

Abteilung Luft, Lärm und Klima

Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden

Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Bearbeiter: Wolf, Uwe; Kuchler, Wilfried; Mellentin, Udo
E-Mail: uwe.wolf@smul.sachsen.de
Tel.: 0351 26125106; Fax: 0351 2612-5199
Redaktionsschluss: 20.04.2011

Klassifikation der Überschreitungstage

Einführung zur Methodik

Die Klassifikation der PM₁₀-Überschreitungstage erfolgt empirisch seit 2003 durch einen möglichst umfassenden Vergleich der konkreten lufthygienischen und meteorologischen Situation an der betrachteten Station und der/den zugeordneten Hintergrundstationen. Insbesondere die Differenz zwischen den PM₁₀-Konzentrationen der städtischen und der Hintergrundstationen unter Berücksichtigung der Windrichtung und -stärke im Hintergrund liefern gute Anhaltspunkte, ob der Einfluss von lokalen Quellen oder Ferneintrag größer ist.

Beispielhaft werden nachfolgend einige typische Situationen dargestellt und erläutert. Eine ausführliche Darstellung der Methodik liefert die Anlage „Einfluss des Ferntransports_5.doc“.

Ein Beispiel für die Zuordnung zur Klasse „lokal“ wird für die Leipziger Messstellen mit Abb. gezeigt. Sehr gut lässt sich insbesondere für die Messstelle Lützner Straße der typische PM₁₀-Tagesverlauf für eine Verkehrsmessstelle beobachten. Diesen Tagesverlauf zeigt auch Leipzig-West als städtische Hintergrundmessstelle in abgeschwächter Form. Im Gegensatz dazu ist am Collnberg kein Tagesverlauf zu verzeichnen, das Tagesmittel lag bei 20 µg/m³. Ebenfalls typisch sind die sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten am gesamten Tag. Außerdem sind bei den hier auftretenden Windrichtungen vom West bis Nord in der Regel keine hohen Ferneinträge zu erwarten.

Station:	LpzMit	Lpz-Luet	LpzWest	Collm	Collm	Collm
Messwert:	PM10	PM10	PM10	PM10	WINDRI	WINDGE
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:	—	—	—	—	—	—

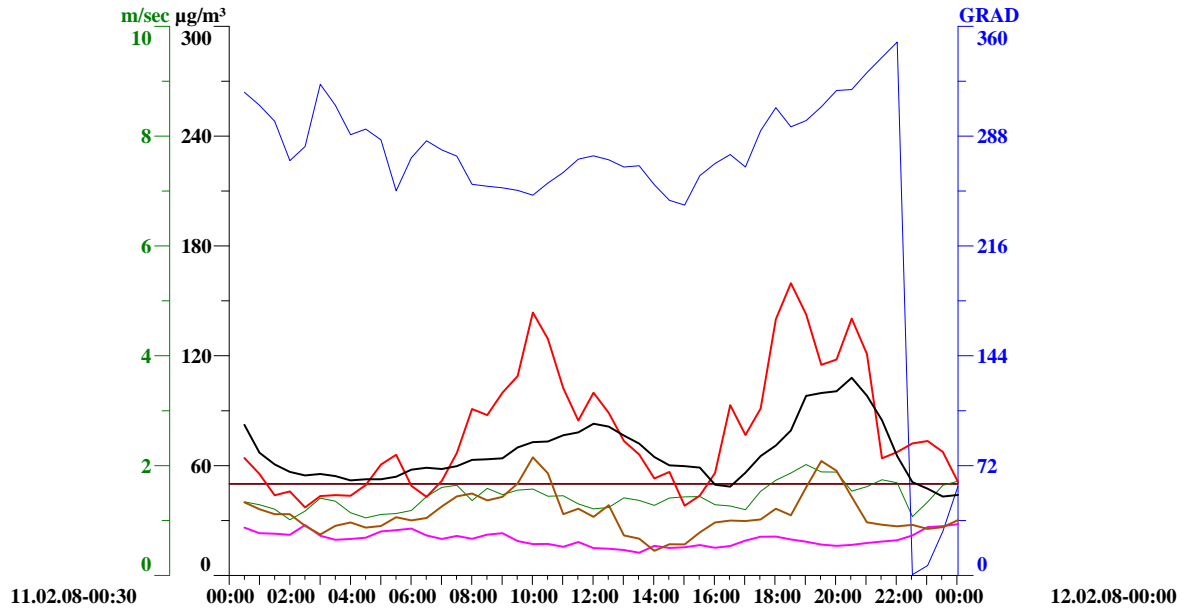


Abb. 1: Tagesgang der PM_{10} -Konzentrationen und der Windkomponenten am 11.02.08

Der 03.04.09 liefert ein besonders gutes Beispiel für die Klasse „lokal und Ferneintrag aus Südost“, hier dargestellt am Beispiel Dresden in Abb.2. Bei nahezu konstantem südöstlichem Wind geringer Stärke erreichen die umliegenden Hintergrundstationen Tagesmittelwerte um $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die damit $20\text{--}25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über dem Jahresmittel liegen aber den Grenzwert nicht überschreiten. Erst die Zusatzbelastungen aus der Stadt mit weiteren $15\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen zur Grenzwertüberschreitung.

Station:	RadeWahn	RadeWahn	RadeWahn	DD-Nord	DD-Winck	Niesky
Messwert:	PM10	WINDRI	WINDGE	PM10	PM10	PM10
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:	—	—	—	—	—	—

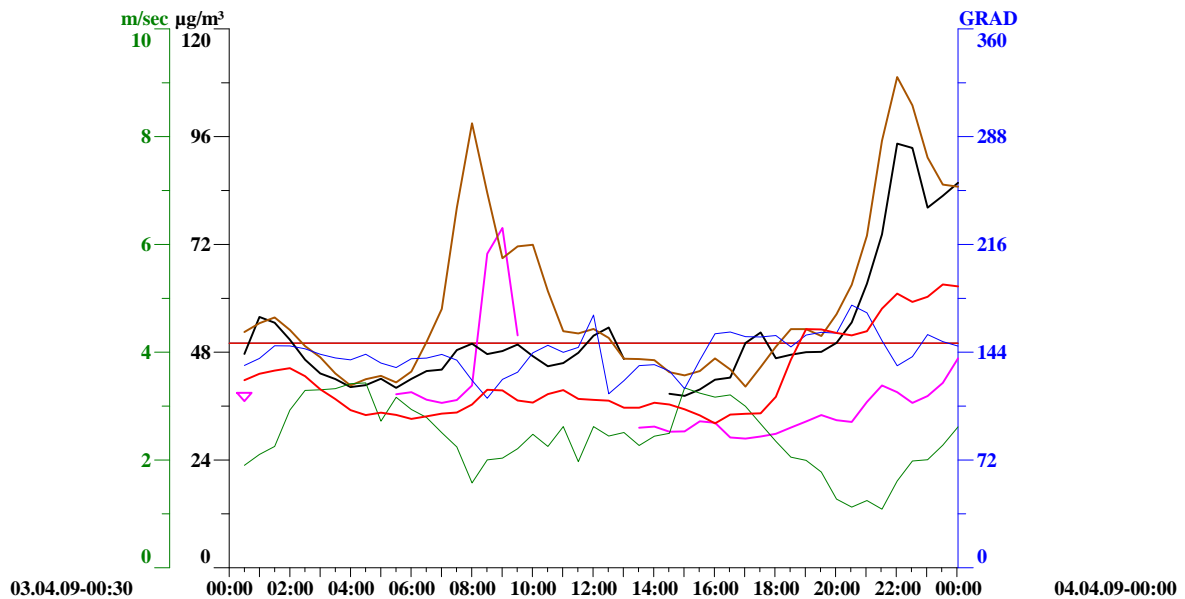


Abb. 2: Tagesgang der PM_{10} -Konzentrationen und der Windkomponenten am 03.04.09

Ein besonders markantes Beispiel für die Klasse „Feineintrag“ ereignete sich am 10. und 11.02.10, als an sämtlichen Messstellen in Sachsen Überschreitungen des Tagesmittelwertes gemessen wurden. Dabei erreichten die Hintergrundstationen Schwartenberg maximal 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und Niesky sogar 155 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In Abb. 3 ist sehr deutlich zu sehen, dass bei einer schwachen Strömung von Ost bis Südost die Konzentrationen vom Niesky und Görlitz nahezu parallel ansteigen, wobei sich der vergleichsweise geringe Zusatzbeitrag durch die Städte Görlitz/Zgorelec sehr gut abbildet. Die Drehung des Windes am Nachmittag des 10.02.10 auf Nordost und später auf Nord führt erst zur Reduktion der Differenz beider Konzentrationen, da keine Emittenten mehr zwischen beiden Messstellen liegen, und später zum Abbau der PM_{10} -Konzentrationen, da saubere Luftmassen herangeführt werden. Der untypisch langsame Abbau resultiert aus den niedrigen Windgeschwindigkeiten während des gesamten betrachteten Zeitraumes.

Station:	Niesky	Niesky	Niesky	Goerlitz
Messwert:	WINDGE	WINDRI	PM10	PM10
MW-Typ:	HMW	HMW	HMW	HMW
Muster:				

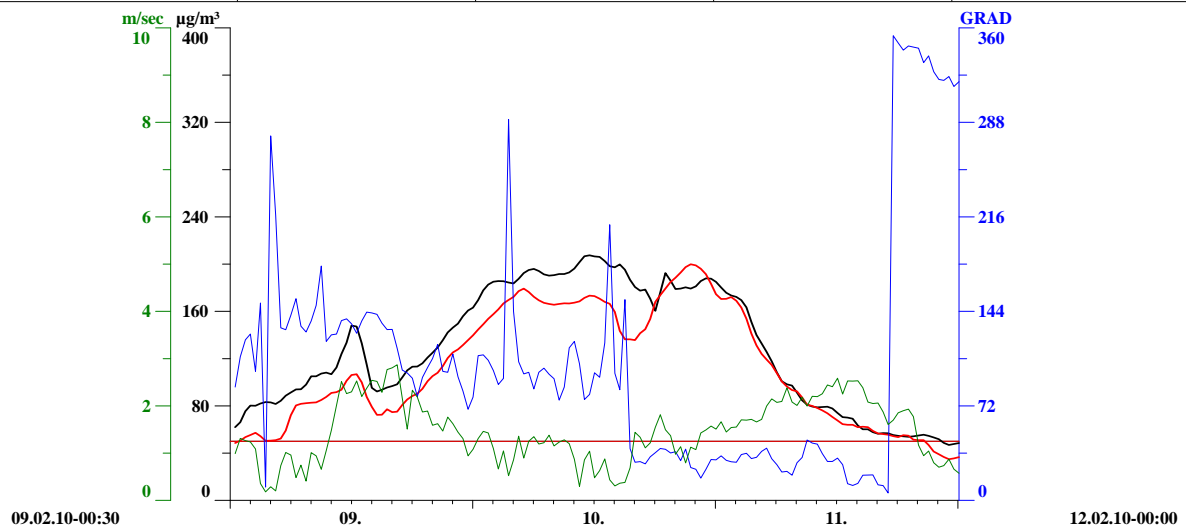


Abb. 3: Tagesgang der PM_{10} -Konzentrationen und der Windkomponenten vom 09.02.10-12.02.10

Nicht immer lässt sich eine schlüssige Erklärung der Ursachen einer Überschreitung finden. So ist z. B. der 19.12.09 mit Überschreitungen an fast allen Stationen bei einer ungewöhnlichen Windrichtung von West bis Nordwest mit den vorliegenden Mitteln nicht erklärbar.

Trend der Jahresmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten

In diesem Abschnitt soll der langjährige Trend der PM₁₀-Konzentrationen und der daraus resultierenden Überschreitungshäufigkeiten untersucht werden. Dazu werden die Ergebnisse ausgewählter Messstellen mit HVS-Messungen verwendet.

Tab. 1: Anzahl der Tage mit Tagesmitteln > 50 µg/m³ (HVS)

Stationen (10)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chemnitz Leipziger Str.	-	-	-	59	65	27	19	32	34
Chemnitz Nord	10	34	12	23	27	12	-	7	25
Dresden Bergstraße	-	-	-	42	49	27	21	42	40
Dresden Nord	35	53	32	52	67	17	-	37	37
Görlitz	38	50	26	43	39	26	24	36	48
Leipzig Lützner Str.	62	89	49	63	76	40	32	51	49
Leipzig Mitte	45	64	32	75	74	39	39	15	41
Plauen Süd	-	-	-	0	44	18	6	20	20
Zittau	-	-	17	31	25	12	11	22	41
Zwickau	-	-	-	-	-	-	10	18	39
Σ Überschreitungen	190	290	168	388	466	218	162	280	374

Tab. 1 zeigt einen Überblick über die Überschreitungstage der Messstellen, an denen schon einmal Grenzwertverletzungen (HVS) gemessen wurden. Ohne ein einheitliches Bild zu geben, liegen die Überschreitungen 2010 in derselben Größenordnung wie im Jahr 2009. Eine Entspannung der lufthygienischen Situation ist bisher nicht zu verzeichnen.

Tab. 2: Jahresmittelwerte 2002 – 2010 (HVS)

Stationen (10)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chemnitz Leipziger Str.	-	-	-	34	36	29	28	29	29
Chemnitz Nord	25	28	24	27	27	23	-	23	25
Dresden Bergstraße	-	-	-	33	36	31	29	31	31
Dresden Nord	32	36	30	34	39	28	-	30	30
Görlitz	29	34	27	32	32	28	27	29	33
Leipzig Lützner Str.	36	41	34	36	39	31	31	33	33
Leipzig Mitte	32	37	31	38	37	32	-	25	32
Plauen Süd	-	-	-	-	31	24	23	22	24
Zittau	-	-	23	27	27	22	22	24	29
Zwickau	-	-	-	-	-	-	24	25	28
Mittel	30,9	35,3	28,2	32,6	33,9	27,3	26,3	27,1	29,4

Zur Einordnung des Jahres 2010 werden die Jahresmittelwerte seit Beginn der Messungen in Tab. 2 und Abb.1 gegenübergestellt. Die rote Linie zeigt das Mittel über die betrachteten Stationen, die schwarze die Regressionsgerade. Auch wenn die Regression weiterhin einen Trend zu gering werdenden Konzentrationen ausweist, ist seit 2007 kein Rückgang der Konzentrationen, sondern in den letzten beiden Jahren sogar eine Zunahme zu verzeichnen. An den untersuchten Messstellen wurden 2010 die höchsten Jahresmittel seit 2006 gemessen.

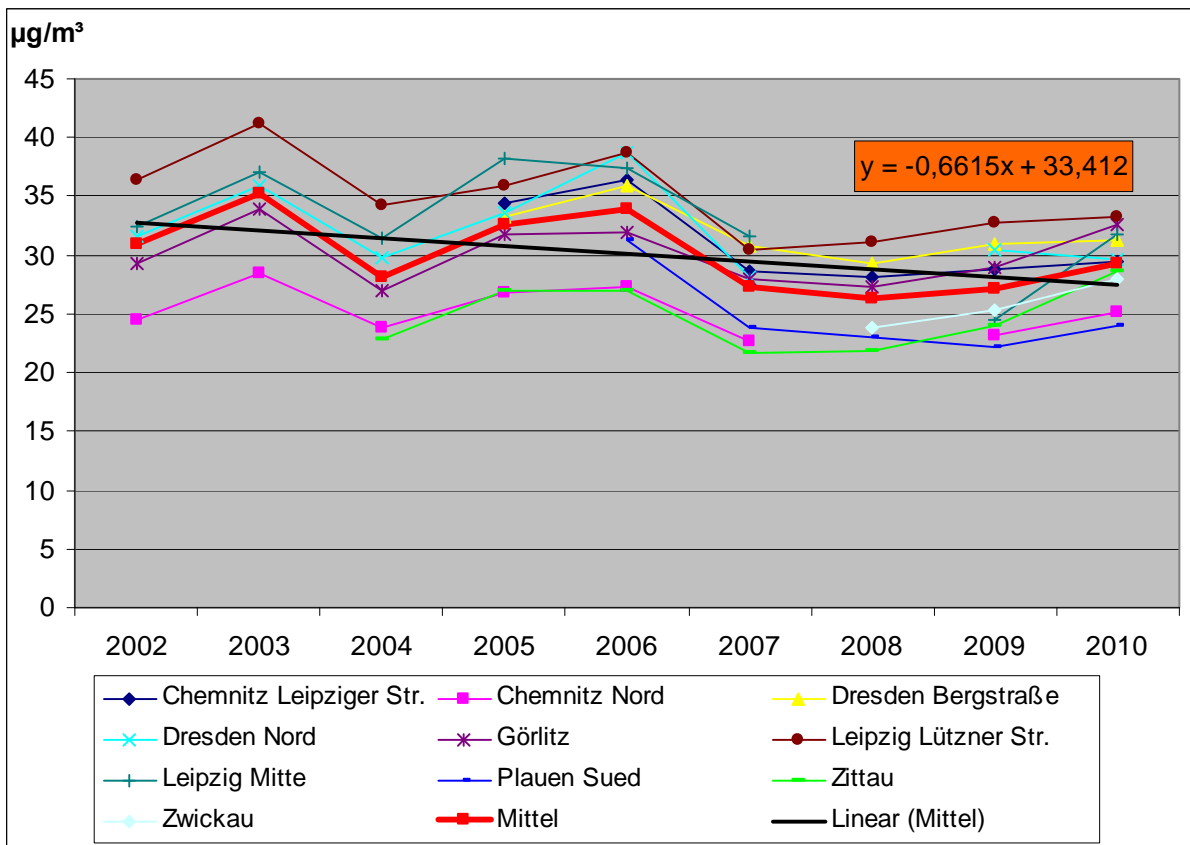


Abb. 4: Jahresmittelwerte 2002 – 2010 (HVS)

Inwieweit diese Entwicklung meteorologisch bedingt ist, soll jetzt empirisch untersucht werden.

Dazu wurde in Zusammenarbeit mit Ref. 55, Herr Mellentin die Tab. 3 zusammengestellt. Sie zeigt die Anzahl der Tage mit Großwetterlagen, die in der Regel für nord- bis südöstliche Strömungen polarer Kaltluft verantwortlich sind, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit grenzüberschreitende Transporte von Luftschadstoffen erfolgen. Als Untersuchungszeitraum wurden die Monate Januar bis April und Oktober bis Dezember gewählt, in denen mehr als 90 % aller Überschreitungen eines Jahres auftraten. Diese Untersuchung ist nicht vollständig, da solche Transporte auch bei den häufigen Großwetterlagen „Hoch Mitteleuropa“ und „Brücke Mitteleuropa“ erfolgen können. Bei diesen beiden Wetterlagen sind unterschiedliche Strömungsrichtungen möglich, so dass eine Einzeluntersuchung anhand von Wetterkarten bzw. Trajektorienberechnungen nötig wären. Die Großwetterlage „Nordost antizyklonal“, die ebenfalls zu östlichen Strömungen polarer Kaltluft führten, trat im untersuchten Zeitraum nicht auf.

Tab. 3: Großwetterlagen für Jan.-Apr. und Okt.-Dez.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hoch Fennoskandien, antizyk.					4	
Hoch Fennoskandien, zyk.			5			15
Hoch Nordfennoskandien, antizyk.	5	5				
Hoch Nordfennoskandien, zyk.	9	5		8		14
Nordost zyklonal					4	
Südost antizyk.	8	10	12	8		4
Südost zyk.		6			3	
Summe	22	26	17	16	11	33

Zu sehen ist, dass 2010 eine überdurchschnittliche Häufung von Großwetterlagen mit östlichen Strömungen zu verzeichnen ist. Dass diese Auswertung nicht vollständig und ausreichend ist, zeigt ein Blick auf das Jahr 2009. Obwohl hier die untersuchten Großwetterlagen kaum auftraten, wurden viele

Überschreitungstage verzeichnet. Wie im nächsten Kapitel gezeigt wird, ist auch der prozentuale Anteil der Tage mit überwiegendem Ferneintrag nicht klein (Tab. 7). Deshalb wurden für den Zeitraum 2005-10 den PM₁₀-HVS Tagesmitteln die Großwetterlagen nach Hess/Brezowsky zugeordnet und die mittleren PM₁₀-Konzentrationen pro Großwetterlage und Jahr über alle untersuchten Messstellen gebildet (Tab. 4).

Tab. 4: Mittelwert der PM₁₀-Konzentrationen der ausgewählten Stationen zu verschiedenen Großwetterlagen (Jan. – Apr. und Okt. – Dez.)

Großwetterlage	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Süd antizyklonal	42	49		32		26
Hochdruckbrücke Mitteleuropa	45	38	38	32	46	37
Hoch Britische Inseln		59	24		25	25
Hoch Fennoskandien antizyklonal					32	
Hoch Fennoskandien zyklonal			34			55
Hoch Mitteleuropa	38	52	44	53	45	51
Hoch Nordmeer antizyklonal	29	49	31	50		39
Hoch Nordmeer-Fennoskandien antizyklonal	31	42				
Hoch Nordmeer-Fennoskandien zyklonal	65	38		30		37
Hoch Nordmeer zyklonal	46				33	63
Nord antizyklonal					21	11
Nordost antizyklonal			17			
Nordost zyklonal					29	
Nordwest antizyklonal		32	33	25		37
Nordwest zyklonal	21	27	19	18	22	27
Nord zyklonal	26	20		15	17	24
Südost antizyklonal	47	51	43	48		53
Südost zyklonal		45			34	
Südwest antizyklonal			39	32	48	
Südwest zyklonal	41	29		32	23	34
Süd zyklonal				35		
Tief Britische Inseln				31		
Tief Mitteleuropa			38	15		
Trog Mitteleuropa	38	33	27	30	34	22
Trog Westeuropa	32		43	27	37	40
Unbestimmt	57	47	23	27	28	58
West antizyklonal	45	26	24	32		
Südliche Westlage		33	24		25	39
Winkelförmige Westlage		28	39	32	25	31
West zyklonal	25	26	19	25	19	17

Auffällig sind 2009 die ungewöhnlich hohen mittleren Konzentrationen bei den Großwetterlagen „Hochdruckbrücke Mitteleuropa“ und „Südwestlage antizyklonal“. Die Südwestlage antizyklonal trat außerdem im Untersuchungszeitraum nur in den Jahren 2007 (3 Tage), 2008 (7 Tage) und 2009 (8 Tage) auf (Tab. 5). Die hohen Konzentrationen 2009 sind insofern überraschend, weil diese Wetterlage im Winter „wärmer als normal“ [Hess und Brezowsky, Katalog der Großwetterlagen Europas, Potsdam, Offenbach 1999] beschrieben wird, deren vorherrschende Windrichtung Südwest ist. Deshalb wären eigentlich niedrigere Konzentrationen zu erwarten. An der Messstelle Dresden-Nord wurde beispielsweise allein an 6 der 8 Tage Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ bei dieser Großwetterlage verzeichnet. An den anderen untersuchten Messstellen liegt dieser Wert zwischen 2 (Zwickau) und 5 Tagen (Dresden-Bergstraße). In Tabelle 6 wird die Summe der Tage mit Überschreitungen der untersuchten Messstellen für diese Wetterlagen gezeigt. Sie verdeutlicht noch einmal die ungewöhnlichen Überschreitungsanzahlen gegenüber den anderen Jahren.

Tab. 5: Anzahl der Großwetterlagen (Jan. – Apr. und Okt. – Dez.)

Großwetterlage	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Süd antizyklonal	5	3		3		5
Hochdruckbrücke Mitteleuropa	27	17	46	21	24	26
Hoch Britische Inseln		17	16		7	4
Hoch Fennoskandien antizyklonal					4	
Hoch Fennoskandien zyklonal			5			15
Hoch Mitteleuropa	14	22	14	11	22	3
Hoch Nordmeer antizyklonal	6	4	4	3		8
Hoch Nordmeer-Fennoskandien antizyklonal	5	5				
Hoch Nordmeer-Fennoskandien zyklonal	9	5		8		14
Hoch Nordmeer zyklonal	6				3	7
Nord antizyklonal					3	5
Nordost antizyklonal			3			
Nordost zyklonal					4	
Nordwest antizyklonal		6	3	8		1
Nordwest zyklonal	36	14	21	8	20	9
Nord zyklonal	5	4		8	11	4
Südost antizyklonal	8	10	12	8		4
Südost zyklonal		6			3	
Südwest antizyklonal			3	7	8	
Südwest zyklonal	18	38		9	13	23
Süd zyklonal				3		
Tief Britische Inseln				3		
Tief Mitteleuropa			4	6		
Trog Mitteleuropa	37	21	16	22	14	19
Trog Westeuropa	9		5	10	29	17
Unbestimmt	1	1	2	4	3	6
West antizyklonal	5	7	3	17		
Südliche Westlage		9	7		12	14
Winkelförmige Westlage		6	5	5	12	8
West zyklonal	21	17	43	49	20	20

Tab.6: Summe der Überschreitungstage der beiden Großwetterlagen (Jan.–Apr.; Okt.–Dez.)

Großwetterlage	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hochdruckbrücke Mitteleuropa	66	35	67	10	76	40
Südwest antizyklonal			1	5	34	

Bei dieser Wetterlage können in Abhängigkeit von der Lage des Zentrums des Tiefdruckgebietes am Rand der Front südliche, durch das Elbtal in südöstliche Strömungen umgelenkte Strömungen entstehen, die hoch belastete Luftmassen aus den Böhmisches Becken nach Sachsen führen. Die hier nicht aufgeführten Bodenwetterkarten des Zeitraums und die in Abb. 5 als Beispiel angeführte Windkarte vom 13.01.09 belegen diese Vermutung.

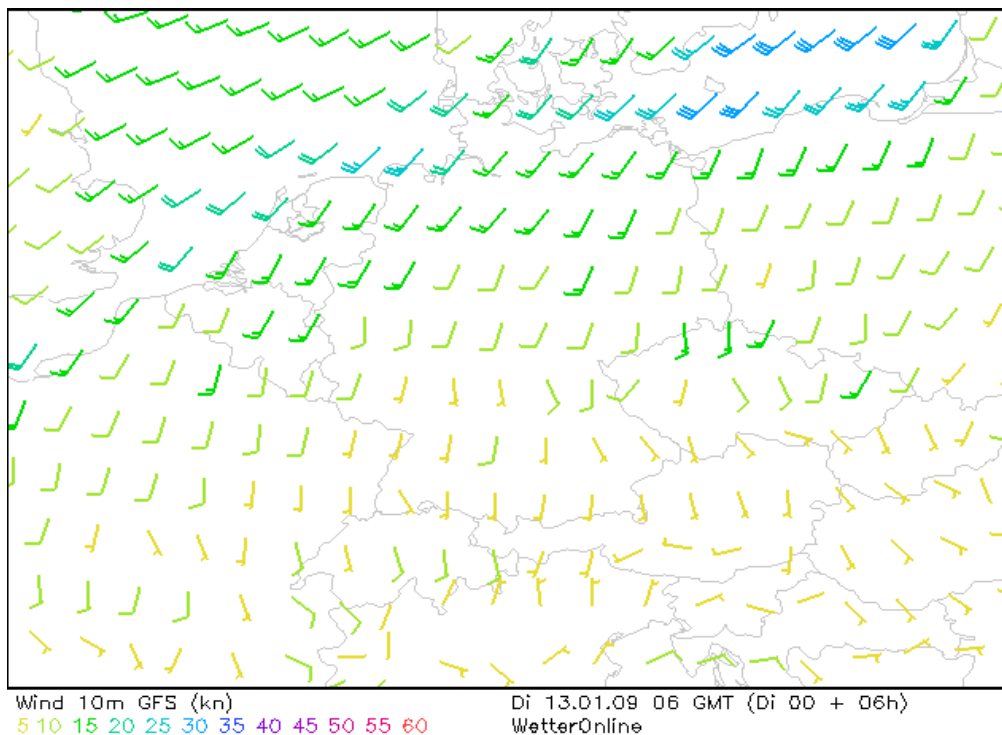


Abb. 5: großräumige Windströmung am 13.01.09
 [Wetteronline; http://profi.wetteronline.de/gfs/frame/uv10_frame.htm]

Das oben gezeigte Beispiel verdeutlicht, dass es oftmals nicht möglich ist, durch einfache Auswertungen zu einem ausreichend gesicherten Resultat zu kommen. Sehr gut ist das auch anhand der Tab. 7 zu erkennen. Hier wurden für die Großwetterlage „Hochdruckbrücke Mitteleuropa“ der letzten 3 Jahre für die untersuchten Messstellen die Tagesmittel der PM₁₀-Konzentrationen über die Tage gemittelt, an denen diese Wetterlage auftrat. Obwohl die Häufigkeit dieser Wetterlage für diese Jahre vergleichbar ist und dazu die Messwerte meist vorliegenden, ist die Variabilität der Ergebnisse sowohl räumlich als auch zeitlich sehr groß.

Tab. 7: Anzahl der Tage und mittlere PM10-Konzentration für die Großwetterlage „Hochdruckbrücke Mitteleuropa“

Station	2008		2009		2010	
	Mittel	Anzahl	Mittel	Anzahl	Mittel	Anzahl
Chemnitz Leipziger Str.	33,84	21	48,12	24	39,58	26
Chemnitz Nord	24,41	21	40,69	7	35,99	26
Dresden Bergstraße	32,53	21	48,26	24	38,33	26
Dresden Nord	37,20	21	47,22	24	37,31	26
Görlitz	33,00	21	43,52	24	37,75	26
Leipzig Lützner Str.	34,58	21	56,13	24	44,36	23
Leipzig Mitte	42,17	18	45,52	18	37,67	26
Plauen Süd	27,79	19	38,22	24	34,02	25
Zittau	26,66	21	43,73	10	32,58	25
Zwickau	22,10	2	41,89	17	37,67	26
Mittel	32,25		45,96		37,48	

Deshalb werden derzeit zwei Projekte für weitergehende Untersuchungen begonnen. Erstens werden umfangreiche Rückwärtstrajektorienberechnungen für einzelne Tage im Erzgebirge durch das IFT durchgeführt und zweitens wird ein Projekt in Zusammenarbeit mit Ref. 55 ausgeschrieben, das unter

anderem den Einfluss der Entwicklung der Großwetterlagen auf die Immissionsentwicklung untersucht.

Die in der Summe ungewöhnlich hohe Anzahl von Überschreitungstagen in den Wintermonaten zeigen auch die Abb. 6 und 7, in denen die Verteilung der Überschreitungstage der einzelnen Monate dargestellt werden. Während die von 2005 bis 2009 monatlich gemittelten Überschreitungstage die höchsten Werte im Januar, März und April zeigen, sind 2010 in den Wintermonaten teilweise mehr als doppelt so viele Überschreitungstage registriert worden. Im Monat März lagen die Überschreitungsanzahlen in beiden Fällen in der gleichen Größenordnung. Obwohl in den übrigen Monaten 2010 meist weniger Überschreitungstage gezählt wurden, konnten die häufigeren Überschreitungen im Winter nicht kompensiert werden.

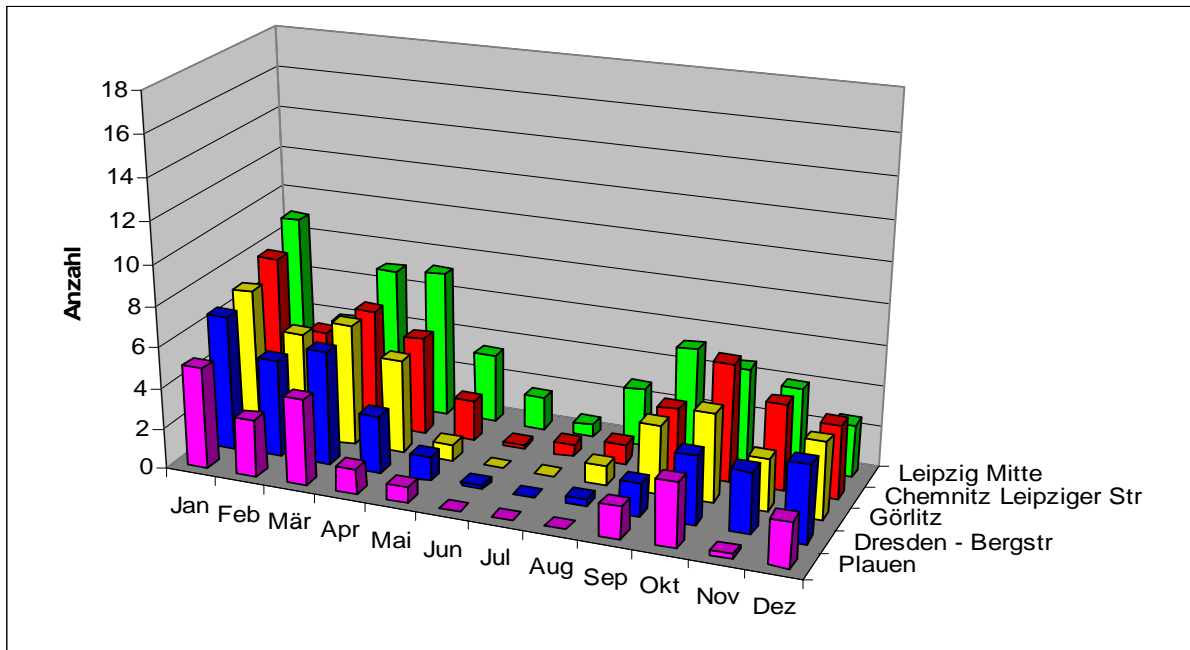


Abb. 6: Mittelwerte der Anzahl monatlicher Überschreitungen (2005 bis 2009)

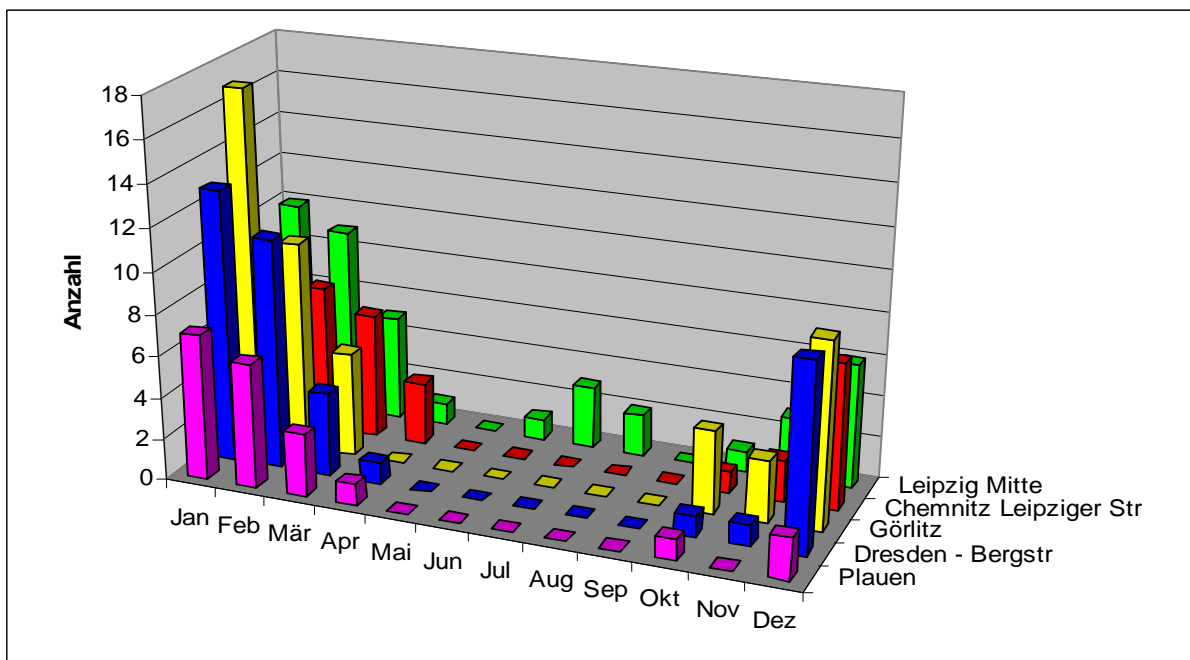


Abb. 7: Anzahl monatlicher Überschreitungen (2010)

Trend der Jahresmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten

Um den Einfluss der Meteorologie im Verlauf eines oder mehrerer Tage auf die gemessenen PM₁₀-Konzentrationen abschätzen zu können, muss auf TEOM-Messungen zurück gegriffen werden, da nur diese in ausreichender zeitlicher Auflösung vorliegen (Halbstundenwerte). Nur so lassen sich direkte Erkenntnisse über den Zusammenhang von Windrichtung und -geschwindigkeit und Änderungen im PM₁₀-Konzentrationsverlauf gewinnen.

In der Anlage befinden sich die Ergebnisse der Klassifikation ausgewählter Messstellen seit Untersuchungsbeginn. Zu beachten ist, dass auch hier nur Automatenmessungen klassifiziert wurden und nachträgliche Änderungen der Daten nicht berücksichtigt werden konnten.

In Tab. 8 werden die prozentualen Anteile des Ferneintrages jährlich gegenübergestellt. In der Anlage finden sich die absoluten Zahlen für alle betrachteten Stationen. Zu beachten ist, dass die Zahlen vor 2008 aus einem früheren Bericht übernommen wurden und teilweise nicht mehr aktuell sind, da nachträgliche Änderungen und Datenkorrekturen nicht eingearbeitet werden konnten. Das wird bei freier Zeitkapazität nachgeholt.

Tab. 8: Prozentualer Anteil der PM₁₀-Überschreitungstage mit überwiegendem Ferneintrag (Datengrundlage: TEOM-Messwerte)

Stationen	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chemnitz Leipziger Str.	24	74	64	50	43	48
Chemnitz Nord	39	78	63	18	34	47*
Dresden Bergstraße	-	55	63	18	45	69
Dresden Nord	24	25	44	9	33	73
Görlitz	38	33	22	29	62	68
Leipzig Lützner Str.	42	34	40	17	16	48
Leipzig Mitte	0	19	31	10	10	24*
Plauen Süd	0	41	40	60	30	58
Zwickau	45	61	50	57	19	54

* Messungen mit langen Ausfallzeiten (Chemnitz-Nord im Jan., Leipzig-Mitte Jan.- März)

Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass die Schwankungsbreite der Anteile sowohl zwischen Stationen innerhalb eines Jahres, als einer Station über mehrere Jahre sehr groß ist. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da die Überschreitungshäufigkeiten bekanntermaßen stark von den meteorologischen Bedingungen des jeweiligen Jahres und von der geographischen Lage der Messstellen (Orographie, Entfernung von den Grenzen) abhängen. Deutlich erkennbar ist, dass 2010 alle Stationen, die durchgehend gemessen haben, mit mindestens fast 50 % einen hohen Anteil an Tagen hatten, die überwiegend durch Ferntransporte geprägt wurden. Besonders hoch war der Anteil in Dresden und Görlitz/Zgorzelec. Die Tage an denen überwiegend lokale Einflüsse für die Überschreitungen verantwortlich sind, verringern sich (Tab 9). Die fehlenden Anteile sind Tage, an denen sowohl lokale Einflüsse als auch Transporte einen Einfluss hatten.

Tab. 9: Anteil der PM₁₀-Überschreitungstage mit überwiegend lokalen Emissionen
(Datengrundlage: TEOM-Messwerte)

Stationen	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chemnitz Leipziger Str.	29	14	14	33	17	19
Chemnitz Nord	17	38	38	59	28	27*
Dresden Bergstraße	-	31	31	59	10	6
Dresden Nord	46	56	56	66	13	4
Görlitz	27	57	57	19	10	8
Leipzig Lützner Str.	26	58	58	57	44	35
Leipzig Mitte	89	64	64	69	40	59*
Plauen Süd	24	47	47	20	15	21
Zwickau	36	50	50	0	25	31

* Messungen mit langen Ausfallzeiten (Chemnitz-Nord im Jan., Leipzig-Mitte Jan.- März)

Auch hier ist zu erkennen, dass in Dresden und Görlitz in den letzten beiden Jahren die Tage mit vorwiegend lokal verursachten Immissionen drastisch zurückgegangen sind. In Leipzig ist dieser Effekt nicht mehr so deutlich. Die Ursachen sind vermutlich der höhere lokale Anteil und die große Entfernung von den Grenzen, wodurch der Einfluss des Ferneintrages nachlässt und auch die umfangreichen Bauarbeiten in der Nähe der Messstellen.

Da in Dresden der an der Messstelle gezählte Verkehr in den letzten Jahren tendenziell rückläufig war, wurde die Verringerung des lokalen Verkehrs als mögliche Ursache für die Verringerung des lokalen Anteils geprüft. Das konnte für die anderen Städte nicht bestätigt werden. Der meteorologische Einfluss ist vermutlich die entscheidende Ursache. Auch hier sind durch die oben angeführten Projekte fundiertere Erkenntnisse zu erwarten.

Eine Klassifikation der Tage mit überwiegendem Ferntransport hinsichtlich der Hauptwindrichtung wird in der Anlage Tab. A1-A9 aufgelistet.

Anlage:

Tab. A1: Klassifikation der Überschreitungstage 2002

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifi- zierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Leipzig Lützner Str.	40	32	14	-	17	6	6	32
Leipzig Mitte	46	9	13	-	7	3	-	29

Tab. A2: Klassifikation der Überschreitungstage 2003

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifi- zierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Nord	33	12	10	-	-	2	-	21
Dresden Nord	58	24	2	-	1	1	4	4
Görlitz	10	4	4	2	2	1	1	38
Leipzig Lützner Str.	47	36	21	-	8	11	2	32
Leipzig Mitte	38	20	14	-	9	9	5	34

Tab. A3: Klassifikation der Überschreitungstage 2004

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifi- zierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Nord	5	6	6	-	-	-	-	35
Dresden Nord	28	11	2	-	-	-	4	4
Görlitz	11	7	1	-	5	1	-	28
Leipzig Lützner Str.	16	20	12	-	6	12	2	44
Leipzig Mitte	48	5	-	-	2	-	3	3
Plauen Süd	7	4	-	-	-	-	-	0

Tab. A4: Klassifikation der Überschreitungstage 2005

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifizierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Leipz. Str.	15	24	11	-	-	1	-	24
Chemnitz Nord	4	10	8	-	-	1	-	39
Dresden Nord	19	11	5	-	5	-	1	24
Görlitz	7	9	3	-	7	-	-	38
Leipzig Lützner Str.	14	13	7	-	8	7	4	42
Leipzig Mitte	62	4	-	-	-	-	4	0
Plauen Süd	9	28	-	-	-	-	-	0
Zwickau	4	2	2	1	1	1	-	45

Tab. A5: Klassifikation der Überschreitungstage 2006

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifizierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Leipz. Str.	16	1	38	7	2	8	2	74
Chemnitz Nord	3	1	9	-	5	-	-	78
Dresden Bergstraße	20	2	16	8	3	1	1	55
Dresden Nord	30	6	11	-	1	1	2	25
Görlitz	15	10	2	6	3	2	2	33
Leipzig Lützner Str.	46	11	17	2	6	4	-	34
Leipzig Mitte	34	9	7	1	1	1	-	19
Plauen Süd	5	11	3	6	-	4	3	41
Zwickau	3	4	14	2	3	1	6	61

Tab. A6: Klassifikation der Überschreitungstage 2007

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifizierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Leipz. Str.	6	8	16	-	5	6	1	64
Chemnitz Nord	3	-	3	1	-	1	-	63
Dresden Bergstraße	10	-	13	2	4	1	2	63
Dresden Nord	9	-	6	1	-	-	-	44
Görlitz	21	7	-	4	-	4	1	22
Leipzig Lützner Str.	23	1	8	1	6	1	-	40
Leipzig Mitte	25	2	5	-	2	5	-	31
Plauen Süd	7	2	1	5	-	-	-	40
Zwickau	7	-	5	-	1	1	-	50

Tab. A7: Klassifikation der Überschreitungstage 2008

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifizierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Leipz. Str.	2	1	3	-	-	-	-	50
Chemnitz Nord	13	5	4	-	-	-	-	18
Dresden Bergstraße	10	4	1	1	1	-	-	18
Dresden Nord	23	9	1	1	1	-	-	9
Görlitz	4	11	3	1	1	1	-	29
Leipzig Lützner Str.	13	6	2	-	2	-	-	17
Leipzig Mitte	27	8	2	-	2	-	-	10
Plauen Süd	1	1	3					60
Zwickau	0	3	4					57

Tab. A8: Klassifikation der Überschreitungstage 2009

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifizierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Leipz. Str.	4	9	9	-	-	1	-	43
Chemnitz Nord	8	11	10	-	-	-	-	34
Dresden Bergstraße	2	9	7	-	-	2	-	45
Dresden Nord	5	22	9	-	-	4	-	33
Görlitz	4	12	13	-	13	-	-	62
Leipzig Lützner Str.	14	13	4	-	-	1	-	16
Leipzig Mitte	12	15	3	-	-	0	-	10
Plauen Süd	3	11	4	-	-	2	-	30
Zwickau	8	18	4	1	-	1	-	19

Tab. A9: Klassifikation der Überschreitungstage 2010

Stationen	Lokal	Lokal und Ferneintrag	Ferneintrag aus Südost	Ferneintrag aus Nordost	Ferneintrag aus Ost	Sonstiger Ferneintrag	nicht klassifizierbar	Anteil des Ferneintrags in Prozent
Chemnitz Leipz. Str.	5	9	8	3	1	1	-	48
Chemnitz Nord	4	4	4	2	1	-	-	47
Dresden Bergstraße	2	8	10	2	4	9	1	69
Dresden Nord	1	5	6	2	2	9	1	73
Görlitz	3	9	4	3	5	14	-	68
Leipzig Lützner Str.	14	7	7	2	6	4	-	48
Leipzig Mitte	10	3	2	2	-	-	-	24
Plauen Süd	4	4	7	1	-	3	-	58
Zwickau	8	4	7	1	-	6	-	54

Anlage

Methodik zur Ermittlung des Ferneintragsanteils

Zur Untersuchung wurden zunächst die PM₁₀-Halbstundenmesswerte mit den zugehörigen meteorologischen Daten, wie Windrichtung und Geschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck, der zu betrachteten Messstellen zusammengestellt. Gleichzeitig wurden sämtliche Tagesmittelwerte der sächsischen Messstellen in einer Tabelle zusammengestellt, so dass die einzelnen Tage die Zeilen und die Messstellen die Spalten bildeten. Die Tage mit PM₁₀-Konzentrationen >50µg/m³ wurden farblich markiert, wodurch Episoden erhöhter PM₁₀-Konzentrationen einfach ermittelt werden konnten. Gesucht wurde nach Episoden, bei denen besonders viele Stationen gleichzeitig Überschreitungen registriert hatten und Episoden, bei denen an einzelnen Stationen mehrere Tage in Folge Überschreitungen auftraten.

Die Aufbereitung der Daten erfolgt mit Excel-Makros, die graphische Darstellung mit ADVIS. Zunächst wurde für die überschrittenen Tage stationsweise eine Klassifikation der Halbstundenwerte vorgenommen. Dazu wurde die Windrichtung in zwölf Sektoren zu 30° und die Windgeschwindigkeit in sieben Klassen unterteilt. Der Windrichtungssektor 1 (WR1) verläuft dabei von 345° bis 15°, der Sektor 2 (WR2) von 15° bis 45° usw.. Die sieben Klassen der Windgeschwindigkeit gehen von Klasse 0 (WG0) 0-0,4m/s, Klasse 1 (WG1) 0,4-1m/s, Klasse 2 (WG2) 1-2m/s ... zu WG5 4-5 m/s und WG6 >=5m/s. Innerhalb der Sektoren bzw. Klassen wurden die Anzahl und der Mittelwert der zugehörigen PM₁₀-Halbstundenmittelwerte bestimmt.

Da die Messstellen in größeren Städten häufig in Straßenschluchten liegen, so dass die Winddaten durch Kanalisationseffekte und geringere Windgeschwindigkeiten wenig aussagekräftig sind, wurden, wo möglich, die PM₁₀-Werte mit meteorologischen Daten nahe gelegener Messstellen mit möglichst freier Anströmung, kombiniert, so Görlitz und Bautzen mit Niesky, Dresden mit Radebeul/Wahnsdorf, Chemnitz, Zwickau, Glauchau und Klingenthal mit Carlsfeld, Freiberg mit Schwartenberg, Plauen-Süd mit Plauen DWD, Leipzig, Delitzsch und Borna mit Collmberg.

Es erfolgte eine erste Grobklassifikation nach Tagen an denen überwiegend Ferntransport (Immissionen, deren Emissionen nicht durch Quellen in oder in unmittelbarer Nähe der betrachteten Kommune verursacht werden) aus den jeweiligen Hauptwindrichtungen Ursache der erhöhten PM₁₀-Konzentrationen war, Tagen, an denen die Überschreitungen lokal erzeugt wurden, und Tagen, die aufgrund mangelnder bzw. widersprüchlicher Daten nicht klassifizierbar sind. Insbesondere Tage hoher PM₁₀-Konzentration mit mittleren bzw. hohen Windgeschwindigkeiten aus einer vorherrschenden Richtung lassen vermuten, dass ein großer Anteil des gemessenen PM₁₀ auf Ferntransport zurückzuführen ist. Dieses Indiz ist aber für eine abschließende Zuordnung allein nicht ausreichend. Um eine fundiertere Aussage treffen zu können, wurde für diese Episoden der Konzentrationsverlauf benachbarter in der Hauptwindrichtung liegender Messstellen, teilweise auch im gesamten Sachsen betrachtet.

Im Gegensatz dazu sind für Tage, an denen die Überschreitungen vor allem lokal erzeugt wurden, drehende Winde geringer Geschwindigkeit (häufig im Winterhalbjahr bei Hochdruckwetterlagen) charakteristisch. Oft ist eine Kombination beider Ursachen für die PM₁₀-Konzentration verantwortlich. Der Versuch einer Abschätzung der jeweiligen Anteile unter Berücksichtigung der Messungen an den Hintergrundmessstellen Schwartenberg und Collmberg ist sehr problematisch. Insbesondere ist der Anteil an grenzüberschreitendem Transport in unmittelbarer Grenznähe nur dann abschätzbar, wenn keine weiteren größeren Emittenten zwischen Grenze und Messstelle liegen.

Für die im Landesinneren liegenden Städte kann dieser Anteil mit dieser Methodik nicht ausgewiesen werden. Notwendig dafür ist eine episodische Ausbreitungsrechnung mit genauer Kenntnis der Emissionen in Sachsen und den umliegenden Staaten, der genauen meteorologischen Verhältnisse einschließlich der Ausbreitungsklassen und Mischungsschichthöhen, der Orographie und der Landnutzung. Abschließend bleibt darauf hinzuweisen, dass die folgenden empirischen Auswertungen schon auf Grund der beschränkten Zahl an betrachteten Eingangsgrößen und der Komplexität der PM₁₀ Problematik keinen fundierten wissenschaftlichen Hintergrund haben, die getroffenen Zuordnungen aber nach Überzeugung des Autors mit hoher Wahrscheinlichkeit einer fundierten Überprüfung standhalten würden.