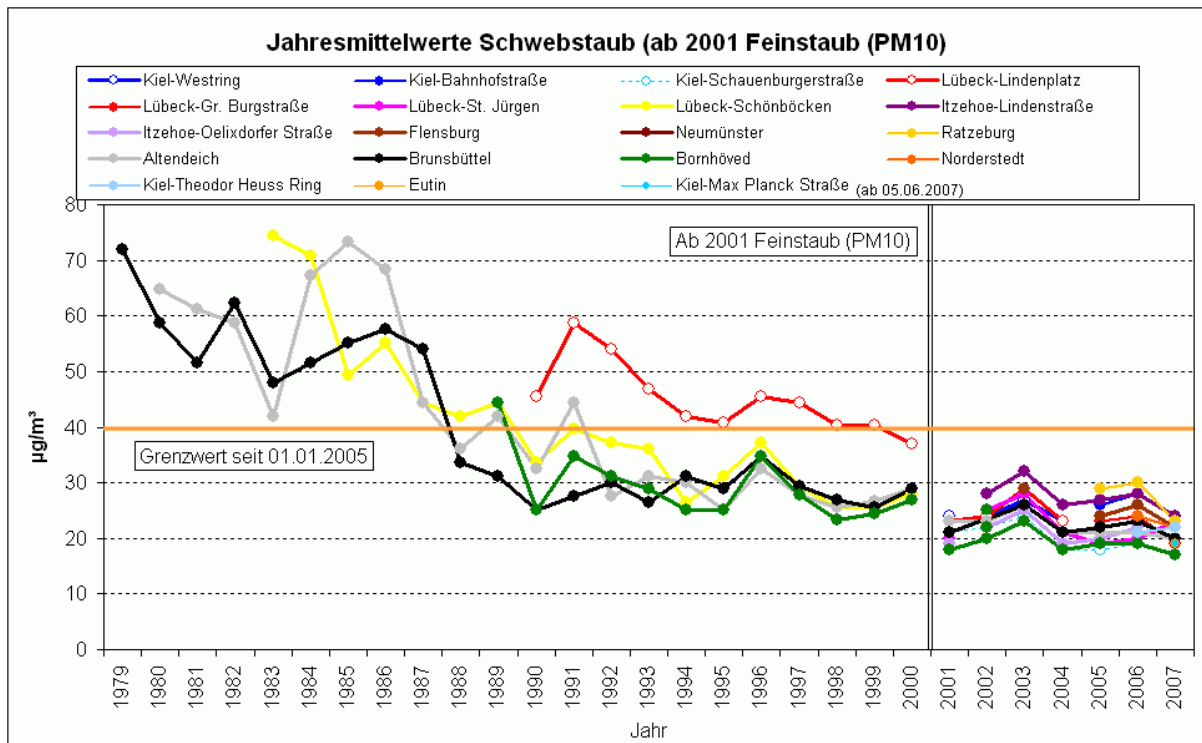


Abb. A2: PM10 Trend in Schleswig-Holstein. Quelle: Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

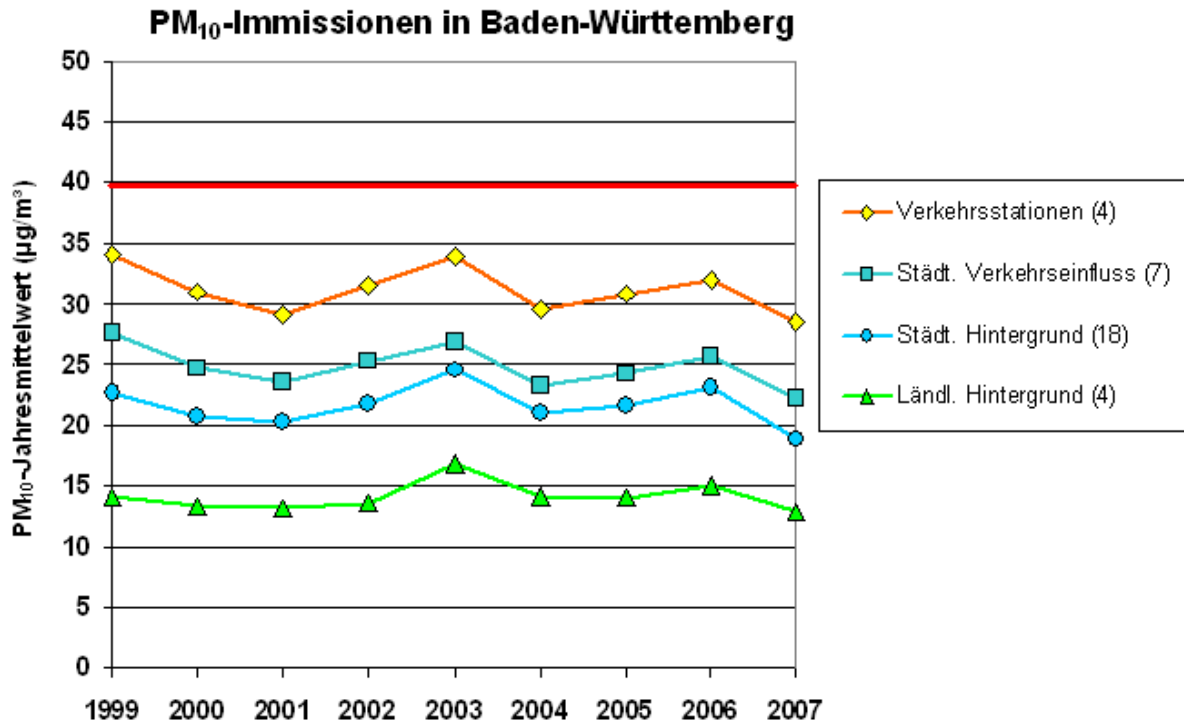


Abb. A3: PM₁₀-Immissionsentwicklung 1999-2007 in Baden-Württemberg (Jahresmittelwerte). In Klammern: Anzahl der ausgewerteten Messstationen. Quelle: LUBW

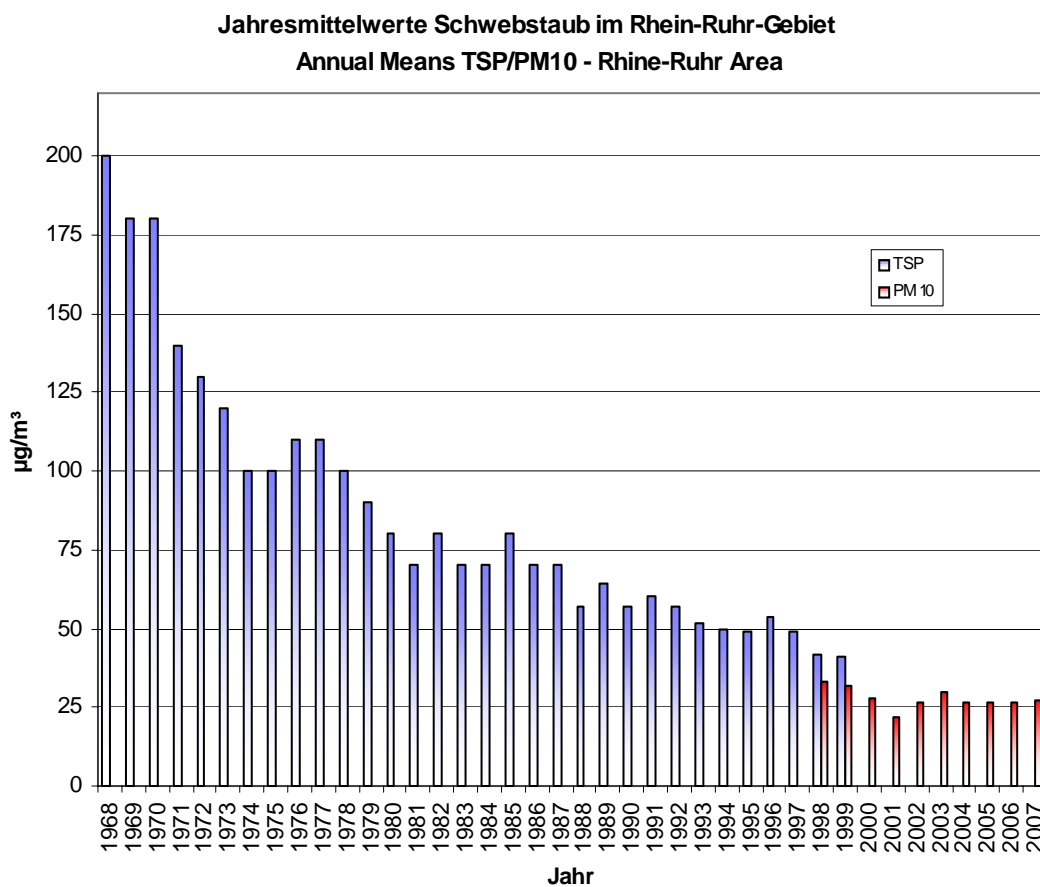
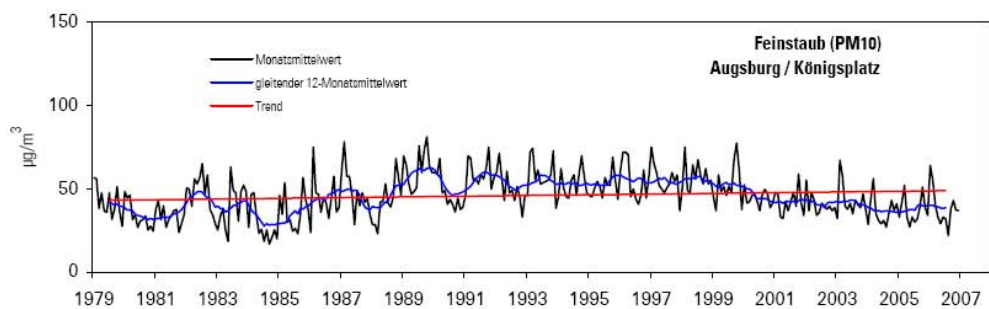
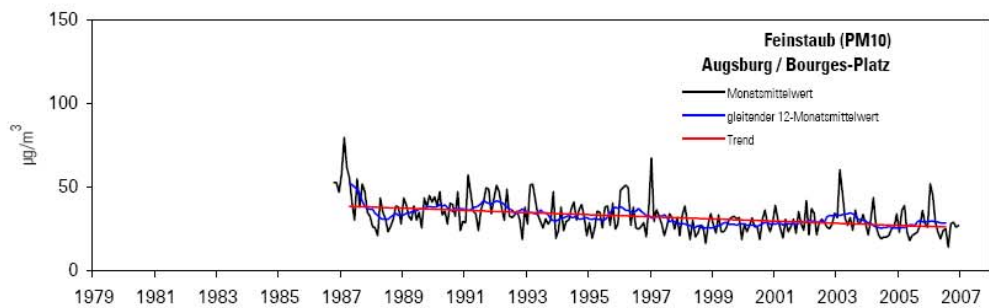
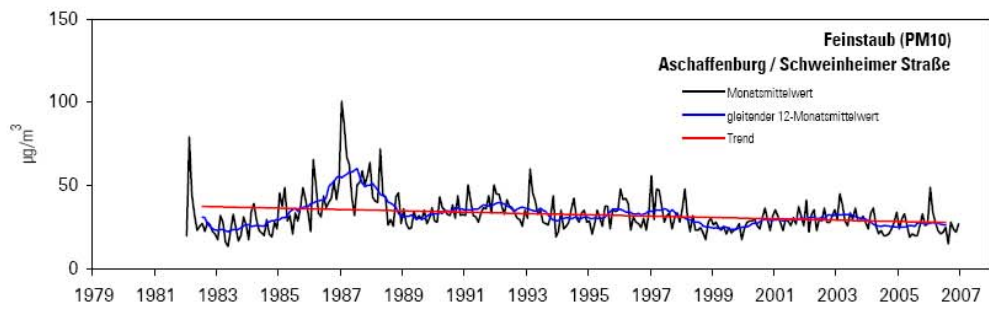
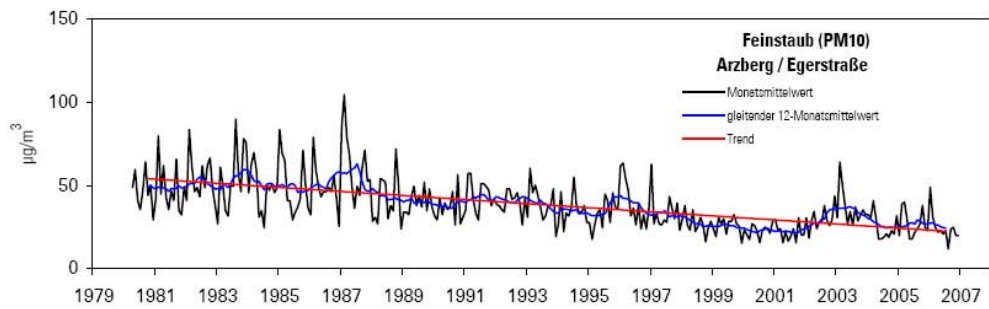
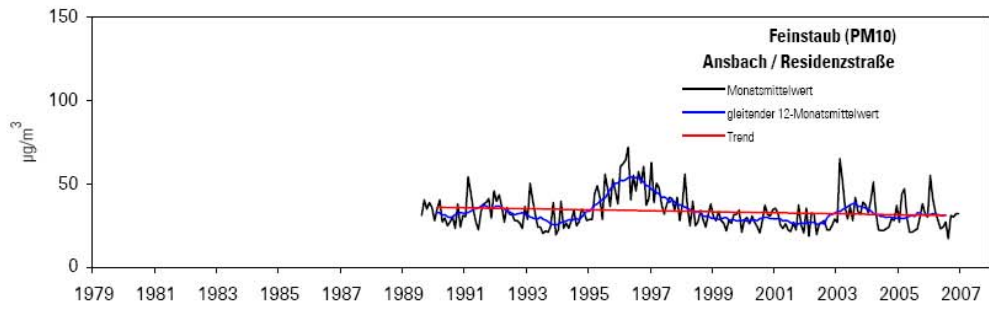
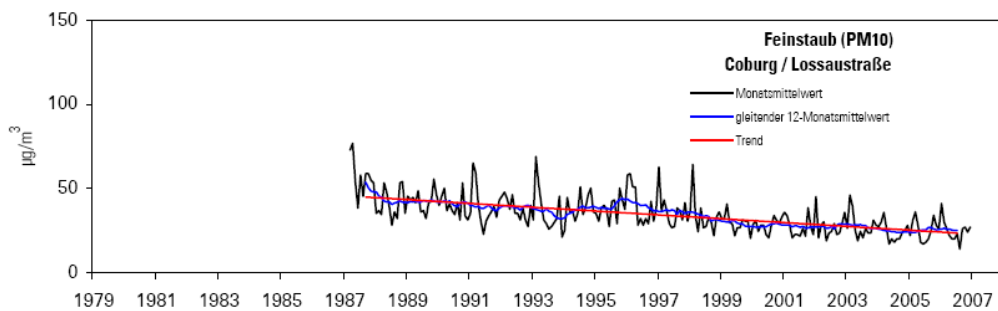
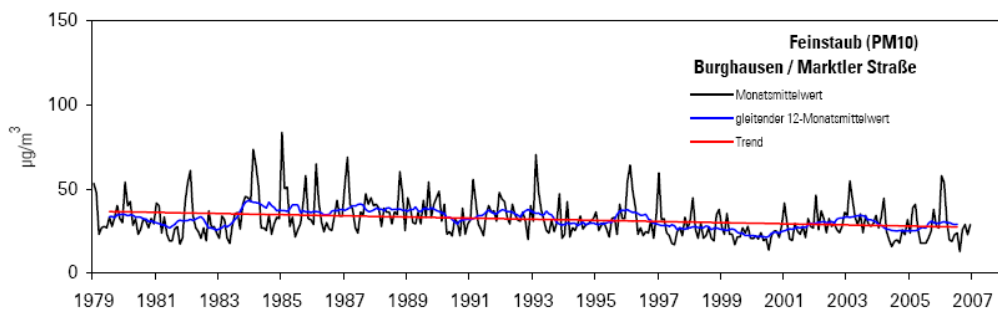
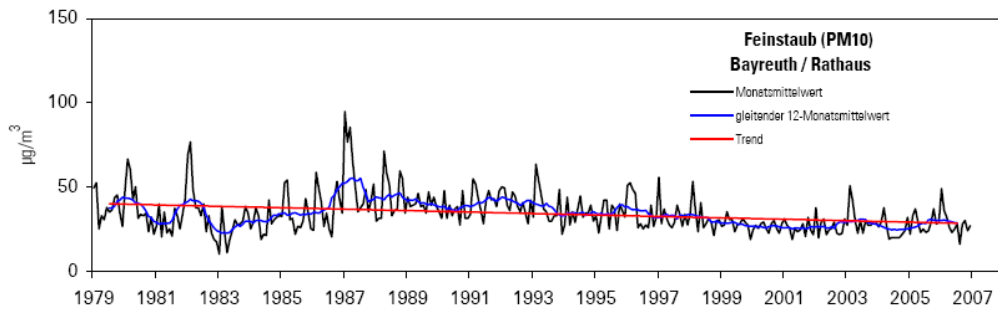
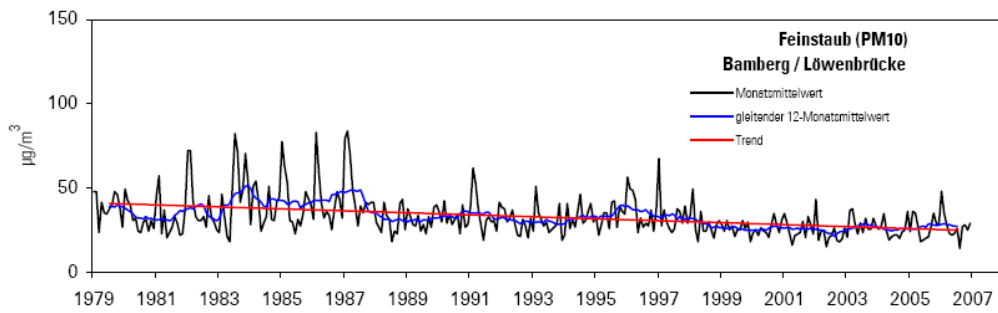


Abb. A4: PM-Trend im Rhein-Ruhr-Gebiet. Quelle: www.landesumweltamt.nrw.de/luft/immissionen

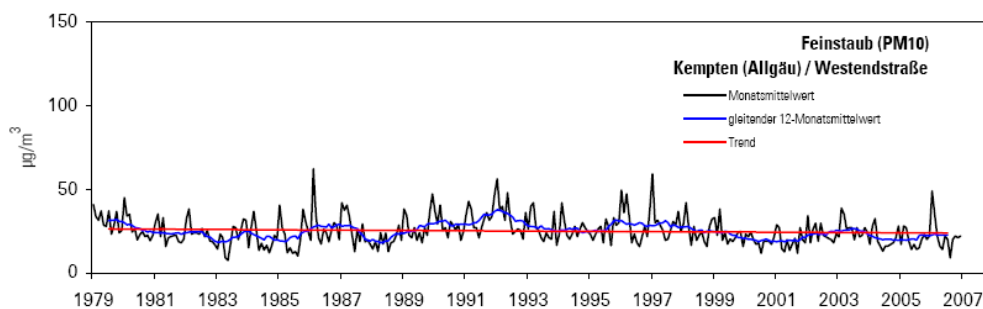
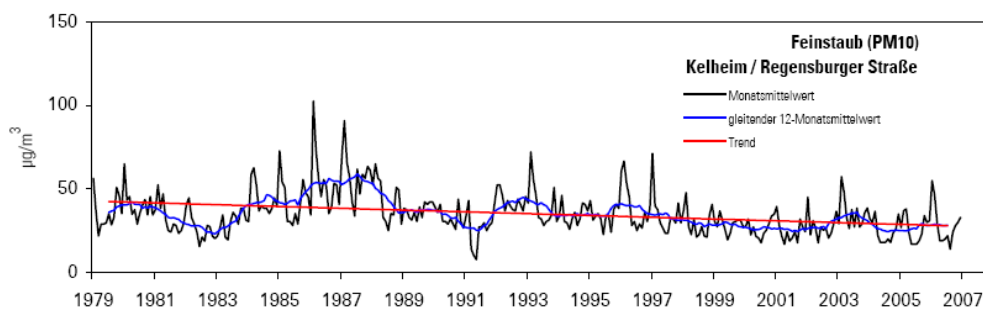
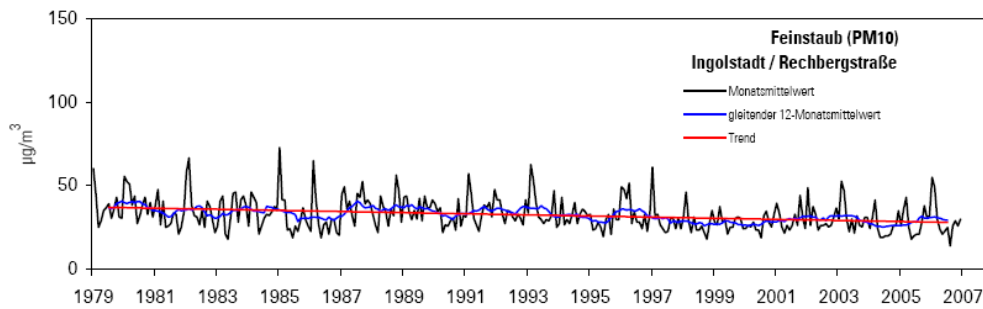
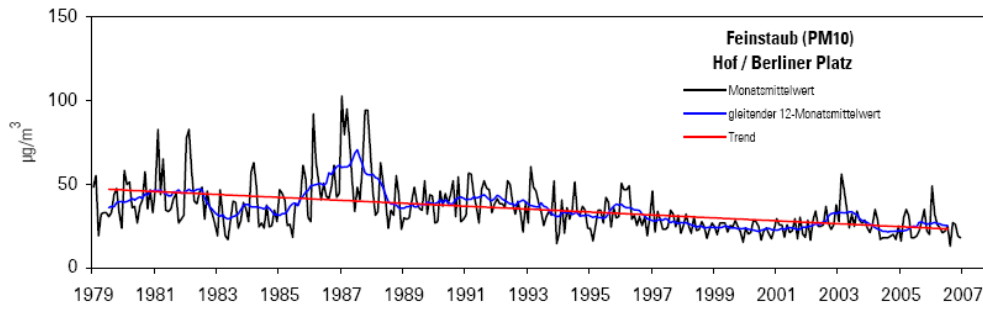
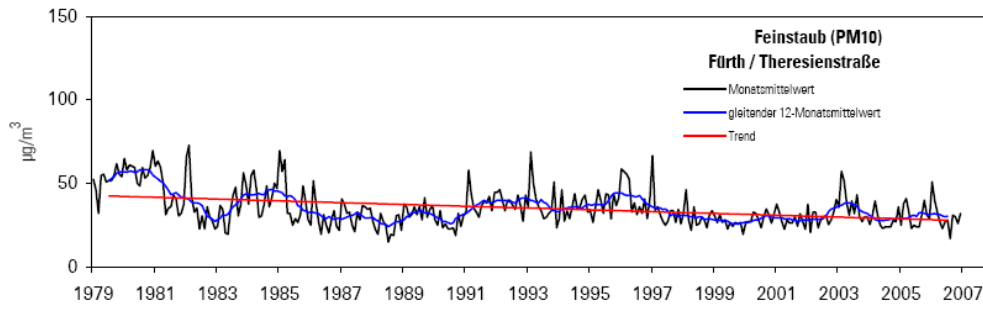
Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe



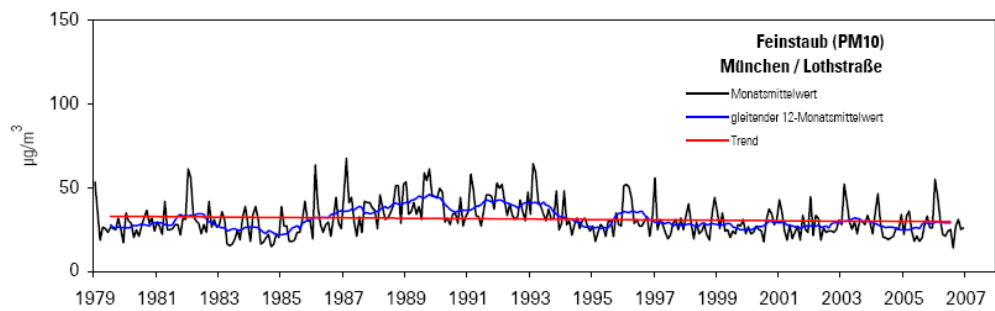
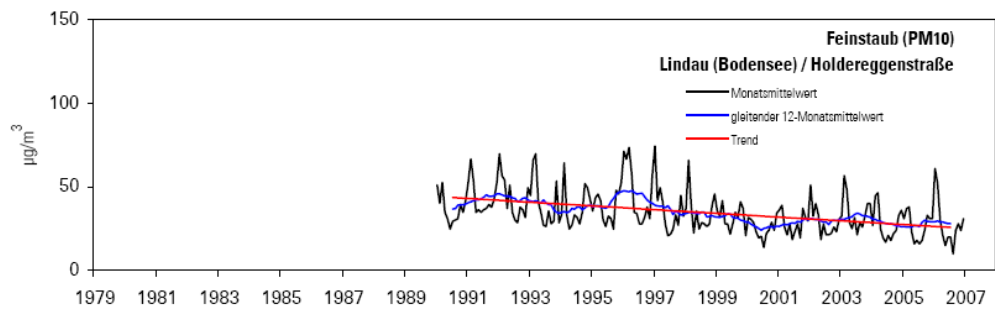
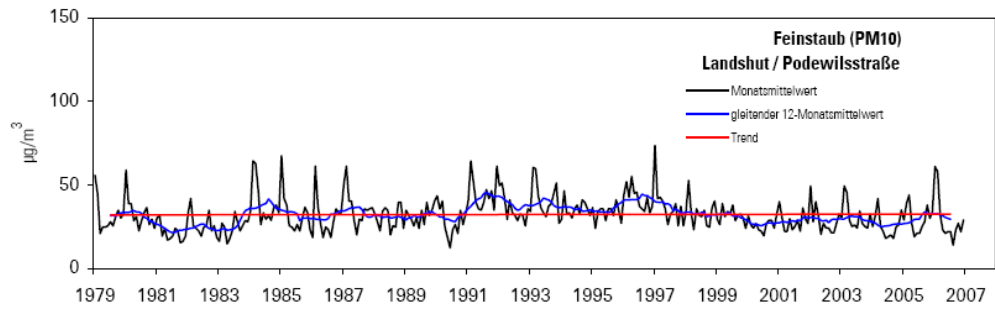
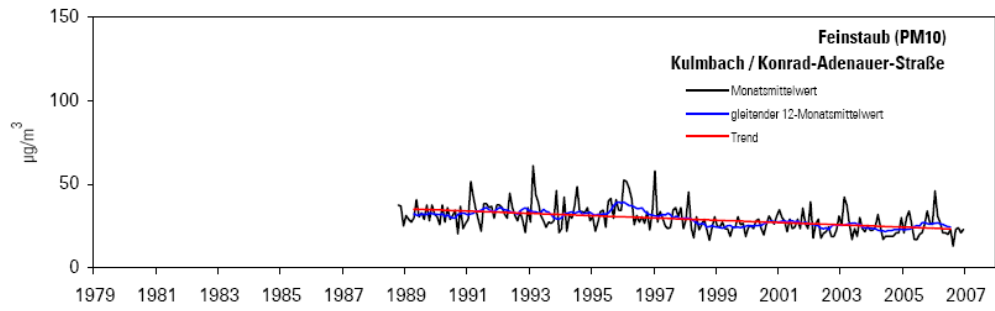
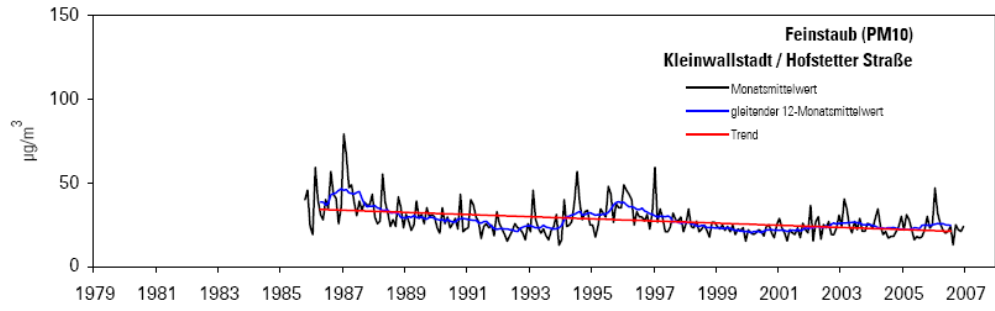
Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe



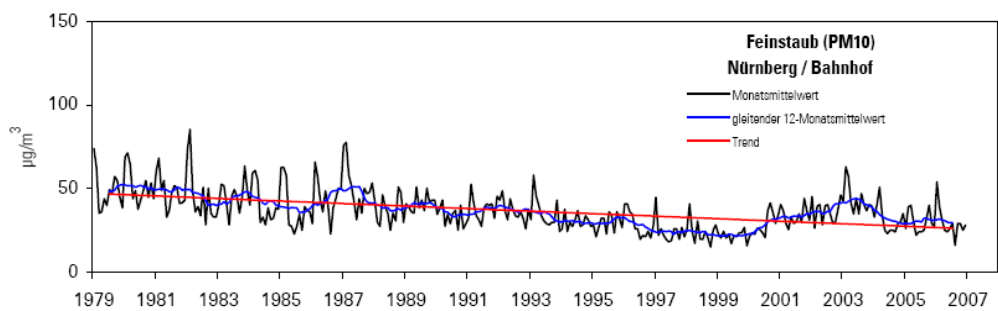
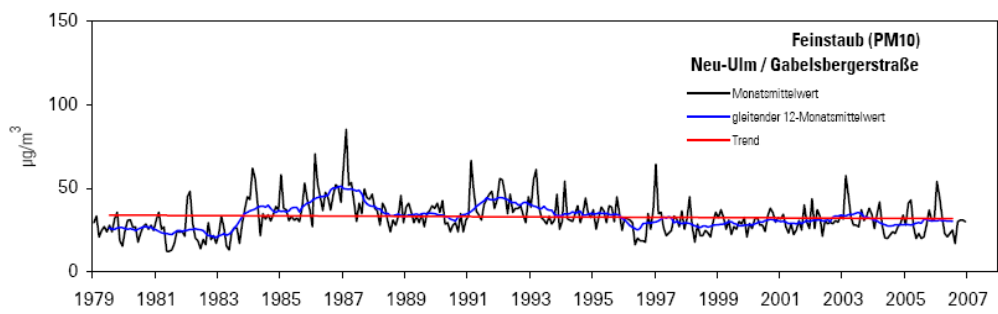
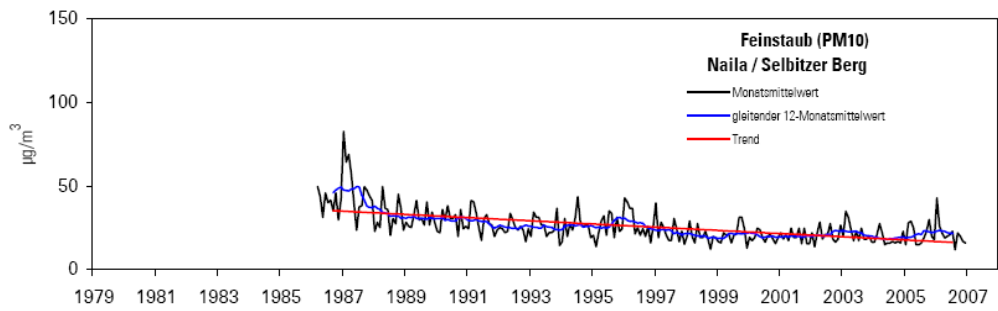
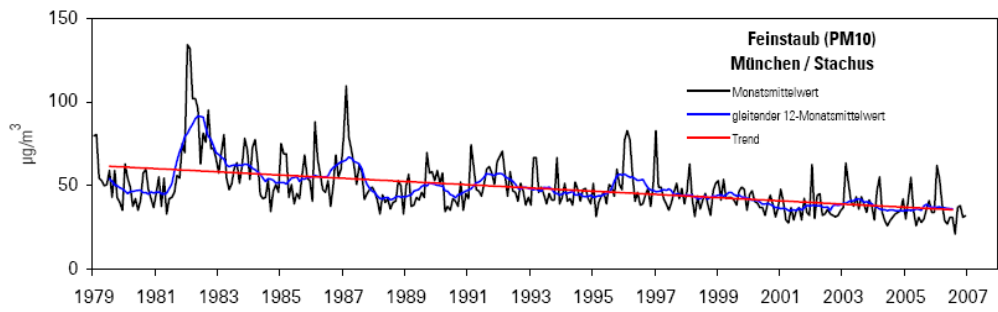
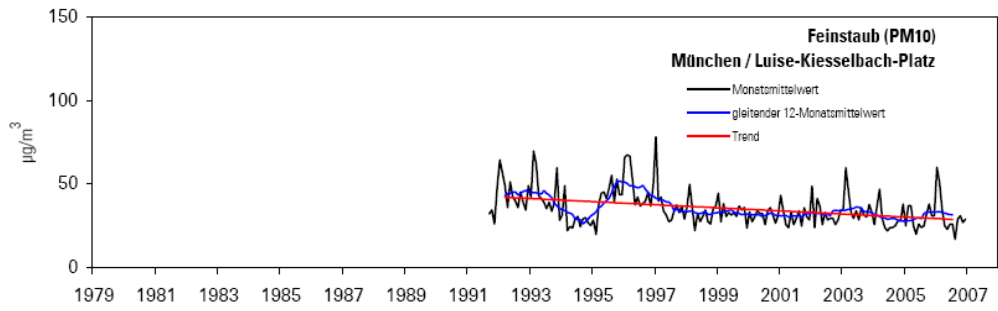
Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe



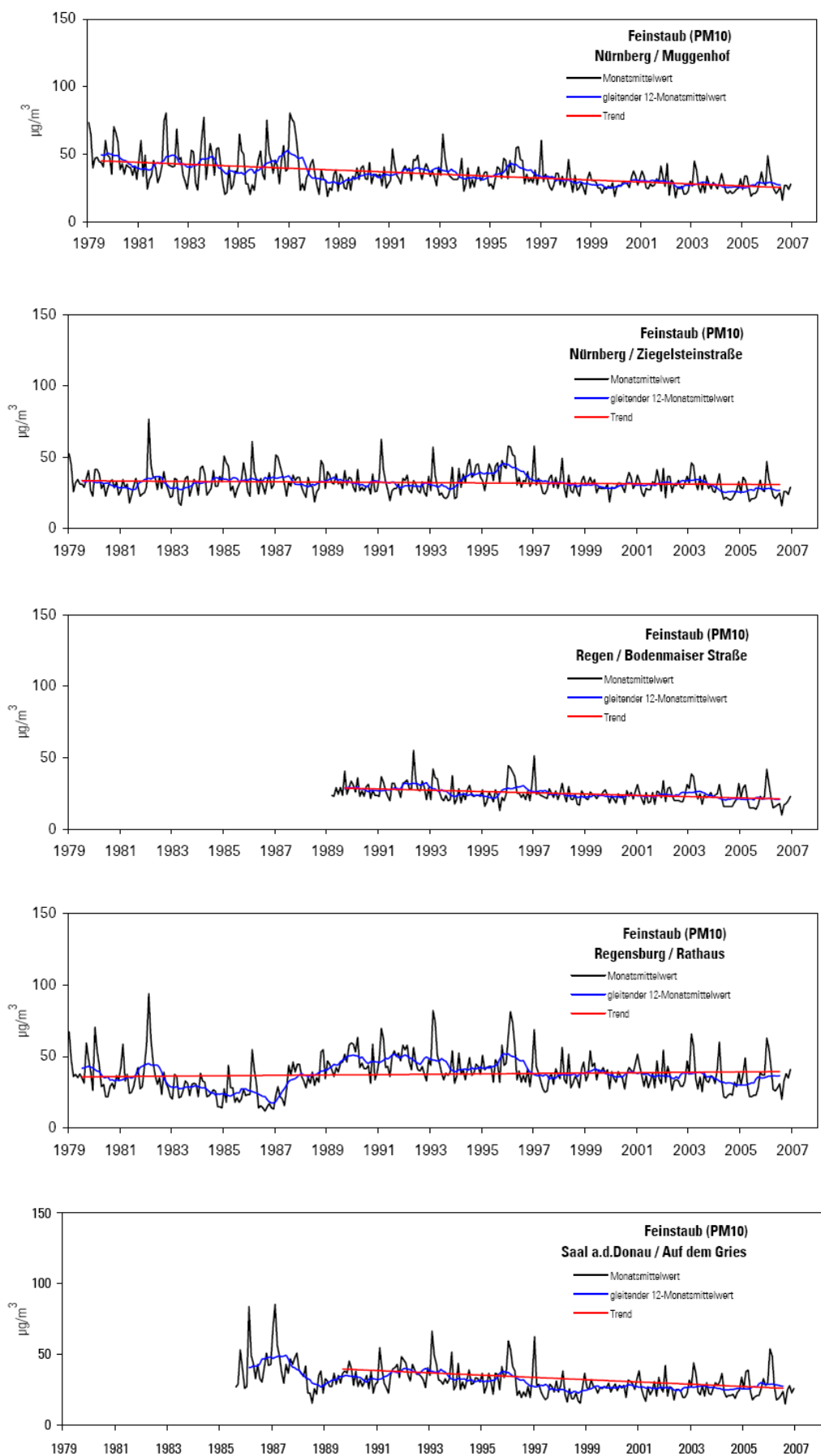
Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe



Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe



Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe



Feinstaub (PM₁₀) - Langzeitverläufe

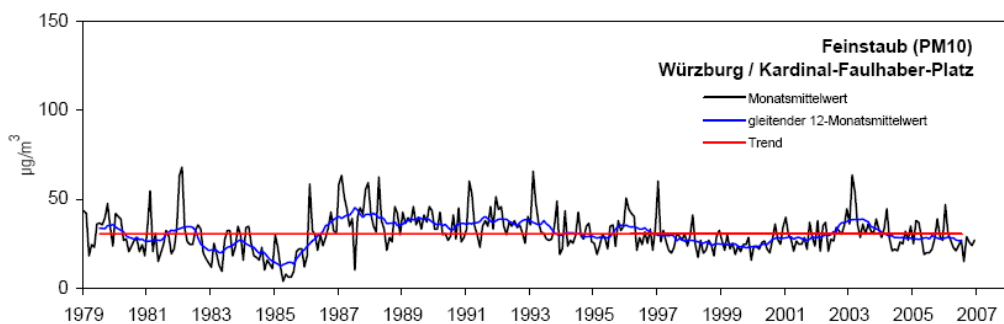
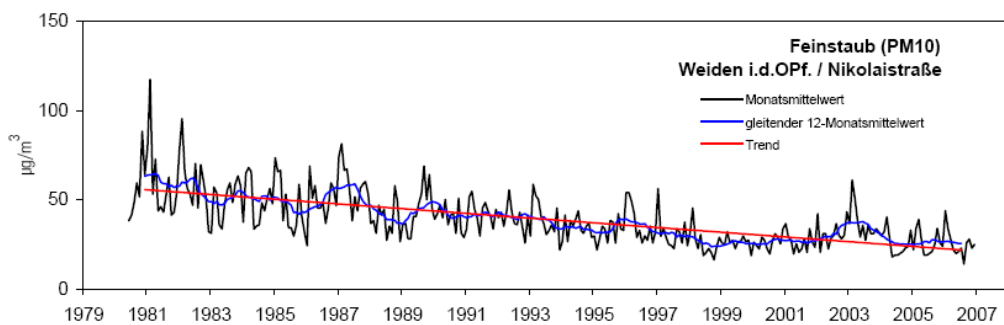
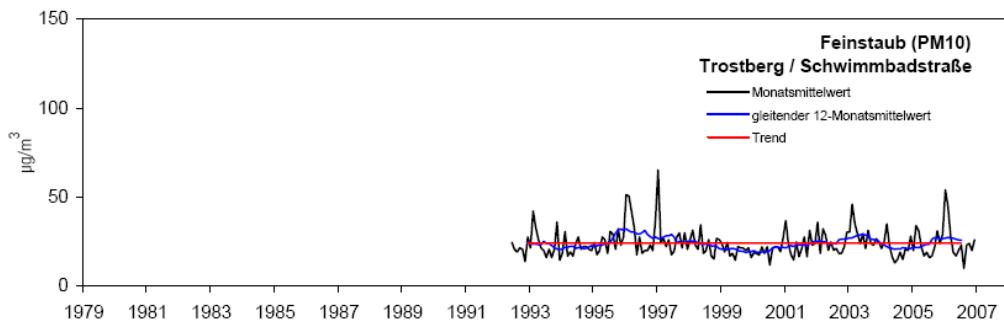
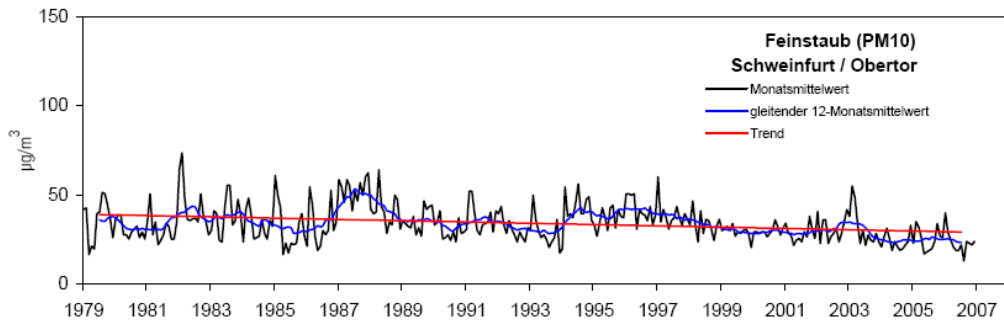
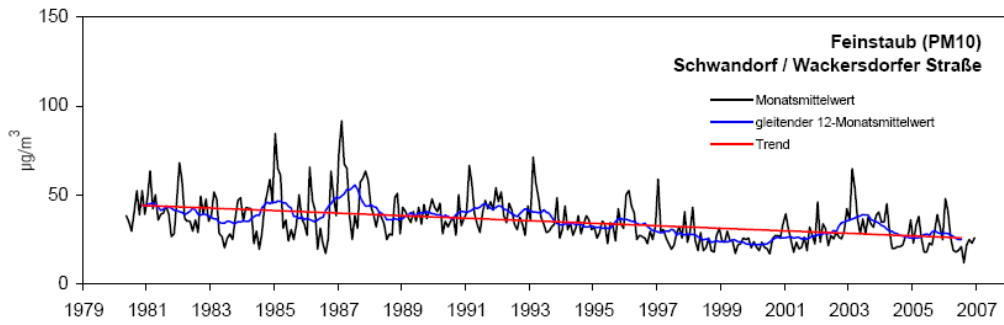


Abb. A5: PM-Trends in Bayern. Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt