



Auftraggeber:

Magistrat Graz, Umweltamt

Endbericht

November 2004

Univ.-Prof. Dr. Ernst Stadlober

Brigitte Pfeiler

TU GRAZ

INHALTSVERZEICHNIS

1)	EINLEITUNG	3
2)	DATENMATERIAL.....	6
3)	EXPLORATIVE ANALYSE DER DATEN	7
4)	ANALYSEN FÜR GRAZ-NORD	13
5)	ANALYSEN FÜR GRAZ-MITTE	23
6)	ANALYSEN FÜR GRAZ-OST	33
7)	ANALYSEN FÜR GRAZ-DON BOSCO.....	38
8)	ANALYSEN FÜR GRAZ-SÜD	45
9)	ANALYSEN FÜR GRAZ-PLATTE.....	49
10)	ANHANG: KFZ - AUSWERTUNGEN	55
11)	ZUSAMMENFASSUNG	72

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen und Hinzufügen, veröffentlicht werden. Sollte er auszugsweise abgedruckt oder vervielfältigt werden, so ist vorher die schriftliche Genehmigung der Ersteller einzuholen.

1) EINLEITUNG

Beschreibung der 6 Grazer Messorte

Gesetzliche Grundlagen: Immissionsschutzgesetz-Luft, IG-L (BGBl. I Nr. 115/1997),
Bundesluftreinhaltegesetz (BGBl. I Nr. 137/2002)
Ozongesetz (BGBl. Nr. 210/1992)

Betreiber: Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung 17C
Referat Luftgüteüberwachung

LUFTGÜTEMESSTATION GRAZ-NORD

<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10076775/2061730/>

Seehöhe: 348 m
Messziel: Erfassung der Immissionsstruktur im aufgelockerten Siedlungsbereich
der Landeshauptstadt
Inbetriebnahmedatum: Jänner 1987
Feinstaubmessung: 21.07.2000

LUFTGÜTEMESSTATION GRAZ-MITTE

<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10076481/2061730/>

Seehöhe: 350 m
Messziel: Erfassung der Immissionsstruktur im Zentrum der Landeshauptstadt
Inbetriebnahmedatum: November 1989
Feinstaubmessung: 23.03.2001

LUFTGÜTEMESSTATION GRAZ-OST

<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10076939/2061730/>

Seehöhe: 366 m
Messziel: Erfassung der Immissionsstruktur im aufgelockerten Siedlungsbereich
der Landeshauptstadt
Inbetriebnahmedatum: November 1989
Feinstaubmessung: 23.03.2001

LUFTGÜTEMESSTATION GRAZ–DON BOSCO<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10060856/2061730/>

Seehöhe: 358 m
Messziel: Erfassung der Immissionsstruktur im verkehrsnahen Bereich
Inbetriebnahmedatum: Jänner 2000
Feinstaubmessung: 01.07.2000

LUFTGÜTEMESSTATION GRAZ-SÜD TIERGARTENWEG<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10077052/2061730/>

Seehöhe: 345 m
Messziel: Erfassung der Immissionsstruktur im gewerblich-industriell dominierten Bereich der Landeshauptstadt
Inbetriebnahmedatum: Jänner 1987 bis April 2003 in der Herrgottwiesgasse April 2003
Feinstaubmessung: 25.04.2003

LUFTGÜTEMESSTATION GRAZ-PLATTE<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10077005/2061730/>

Seehöhe: 661 m
Messziel: Erfassung der Ozonverteilung im Rahmen eines Höhenprofils in der Landeshauptstadt
Inbetriebnahmedatum: März 1990
Feinstaubmessung: 01.07.2003

Berichte des Instituts für Statistik**1. Endbericht vom 06.10.2003**

<u>Analysezeiträume:</u>	1) 16.11.2002 00:30 Uhr - 16.12.2002 24:00 Uhr 2) 01.02.2003 00:30 Uhr - 03.03.2003 24:00 Uhr
<u>Messstellen:</u>	<i>Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost und Graz-Don Bosco</i>
<u>Zusammenfassung:</u>	Im Beobachtungszeitraum hat es 43 Überschreitungen des PM10-Grenzwertes von 50 µg/m³ gegeben. Nimmt man für diesen Zeitraum den „Sonntagsverkehr“ an, dann würde die Anzahl der Überschreitungen von 43 auf 20 zurückgehen. Der Vergleich der Werktage mit den Sonntagen zeigte, dass unter konstanten Umweltbedingungen die Feinstaubbelastung an Sonntagen um mindestens 40% sinkt. Die PM10-Konzentration sinkt mit steigender Lufttemperatur und relativer Feuchte, höherem Niederschlag und zunehmender Windgeschwindigkeit. Sie steigt bei Inversionswetterlage. Die PM10-Konzentration erhöht sich bei steigendem Verkehr (abgeschätzt durch Verkehrsganglinien, keine gemessenen Werte).

2. Endbericht vom 05.04.2004

<u>Analysezeiträume:</u>	1) 20.05.2003 00:30 Uhr - 27.05.2003 24:00 Uhr 2) 10.06.2003 00:30 Uhr - 29.06.2003 24:00 Uhr 3) 09.07.2003 00:30 Uhr - 30.09.2003 24:00 Uhr 4) 01.10.2003 00:30 Uhr - 31.12.2003 24:00 Uhr
<u>Messstellen:</u>	<i>Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost, Graz-Don Bosco und Graz-Süd</i>
<u>Zusammenfassung:</u>	Erstaunlich war, dass in der betrachteten, bisher immer als harmlos angesehenen Zeitperiode von Mai bis September 2003 bereits 15 Überschreitungen (fast die Hälfte der erlaubten Überschreitungen pro Jahr) des PM10 Grenzwertes von 50 µg/m³ zu registrieren waren. Im Zeitraum Oktober bis Dezember 2003 kam es an 43 Tagen zu Überschreitungen, die zu 81% an Tagen mit Inversionswetterlagen auftraten. Die Analysen zeigten weiters, dass bei Inversionswetterlage eine starke Abhängigkeit der PM10-Belastung von der Kfz-Frequenz vorliegt, während dies an inversionsfreien Tagen nicht der Fall ist.

2) DATENMATERIAL

Für die Analyse des Feinstaubproblems in Graz wurden uns von der FA 17C der Stmk. Landesregierung (Hr. Mag. Schopper) die Luftgüte- und Wetterdaten für 9 Messstellen in Graz und Graz-Umgebung zur Verfügung gestellt.

Die PM10-Werte für den Zeitraum **1.10.2003 00:00 Uhr - 31.3.2004 24:00 Uhr** wurden an den 6 Grazer Messorten *Graz-Nord*, *Graz-Mitte*, *Graz-Ost*, *Graz-Don Bosco*, *Graz-Süd* und *Platte* gemessen, wobei wir auf **183 Tage** (=50%) der Herbst-Wintersaison zurückgreifen konnten.

Tabelle 1: Basisdaten, 4-Stunden- Mittelwerte

Merkmal	Graz Nord	Graz Mitte	Graz Ost	Graz Don-Bosco	Graz Süd	Schloßberg	Platte	Kalkleiten	Schöckl
Datum	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Uhrzeit (4-Stunden Mittelwerte)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Feinstaub (PM10)	x	x	x	x	x		x		
Stickstoffoxide (NO, NO2)	x	x	x	x	x				
Ozon (O3)	x				x	x	x		
Lufttemperatur	x	x		x		x	x	x	x
Relative Luftfeuchte	x	x		x		x	x	x	x
Niederschlag	x								
Mittlere Windgeschwindigkeit	x	(x)			x	x	x	x	x
Spitzengeschwindigkeit	x	(x)			x	x	x	x	x
Vektorielle Windrichtung	x	(x)			x	x	x	x	x

Anmerkungen zu den Basisdaten:

- Die PM10-Werte sind fast vollständig an allen Messstellen vorhanden. Nur von der Messstelle Platte sind die Daten erst ab November 2003 verfügbar.
- Der Niederschlag wurde (leider) nur in Graz-Nord gemessen.
- Die Analyse der Inversionswetterlage erfolgte auf der Basis der Differenz der Lufttemperaturen von Graz und Kalkleiten.
- Für die Analysen wurden die 4h-Mittelwerte und die Tagesmittelwerte = 24h-Mittelwerte der Variablen PM10, Lufttemperatur, Relative Luftfeuchte, Mittlere Windgeschwindigkeit und Vektorielle Windrichtung berechnet. Der Niederschlag wurde als Summe des Niederschlags innerhalb von 4h bzw. 24h bestimmt, während die Spitzengeschwindigkeit des Windes als Maximum der Windgeschwindigkeiten innerhalb von 4h bzw. 24h ermittelt wurde.

Um den Zusammenhang zwischen **Feinstaub** und **Verkehr** studieren zu können, wurden uns vom Umweltamt der Stadt Graz (Hr. Ing. Koller) für den Beobachtungszeitraum Zählwerte der Verkehrssignalanlagen (Ing. Ortner) zur Verfügung gestellt.

3) EXPLORATIVE ANALYSE DER DATEN

Vergleich der 6 Grazer Messorte

Einen ersten Überblick über die Verteilung der **4-Stunden-Mittelwerte** von **PM10** liefern die Boxplots und Fehlerbalken in Diagramm 1.

Man erkennt, dass die Gesamtmittelwerte der Wintermonate in Graz-Don Bosco, Graz-Süd und Graz-Mitte über **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , dem Grenzwert für die Tagesmittelwerte, liegen, während bei den Medianen nur der Median von Graz-Don Bosco mit **53,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** diesen Schwellwert überschreitet. Die 4-Stunden-Maxima, sowie die Ausreißer und Extremwerte geben an allen Grazer Messstellen ebenfalls Anlass zur Beunruhigung. Den größten PM10-Wert findet man in Graz-Mitte mit 421 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Extreme Werte über 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sind auch in Graz-Don Bosco und Graz-Süd zu registrieren.

Bericht

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						
Ort	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Graz-Nord	36,83	30,82	1098	25,09	,16	194,23
Graz-Mitte	53,02	43,31	1019	39,69	1,38	421,00
Graz-Ost	41,79	36,05	1098	27,15	,68	224,29
Graz-DB	61,90	53,55	1098	40,58	3,19	319,18
Graz-Süd	57,53	47,22	1098	41,52	1,88	314,94
Platte	21,21	17,04	911	15,42	,00	95,74
Insgesamt	46,00	36,79	6322	35,94	,00	421,00

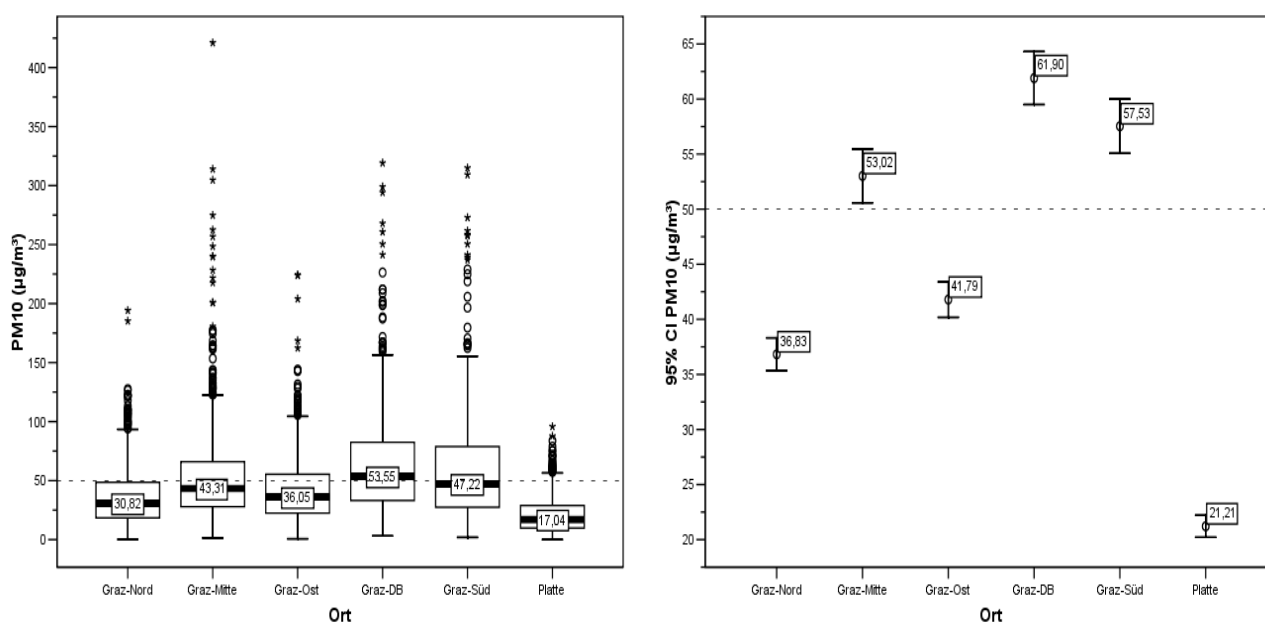


Diagramm 1: Tabelle, Boxplot und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte

Die getrennte Betrachtung der 4-Stunden-Mittelwerte im Boxplot (ohne Ausreißer $>250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gibt einen ersten Eindruck über die Abhängigkeit von der **Tageszeit** und der **Messstelle**.

Im Liniendiagramm ist an den Grazer Messstellen zwischen 12:30-16:00 ein Abfall der PM10-Werte zu beobachten, während der entsprechende Wert auf der Platte sogar steigt. Dieses Phänomen lässt sich durch die Charakteristik der Inversionswetterlage in Graz erklären ([siehe Graphik S. 75](#)).

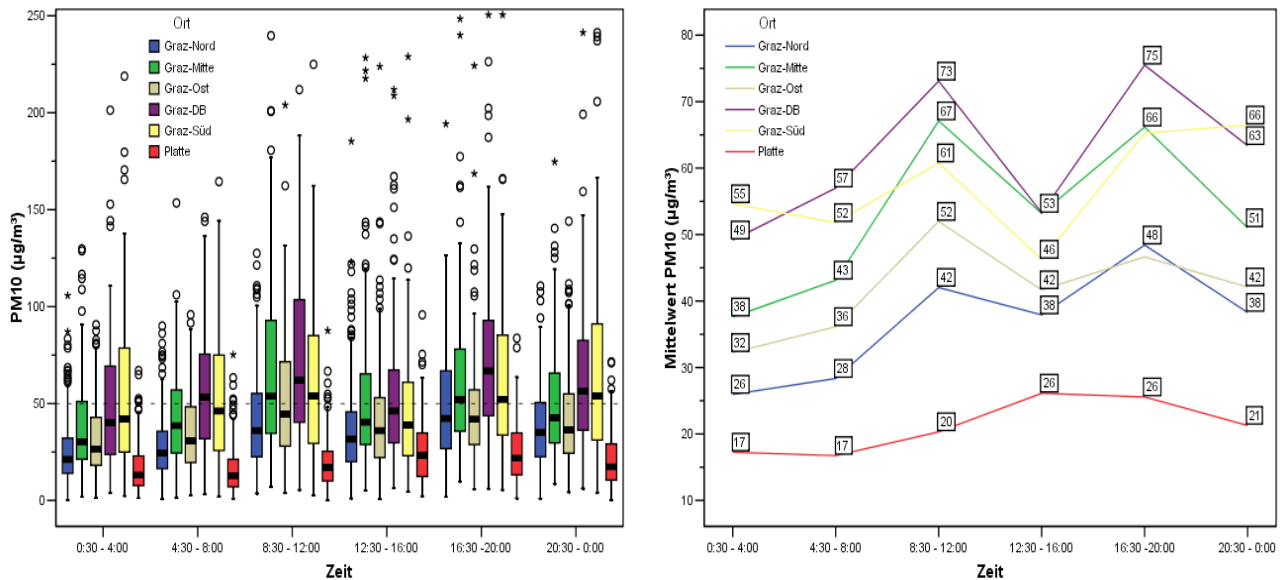


Diagramm 2: Boxplotserie (ohne Ausreißer) und Liniendiagramm der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Ort und Zeit

Das linke Liniendiagramm der Monatsmittelwerte zeigt eine Aufspaltung in drei Gruppen (DB/Süd/Mitte, Ost/Nord, Platte). Die rechte Graphik demonstriert, dass die PM10-Monatsmittelwerte von Graz-Mitte durchwegs ein höheres Niveau als jene von Graz-Nord aufweisen.

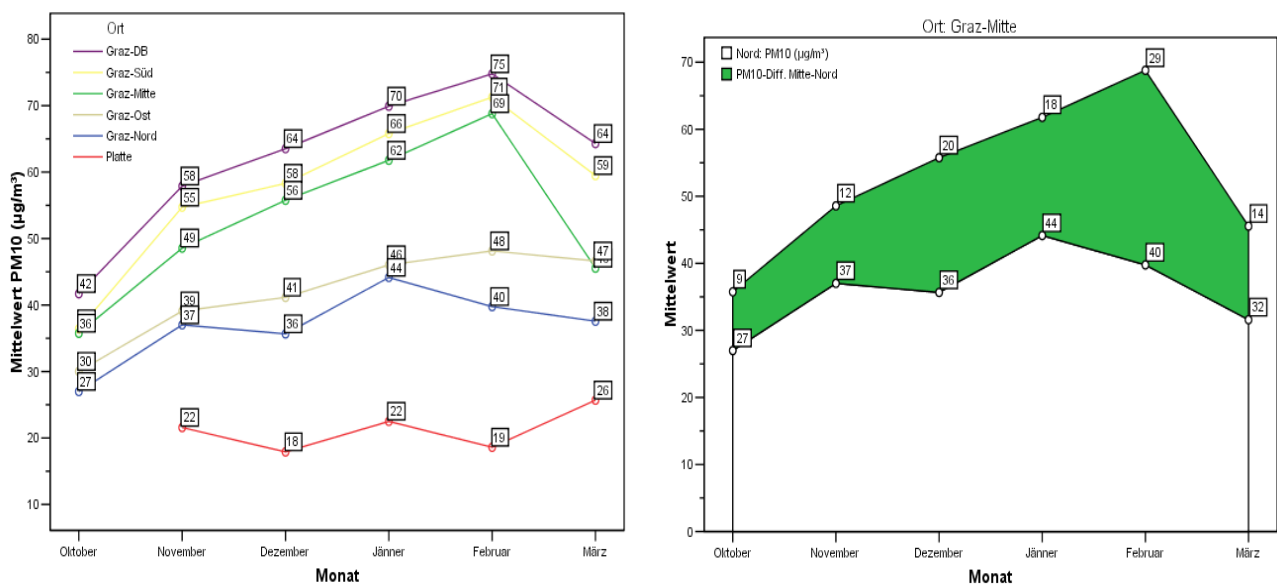


Diagramm 3: Liniendiagramme der PM10 Monatsmittelwerte

In Diagramm 4 sind die Tagesverläufe der PM10-Werte aller 6 Messorte dargestellt.

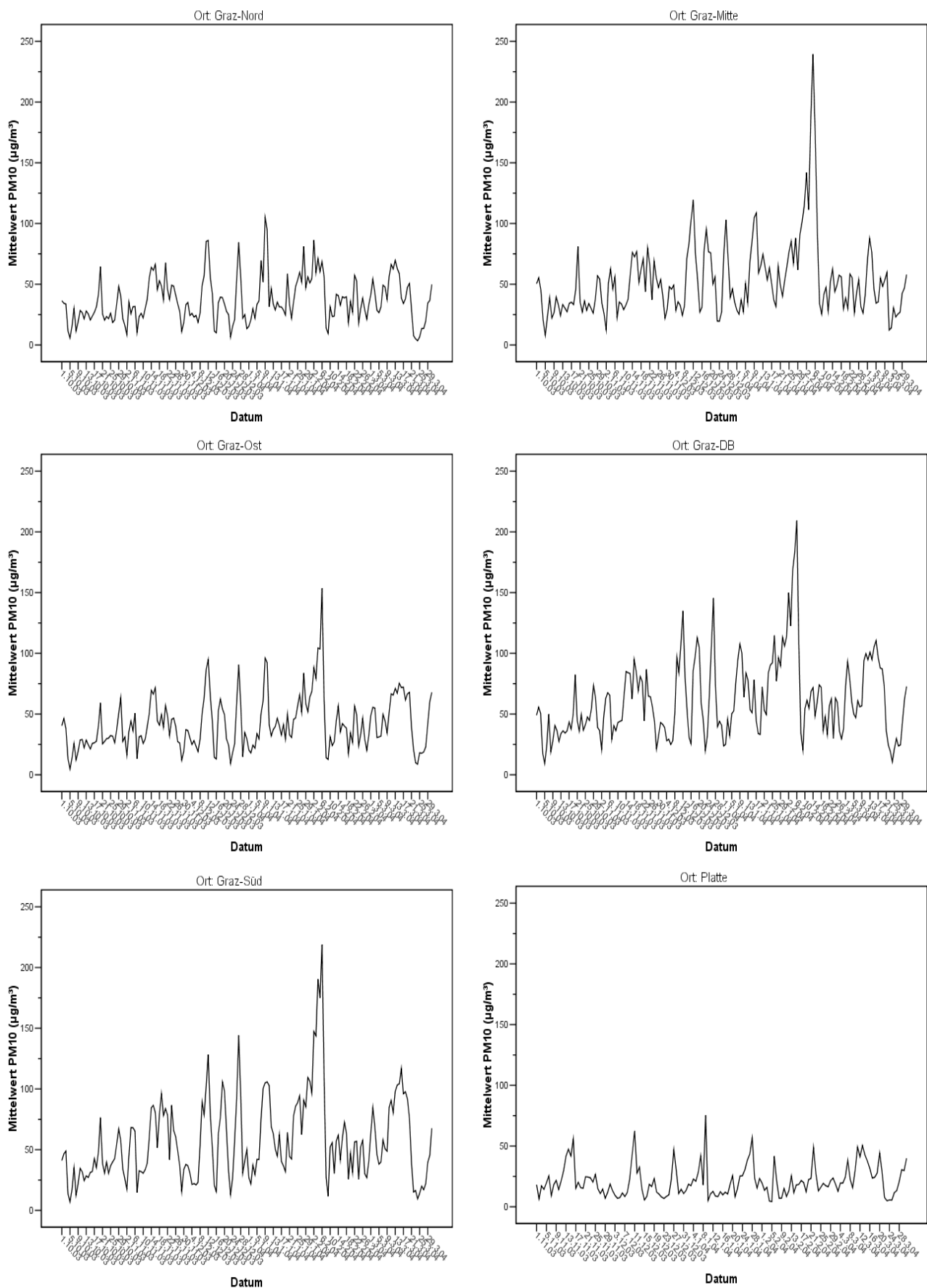


Diagramm 4: Liniendiagramme der PM10 Tagesmittelwerte aller Messstellen

An **87 der beobachteten 183 Tage** ($\approx 48\%$) lag **Inversion** vor und an **72 dieser 87 Tage** ($\approx 83\%$) gab es **Grenzwertüberschreitungen**. Nur an 35 der 96 Tage ($\approx 36\%$) ohne Inversion gab es ebenfalls Überschreitungen ([siehe Tabelle Seite 76](#)).

Dies weist eindeutig auf ein erhöhtes Risiko von Grenzwertüberschreitungen an Tagen mit Inversionswetterlage hin.

In Diagramm 5 sind die Tage mit und ohne Inversion gegenüber gestellt und der negative Einfluss der ungünstigen Wetterlage (Inversion) ist an allen 3 Messstellen, von denen die Temperaturwerte bekannt sind, deutlich sichtbar.

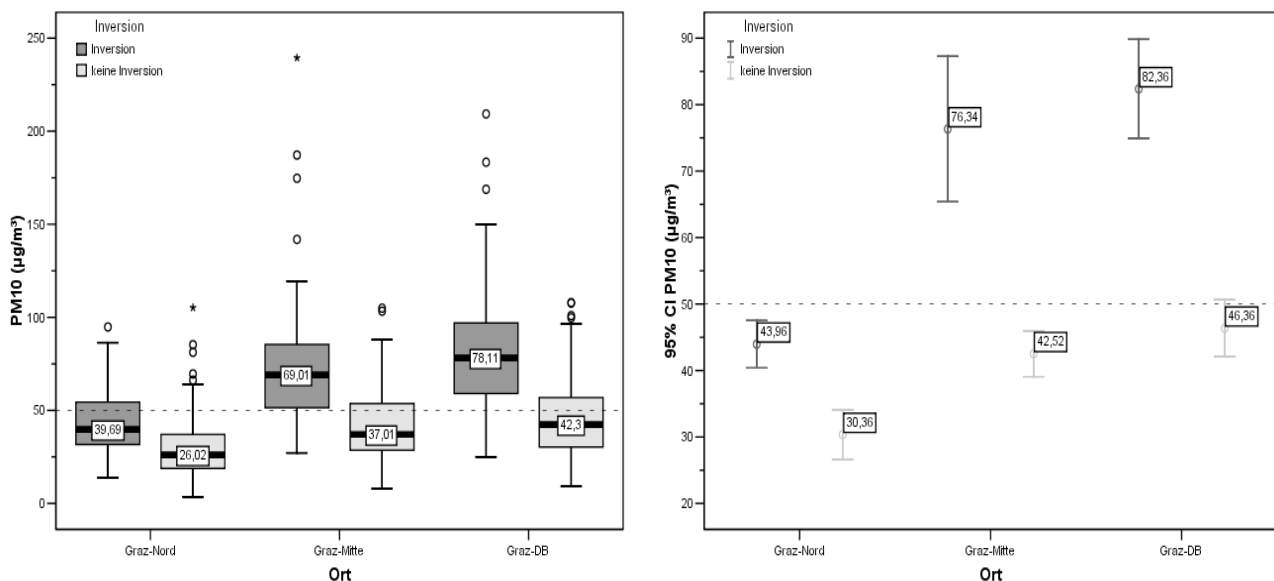


Diagramm 5: Boxplotserien und Fehlerbalken der PM10 Tagesmittelwerte bzgl. Inversion in Graz-Nord, Graz-Mitte und Graz-DB

In **Graz-Nord** liegt der Median/Mittelwert der Tagesmittelwerte für die Tage ohne Inversion bei ca. **67%** der Werte für die Tage mit Inversion, in **Graz-Mitte** und **Graz-Don Bosco** liegen diese Durchschnittswerte für inversionsfreie Tage sogar nur bei ca. **55%** der Durchschnittswerte für Inversionstage.

In Tabelle 3 sind die Sonntage unterstrichen und die Feiertage *kursiv* hervorgehoben. Die Regentage sind in der Datumsspalte mit R gekennzeichnet und die Überschreitungen des Grenzwertes (Mittelwert und/oder Median) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind jeweils **fett** markiert.

Überschreitungen der Grenzwerte (Mittelwert) hat es an **107** verschiedenen Tagen gegeben, wobei **an 72 Tagen Inversionswetterlage** (= negative Temperaturdifferenz Graz-Kalkleiten) herrschte (siehe **grau unterlegte** Werte). Die höchsten Tagesmittelwerte wurden bei Inversionswetterlage gemessen.

[Graz-Nord/Graz-Mitte = $105/239 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (9.1./5.2.04), Graz-DB/Graz-Süd = $209/219 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6.2.04)]

Tabelle 3: PM10 Tagesmittelwerte und Tagesmediane

PM10 (µg/m³)		Ort											
		Graz-Nord		Graz-Mitte		Graz-Ost		Graz-DB		Graz-Süd		Platte	
		Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Datum	1.10.03	36,40	38,11	50,44	47,98	40,41	40,49	49,06	50,64	41,09	43,54	,	,
	2.10.03	34,31	28,86	55,31	52,52	46,39	44,29	55,65	58,63	46,60	46,75	,	,
	3.10.03	33,74	37,67	44,67	47,74	38,13	42,05	50,39	53,10	48,87	41,29	,	,
	4.10.03	11,80	8,19	20,19	15,99	13,59	10,58	17,76	14,38	13,89	14,03	,	,
	5.10.03	5,68	4,76	7,94	8,78	4,67	4,58	9,17	8,82	6,96	7,02	,	,
	6.10.03	15,47	13,60	23,70	20,04	13,83	12,56	24,20	20,79	17,08	17,78	,	,
	7.10.03	30,09	31,08	39,06	39,21	25,83	25,22	49,88	53,00	35,18	37,11	,	,
	8.10.03	11,49	9,29	22,13	21,34	12,26	12,67	18,85	18,56	12,51	10,50	,	,
	9.10.03	18,99	19,25	26,53	26,76	19,33	20,20	28,00	24,21	22,14	19,08	,	,
	10.10.03	28,35	28,28	39,43	35,63	28,61	26,21	40,53	41,87	34,57	34,85	,	,
	11.10.03	26,63	25,16	33,14	35,01	29,06	28,71	36,44	39,24	31,83	35,10	,	,
	12.10.03	21,51	22,36	24,18	23,44	22,23	22,13	27,47	26,61	24,48	24,66	,	,
	13.10.03	27,88	24,96	33,31	34,84	28,51	28,79	34,00	34,89	28,44	24,19	,	,
	14.10.03	25,58	26,73	30,40	29,08	24,76	23,29	36,21	30,85	27,15	24,13	,	,
	15.10.03	20,64	22,68	27,38	27,70	21,23	21,53	34,34	34,19	31,29	31,46	,	,
	16.10.03	23,76	28,46	34,23	35,25	25,78	23,79	36,17	35,28	32,08	28,47	,	,
	17.10.03	26,88	27,04	35,23	41,59	26,41	25,98	43,43	48,14	42,60	46,15	,	,
	18.10.03	31,27	31,57	33,29	33,61	27,60	25,51	37,72	40,22	35,28	35,85	,	,
	19.10.03	41,49	36,54	45,75	37,53	40,31	35,17	49,83	44,51	48,11	43,38	,	,
	20.10.03	64,61	62,94	81,16	86,77	59,14	59,47	82,32	81,37	76,39	77,54	,	,
	21.10.03	25,74	23,42	35,32	33,69	25,44	26,19	44,81	44,83	38,93	33,80	,	,
	22.10.03	20,45	21,93	27,05	23,44	27,42	25,16	35,85	37,61	30,66	27,99	,	,
	23.10.03	23,38	20,83	36,19	33,67	29,76	27,76	49,55	46,58	39,75	37,49	,	,
	24.10.03	21,65	18,36	28,49	26,31	30,17	24,13	36,72	32,66	30,49	24,13	,	,
	25.10.03	26,16	25,58	34,03	35,06	32,35	33,17	41,17	40,95	36,80	37,87	,	,
	26.10.03	18,57	18,24	30,34	29,14	31,79	29,26	47,49	51,91	39,90	41,43	,	,
	27.10.03	20,53	17,01	26,23	21,23	26,44	22,83	44,75	51,48	42,65	42,57	,	,
	28.10.03	33,92	29,98	37,70	40,51	37,15	36,28	54,94	55,76	54,86	60,25	,	,
	29.10.03	48,16	42,47	56,98	53,03	50,66	49,01	73,56	73,31	67,05	64,77	,	,
	30.10.03	40,08	41,86	54,22	54,03	63,57	60,89	63,62	61,86	57,36	58,02	,	,
	31.10.03	21,45	16,95	34,29	28,51	27,49	25,44	38,93	27,35	33,82	26,38	,	,
	1.11.03	16,08	15,76	25,59	25,01	31,08	26,99	36,43	32,91	25,98	21,11	18,16	15,17
	2.11.03	8,41	7,94	12,33	10,18	16,18	15,53	20,68	13,27	17,39	9,96	6,48	5,37
	3.11.03	35,35	26,63	50,96	48,94	35,74	32,14	47,13	34,03	44,61	32,74	17,19	19,61
	4.11.03	25,69	23,67	62,48	47,91	44,30	40,87	62,84	65,95	68,14	76,63	14,33	13,49
	5.11.03	31,55	29,46	46,05	47,68	36,11	35,09	67,55	73,01	68,08	68,51	19,70	19,24
	6.11.03	31,71	31,62	56,14	46,59	50,78	41,12	65,53	54,96	65,27	62,69	25,41	20,11
	7.11.03	10,28	10,59	22,57	23,34	13,39	14,51	29,18	31,88	14,81	16,33	9,10	9,16
	8.11.03	23,33	19,10	35,37	30,01	31,26	25,03	40,36	41,81	32,57	28,29	18,21	18,68
	9.11.03	26,02	22,25	33,71	33,67	32,16	30,78	36,33	33,95	31,99	29,66	21,70	17,77
	10.11.03	22,25	15,74	29,10	27,26	25,84	21,73	43,07	50,86	30,62	27,94	14,21	14,93
	11.11.03	30,15	28,91	32,74	31,48	29,30	28,44	44,02	42,54	33,56	32,49	21,05	22,78
	12.11.03	37,74	38,42	37,40	38,46	39,64	41,81	44,75	45,17	38,85	35,66	29,30	28,23
	13.11.03	55,19	52,83	57,45	55,99	50,42	51,81	64,47	64,65	60,12	53,71	41,64	39,64
	14.11.03	63,96	68,63	76,22	75,31	69,60	71,26	85,00	90,93	84,56	81,97	47,40	42,21
	15.11.03	61,48	65,01	72,58	73,51	66,36	68,78	84,06	90,26	86,55	90,09	41,83	41,85
	16.11.03	66,27	73,06	76,94	79,70	71,65	71,76	83,32	85,81	80,54	79,46	56,03	56,83
	17.11.03	45,65	37,73	51,45	52,22	44,28	43,61	62,39	57,03	51,50	48,74	15,24	14,88
	18.11.03	52,85	54,66	62,14	71,39	40,98	50,32	94,87	94,25	79,22	77,61	20,14	12,28
	19.11.03	48,55	47,30	70,96	67,19	49,64	45,73	84,98	80,01	96,25	97,28	15,81	14,00
	20.11.03	37,20	31,78	43,96	39,84	39,08	38,78	69,13	73,30	78,27	89,32	15,24	16,29
	21.11.03	67,67	67,53	79,90	69,53	57,07	52,32	80,97	70,44	83,79	72,66	24,75	21,22
	22.11.03	45,63	45,42	66,26	58,51	48,68	44,18	76,74	82,02	78,66	74,61	24,45	24,26
	23.11.03	37,48	35,72	37,25	35,76	32,27	32,69	44,36	45,19	41,77	38,38	23,78	24,15
	24.11.03	49,21	50,16	69,01	75,55	45,62	54,24	86,69	83,63	86,58	87,67	20,29	21,39
	25.11.03	48,51	44,85	55,42	47,39	46,67	47,68	64,78	56,67	65,98	60,73	26,60	26,93
	26.11.03	41,07	40,64	47,42	48,38	40,03	37,95	64,22	62,49	60,63	61,65	14,85	15,44
	27.11.03	33,93	33,21	53,79	48,14	27,31	26,26	55,83	48,99	49,17	38,74	10,90	9,54
	28.11.03	27,61	26,17	40,43	37,75	26,17	25,21	43,85	41,31	36,78	32,38	14,56	12,30
	29.11.03	11,07	12,22	22,01	21,61	12,04	11,56	21,25	21,84	15,70	16,42	7,02	6,88
	30.11.03	18,55	17,58	29,43	25,79	19,47	17,06	31,96	24,05	33,79	21,17	11,81	12,23
	1.12.03	33,15	32,24	47,99	37,25	37,09	34,92	43,04	41,78	37,84	35,74	18,70	16,49
	2.12.03	34,96	32,70	45,96	46,72	36,52	36,48	41,57	39,43	36,78	34,53	13,28	13,46
	3.12.03	24,29	23,94	49,15	48,31	30,45	27,89	38,92	39,12	30,86	28,66	9,43	8,11
	4.12.03	26,01	29,34	28,42	29,83	24,94	26,89	28,01	29,95	21,34	21,69	6,99	8,04
	5.12.03	23,02	23,64	35,53	36,82	28,09	30,46	29,30	28,62	22,11	22,67	7,62	7,46
	6.12.03	24,28	24,73	32,60	22,64	23,59	17,36	24,97	19,43	21,03	18,51	11,37	7,19
	7.12.03	18,65	14,11	24,36	18,19	19,05	15,68	28,03	19,29	23,14	13,68	8,46	7,68
	8.12.03	26,19	20,85	33,05	24,49	29,47	23,31	50,46	56,93	53,90	56,37	11,60	11,60
	9.12.03	48,86	47,78	71,19	65,34	50,36	43,58	96,91	105,35	89,48	89,60	22,85	25,92
	10.12.03	57,04	58,01	83,37	85,63	63,50	67,86	84,11	85,81	78,82	77,62	42,80	41,06
	11.12.03	85,29	86,95	103,30	110,34	86,70	87,97	107,92	108,57	102,48	88,66	62,48	61,15
	12.12.03	86,05	83,98	119,41	107,43	94,84	85,13	134,99	133,11	128,20	130,77	27,81	20,81
	13.12.03	56,17											

PM10 (µg/m³)			Ort											
			Graz-Nord		Graz-Mitte		Graz-Ost		Graz-DB		Graz-Süd		Platte	
			Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Datum	1.1.04	R	15,40	14,24	28,78	25,38	20,36	15,60	23,83	22,83	26,89	25,81	13,48	13,61
	2.1.04	R	20,70	22,19	25,32	24,75	17,96	17,44	25,06	25,39	21,71	20,04	18,62	19,44
	3.1.04		29,90	27,78	37,06	37,30	24,47	22,86	45,76	41,90	37,38	37,71	17,40	16,79
	4.1.04		22,00	23,28	27,39	27,03	21,85	20,66	32,30	31,07	29,46	26,78	22,86	23,79
	5.1.04	R	33,52	29,72	50,65	43,84	33,79	29,39	50,33	45,13	42,01	45,21	21,07	21,11
	6.1.04		36,35	33,98	34,84	34,49	29,56	29,63	52,56	44,33	41,84	41,19	28,58	29,50
	7.1.04	R	69,41	77,54	68,47	70,22	50,36	52,84	75,86	70,10	75,63	61,83	42,09	41,11
	8.1.04		51,88	50,54	85,40	74,27	61,08	61,20	94,73	85,27	100,49	91,98	17,97	6,72
	9.1.04	R	105,23	108,57	104,93	109,56	96,10	100,39	107,64	111,28	105,00	110,54	75,36	76,97
	10.1.04		94,83	106,42	108,82	113,24	92,41	91,06	99,97	97,32	105,86	105,43	5,19	3,69
	11.1.04	R	31,61	32,40	59,29	54,93	41,26	39,95	64,02	60,61	102,76	112,28	10,65	10,39
	12.1.04		46,45	45,92	65,27	57,79	31,98	30,19	83,69	79,77	69,01	74,84	12,72	9,19
	13.1.04		33,51	27,08	74,69	59,50	37,32	39,07	77,64	75,55	63,10	68,61	8,82	9,71
	14.1.04	R	28,81	22,86	64,09	55,58	39,71	30,86	53,65	54,08	50,37	39,56	8,38	6,74
	15.1.04	R	35,24	33,36	53,71	62,06	46,53	41,72	51,16	52,17	44,75	47,63	12,45	11,34
	16.1.04		31,34	31,70	63,47	66,64	40,18	42,33	78,11	75,24	62,24	58,96	9,79	10,16
	17.1.04	R	31,35	34,56	50,39	45,17	32,68	33,79	45,09	41,88	40,27	39,26	12,05	11,83
	18.1.04	R	28,76	24,98	36,96	30,59	41,39	37,78	33,95	27,14	36,67	31,96	10,54	10,24
	19.1.04	R	24,65	23,48	31,65	30,76	29,44	27,46	33,20	36,89	31,94	31,13	18,66	19,69
	20.1.04		58,44	63,92	64,91	78,74	50,09	55,96	72,25	77,68	64,13	72,36	25,65	23,21
	21.1.04		33,03	26,74	49,24	48,15	32,84	28,87	53,07	49,99	44,43	44,10	8,28	8,64
	22.1.04		21,98	22,91	40,01	38,57	30,73	28,63	49,59	46,13	42,33	40,29	15,10	15,57
	23.1.04		35,46	31,08	53,22	48,86	45,61	43,41	83,93	80,03	77,93	75,66	25,31	22,59
	24.1.04		48,17	44,04	64,41	64,19	46,87	49,32	90,44	94,89	85,91	82,92	25,53	26,91
	25.1.04		53,42	49,20	76,81	79,03	56,79	55,69	92,22	93,58	88,67	75,99	30,36	28,34
	26.1.04		59,85	52,70	85,42	76,18	65,91	60,89	114,73	111,40	94,41	96,44	38,33	41,00
	27.1.04	R	51,75	50,89	67,41	62,66	51,63	53,59	77,24	75,31	62,39	64,28	43,38	43,14
	28.1.04	R	81,22	79,74	88,03	90,61	83,71	83,82	96,49	88,20	90,80	92,23	56,90	57,13
	29.1.04		47,21	44,09	61,80	63,12	58,69	66,91	89,70	91,08	85,40	88,41	23,23	22,94
	30.1.04		55,99	56,63	90,97	93,41	51,84	56,57	113,13	98,88	109,46	101,11	15,39	14,79
	31.1.04		51,15	40,71	101,66	101,96	64,13	66,28	106,03	99,47	106,38	109,84	23,25	15,24
	1.2.04		54,66	59,71	114,79	109,73	68,59	61,78	113,90	104,27	96,48	91,08	19,57	16,08
	2.2.04		86,37	81,79	141,88	127,44	88,27	89,38	149,96	154,00	147,30	140,53	13,57	8,02
	3.2.04		59,46	55,59	111,40	99,58	79,46	92,65	122,54	110,38	143,71	102,49	16,09	13,94
	4.2.04		71,18	36,15	187,20	194,04	104,36	118,51	168,80	170,04	190,35	191,98	4,74	4,09
	5.2.04		60,46	59,70	239,42	209,17	103,66	109,64	183,35	175,50	175,03	153,77	4,21	4,27
	6.2.04		68,64	71,24	174,72	198,21	153,64	174,02	209,28	231,21	218,94	243,31	41,62	42,73
	7.2.04		56,20	76,80	93,76	89,96	61,71	71,51	108,60	117,99	110,15	120,19	20,95	16,83
	8.2.04		13,88	13,25	34,04	30,24	14,09	13,58	34,33	36,19	27,46	30,41	7,06	5,88
	9.2.04	R	9,47	9,99	25,46	22,33	12,69	12,99	20,27	19,15	11,60	11,65	7,13	7,08
	10.2.04		31,35	32,71	41,88	46,24	31,18	35,20	54,58	52,37	52,31	33,13	15,06	17,38
	11.2.04	R	23,51	15,11	47,41	26,76	24,13	19,06	61,26	49,11	55,86	54,71	8,46	8,24
	12.2.04	R	23,74	18,96	28,06	22,68	27,13	23,67	54,81	55,59	30,43	19,37	13,42	13,76
	13.2.04		41,77	40,90	52,13	52,41	44,48	41,96	68,71	68,66	57,35	61,03	25,59	22,29
	14.2.04		40,59	43,23	62,61	58,86	56,61	52,51	71,77	74,88	61,93	63,29	11,55	8,62
	15.2.04	R	32,75	31,92	43,79	41,11	35,30	37,78	48,40	48,69	41,67	38,67	18,01	16,79
	16.2.04		39,69	37,36	49,05	45,99	42,20	41,85	59,63	59,74	59,54	57,56	18,40	18,48
	17.2.04		38,77	32,33	57,45	50,42	40,07	36,31	74,05	75,54	72,55	64,19	21,63	19,36
	18.2.04	R	39,69	35,16	56,02	50,67	38,38	39,03	72,00	66,26	63,63	68,50	19,95	16,98
	19.2.04		18,39	18,58	29,64	28,87	17,57	18,69	36,32	33,23	25,81	24,03	12,29	14,47
	20.2.04		35,86	29,06	38,70	36,24	34,57	36,72	47,74	44,06	46,97	39,42	22,39	21,67
	21.2.04		26,91	26,71	29,90	30,18	26,61	26,70	33,13	33,13	31,16	31,21	23,34	21,54
	22.2.04		57,40	54,02	58,35	52,79	56,49	50,43	56,91	51,78	56,39	55,79	48,92	47,45
	23.2.04	R	52,90	45,92	55,38	48,94	49,73	45,55	62,53	53,81	57,01	49,73	27,27	16,48
	24.2.04		18,05	18,16	26,69	22,64	23,76	21,98	29,91	27,96	25,66	25,12	13,13	14,31
	25.2.04		29,69	32,95	42,24	43,01	33,06	30,30	63,21	67,16	52,44	51,39	16,13	17,26
	26.2.04	R	38,58	37,48	53,83	57,38	46,62	45,05	59,59	61,61	57,67	55,21	19,34	20,09
	27.2.04	R	28,79	27,34	31,58	28,67	29,29	28,32	35,65	32,00	30,16	27,37	17,30	15,53
	28.2.04	R	21,29	20,53	26,32	25,19	20,23	19,67	29,63	31,06	26,97	26,83	16,48	16,14
	29.2.04		33,11	25,62	41,25	30,83	32,34	27,31	37,85	31,05	40,49	27,53	21,56	23,90
	1.3.04		41,41	42,07	69,21	64,94	48,93	51,59	72,79	68,96	63,76	65,37	23,63	20,76
	2.3.04		54,22	47,12	87,86	85,17	55,64	52,59	93,20	81,21	84,70	77,09	18,64	17,35
	3.3.04		42,75	28,50	76,60	62,14	54,93	38,58	79,89	72,05	68,42	61,28	12,83	12,53
	4.3.04		28,55	27,26	46,14	45,66	30,72	28,61	60,60	60,84	45,90	46,76	19,51	18,10
	5.3.04		26,60	29,79	34,40	36,06	31,18	31,97	50,13	54,14	38,11	42,25	19,53	20,35
	6.3.04		31,30	29,83	35,48	35,63	31,89	29,66	46,96	46,66	39,98	37,08	24,49	24,09
	7.3.04	R	49,19	50,86	55,18	56,97	49,73	51,92	60,92	62,26	58,03	58,79	38,41	40,26
	8.3.04	R	47,73	47,59	48,29	47,86	44,38	41,01	56,02					

4) ANALYSEN FÜR GRAZ-NORD

Für den Messort Graz-Nord (im aufgelockerten Siedlungsbereich) stehen neben den PM10-Werten, der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte zusätzlich auch Niederschlagsmessungen und Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung zur Verfügung (siehe Tabelle 1).

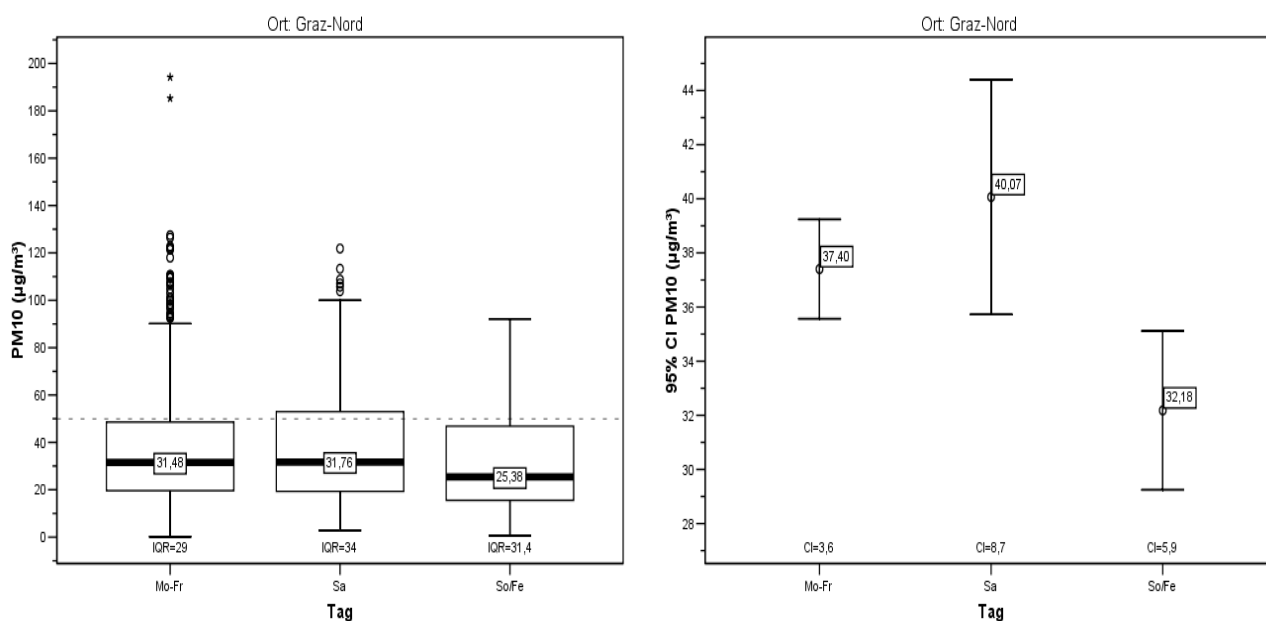


Diagramm 6: Boxplot und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende

Die **4-Stunden-Mittelwerte** (rechte Graphik) an Sonn-/Feiertagen liegen im Mittel bei ca. **86%** der Werte an Wochentagen, die **Mediane** (linke Graphik) nur bei ca. **80%**. Die Durchschnittswerte für die Samstage sind sogar höher als jene für die Wochentage. Generell bemerkt man ein relativ niedriges durchschnittliches Niveau der PM10-Belastung: weniger als 25% der 4-Stunden-Mittelwerte überschreiten $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Im Folgenden werden die PM10-Werte mit Hilfe einiger Einflussgrößen genauer analysiert und es wird versucht, deren Einflüsse zu quantifizieren. Zunächst eine kurze Übersicht der Spannweiten der Tagesmittelwerte unserer Merkmale PM10, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Spitzengeschwindigkeit, wobei in der Klammer jeweils das Datum des Auftretens angegeben ist.

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 105 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (09.01.04)	$\bar{x}_{\min} = 3,5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (24.03.04)
Niederschlag:	$\bar{x}_{\max} = 27,9 \text{ l} / \text{m}^2$ (03.10.03)	
Windgeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 3,3 \text{ m} / \text{s}$ (24.03.03)	$\bar{x}_{\min} = 0,4 \text{ m} / \text{s}$ (28.02.03)
Spitzengeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 17,7 \text{ m} / \text{s}$ (08.02.03)	$\bar{x}_{\min} = 2,5 \text{ m} / \text{s}$ (27.12.03)

Betrachtet man die Zeiträume von 4:30 - 12:00 Uhr und 16:30 - 20:00 Uhr, dann kann man im Mittel an Sonn-/Feiertagen eine Reduktion der **4-Stunden-Mittelwerte** auf ca. 80-85% der Werktagswerte beobachten, im Zeitraum von 12:30 - 16:00 Uhr auf ca. 90% und im Zeitraum von 20:30 - 4:00 Uhr auf ca. 95%. Die **4-Stunden-Mediane** zeigen im Zeitraum von 4:30 - 12:00 Uhr eine Reduktion auf ca. 71%, in den Zeiträumen von 0:30 - 4:00 Uhr und 16:30 - 20:00 Uhr auf ca. 88% und im Zeitraum von 12:30 - 16:00 Uhr auf ca. 90%. Im Zeitraum von 20:30 – 0:00 entspricht das Niveau der Sonntagswerte ungefähr dem Niveau der Werktagswerte.

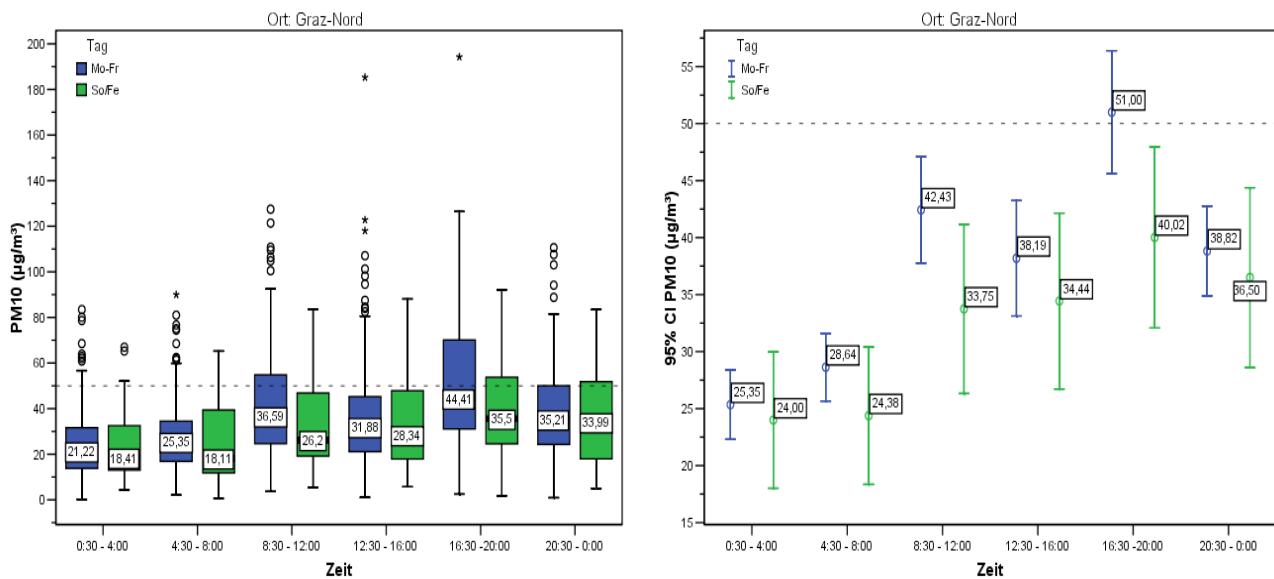


Diagramm 7: Boxplotserie und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Nord

Die linke Graphik in Diagramm 8 zeigt einen deutlichen Mittelwertsunterschied zwischen Werktagen und Sonn-/Feiertagen, während die rechte Graphik die mittleren Verläufe der PM10-Belastung und der Kfz-Frequenz für alle Tage zusammen darstellt.

Die Graphiken in Diagramm 9 zeigen die Tagesmittelwerte von PM10 mit Kfz-Tagesfrequenzen.

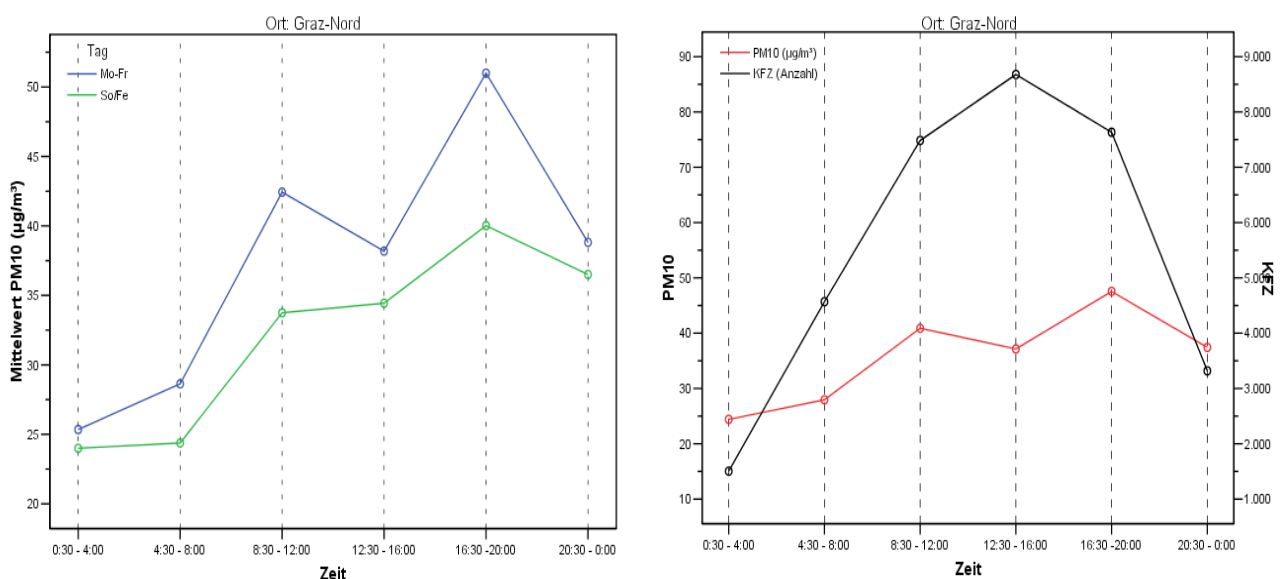
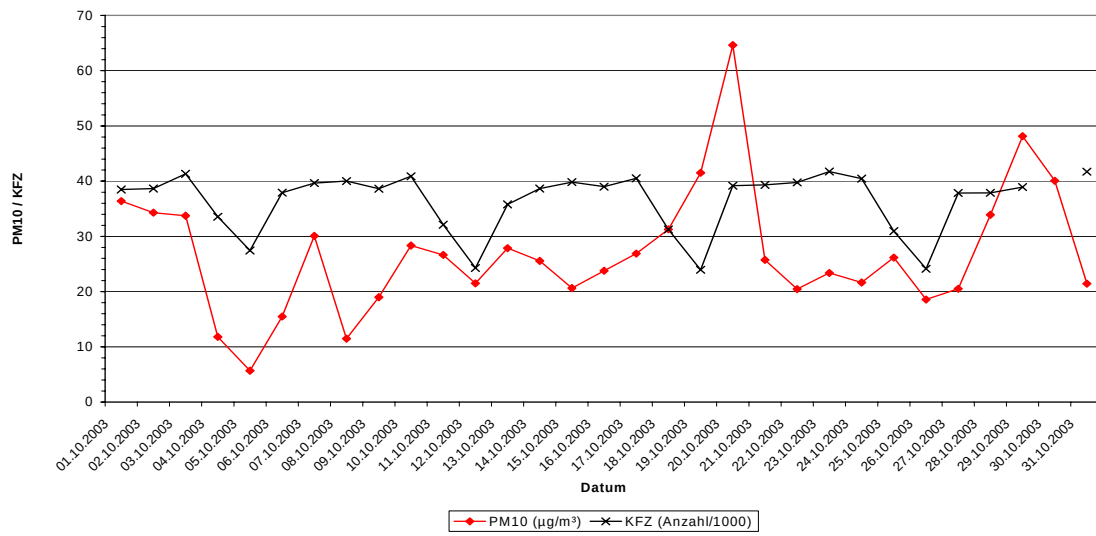
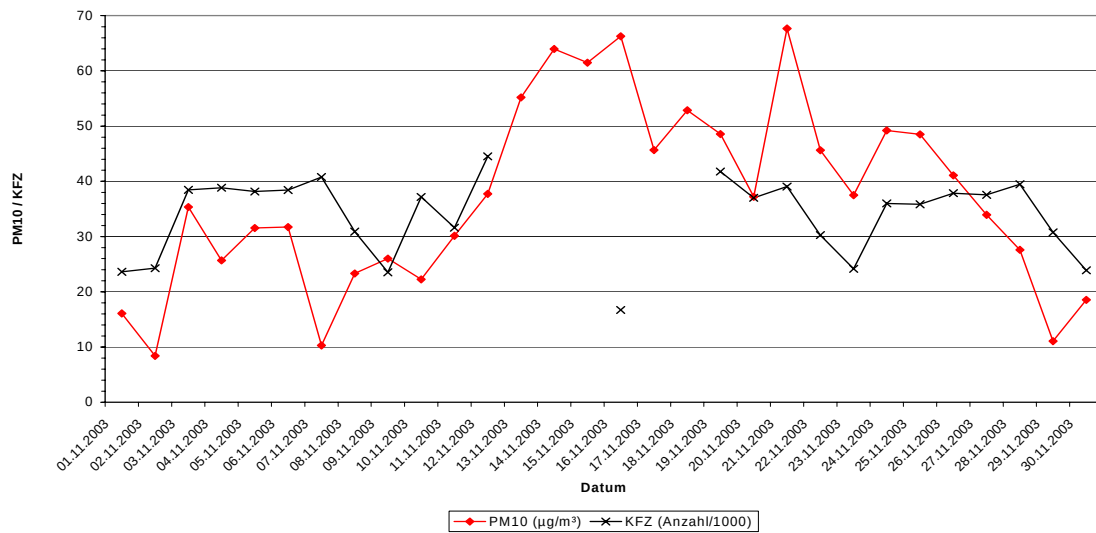


Diagramm 8: Liniendiagramme der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord

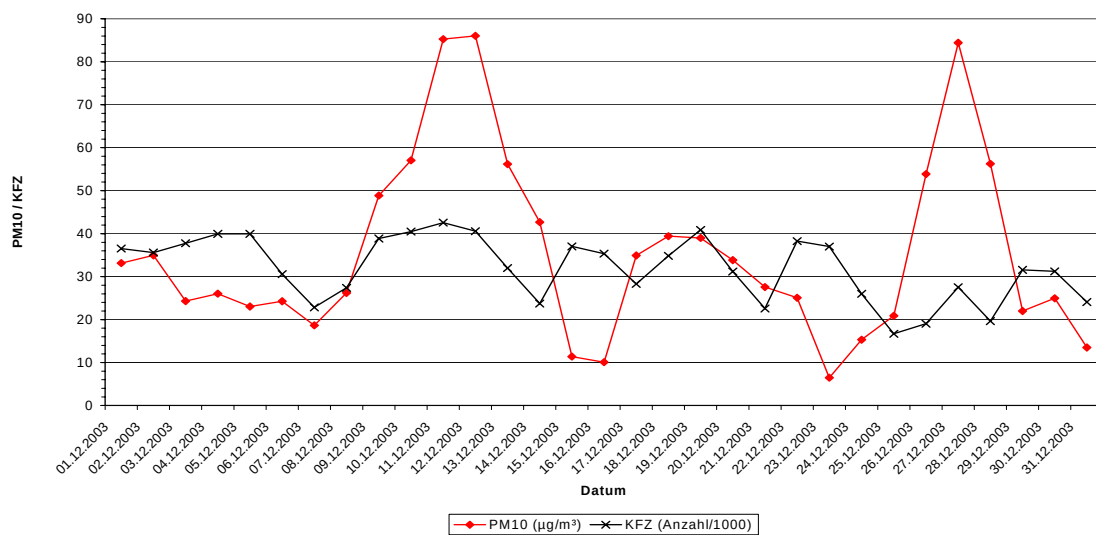
Graz-Nord / Oktober 2003

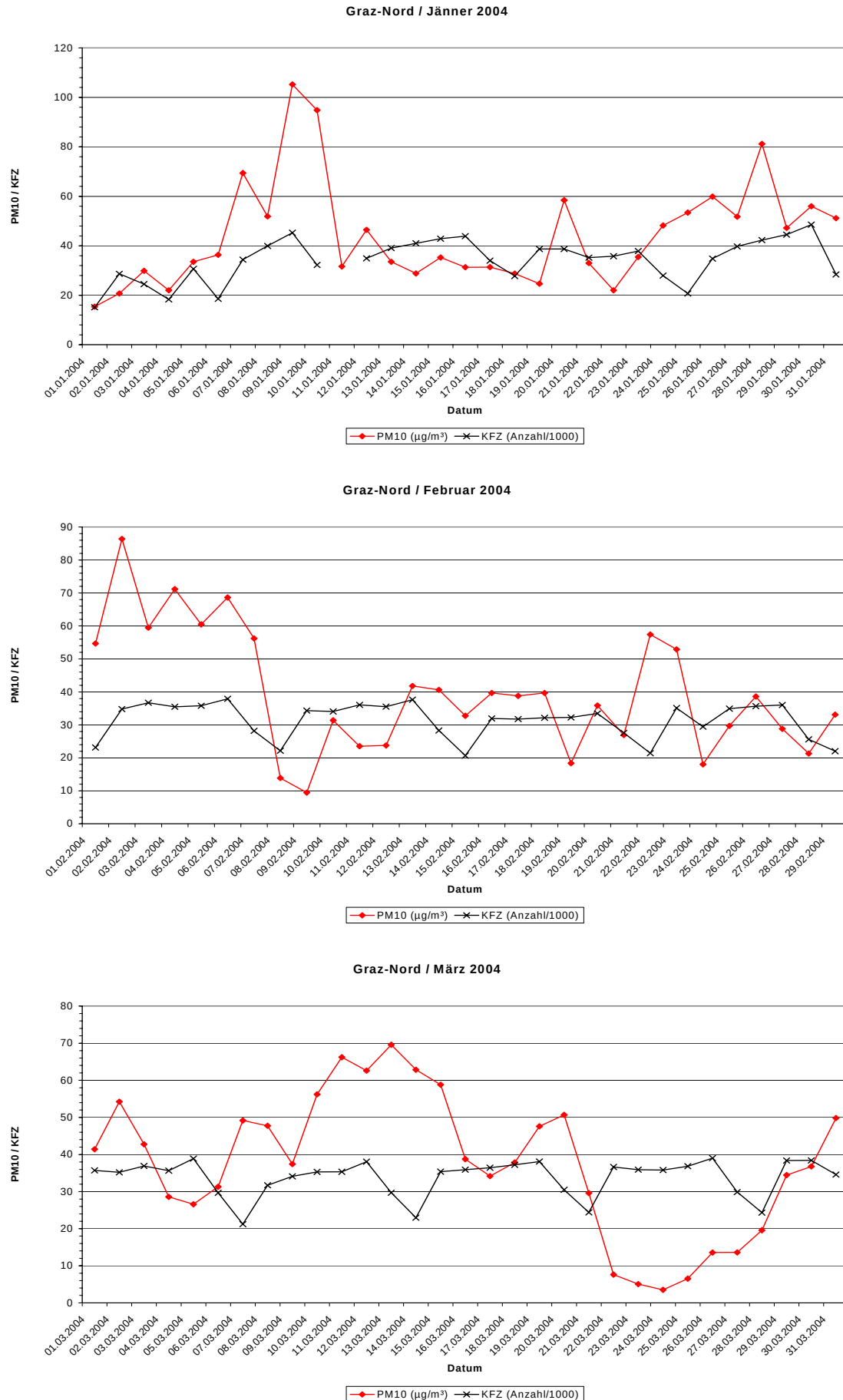


Graz-Nord / November 2003



Graz-Nord / Dezember 2003





Einfluss des Niederschlags und des Windes

Schon bei geringem Niederschlag ist eine Tendenz zur Reduktion des Feinstaubes, sowohl im Mittel als auch in der Variabilität zu erkennen. Mit zunehmender Stärke der mittleren Windgeschwindigkeit ist ebenfalls eine Reduktion beobachtbar.

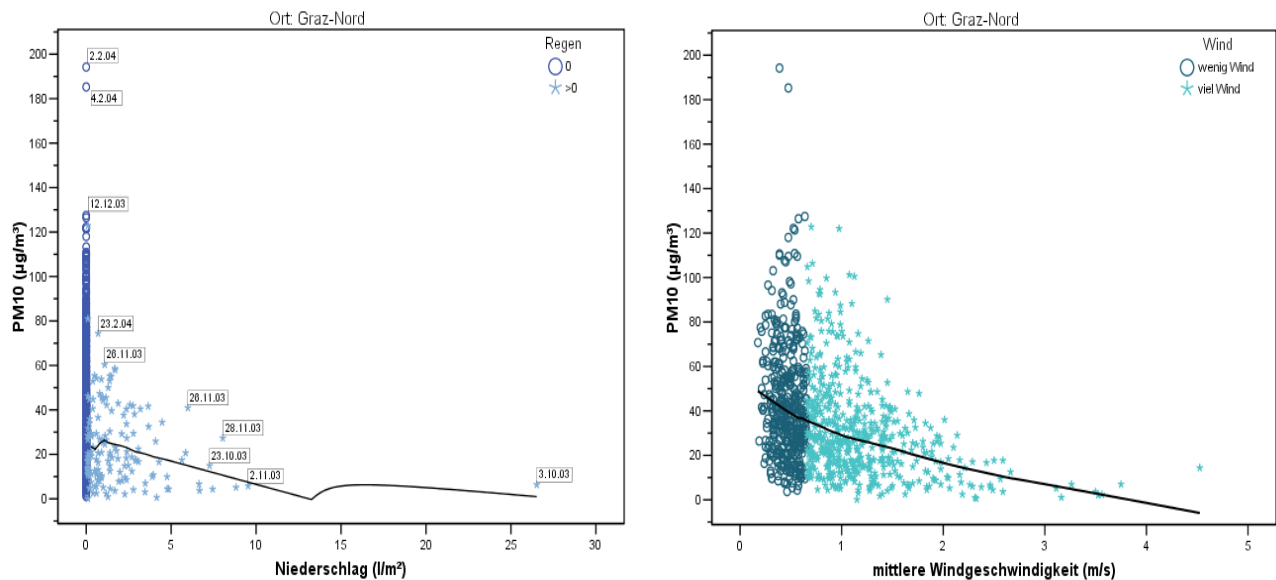


Diagramm 10: Scatterplots der PM10 und Niederschlags/Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord

In Diagramm 11 erkennt man den leicht zeitverschobenen Einfluss des Niederschlags auf die Feinstaubwerte.

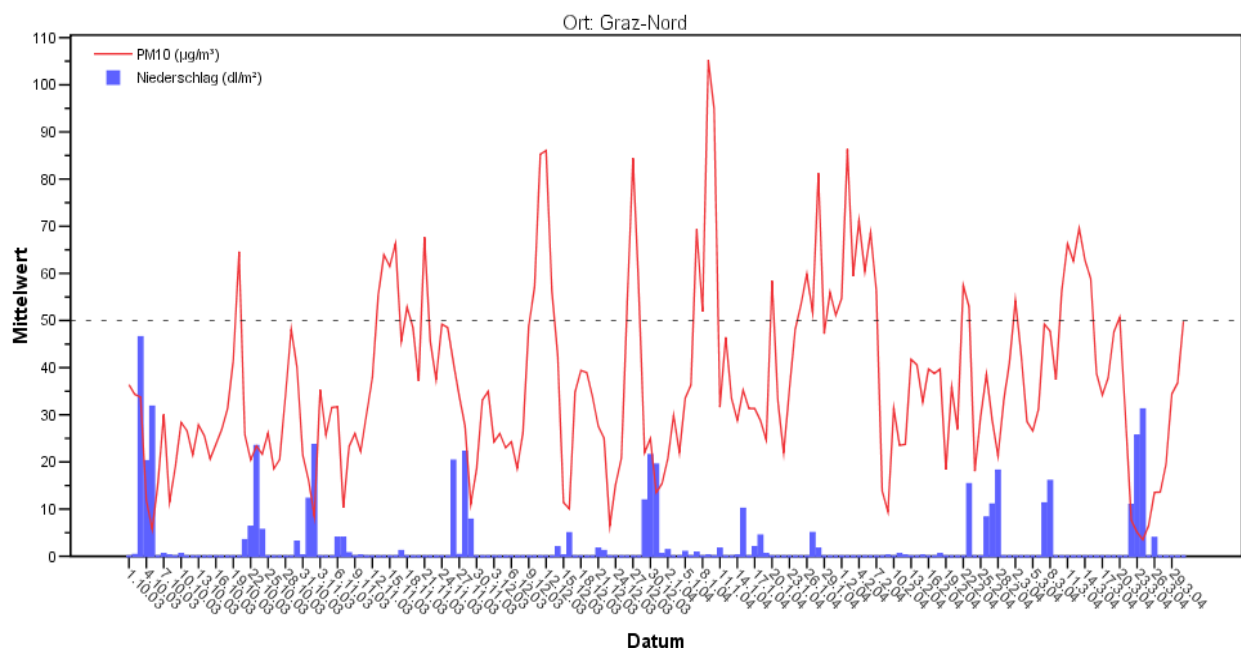


Diagramm 11: Liniendiagramm der PM10 und Niederschlags Tagesmittelwerte in Graz-Nord

Tabelle 4: PM10 4-Stunden-Mittelwerte nach Regenkategorien in Graz-Nord

Bericht^a

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

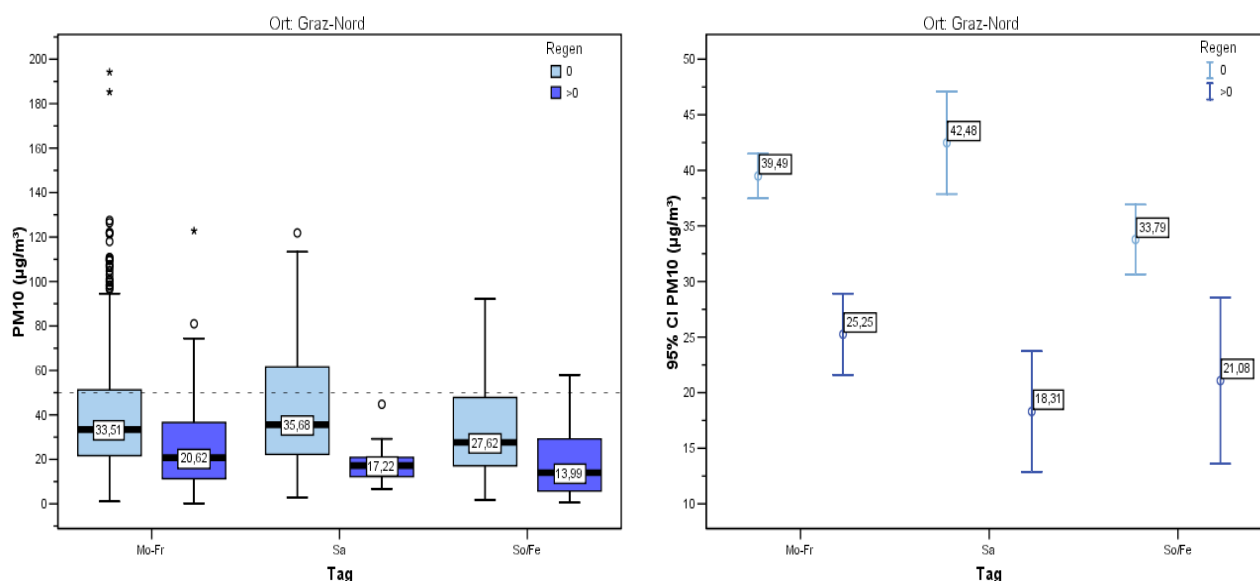
Tag	Regen	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung
Mo-Fr	0	39,49	33,51	640	25,95
	>0	25,25	20,62	110	19,38
	Insgesamt	37,40	31,48	750	25,59
Sa	0	42,48	35,67	135	27,11
	>0	18,31	17,23	15	9,81
	Insgesamt	40,07	31,76	150	26,89
So/Fe	0	33,79	27,63	173	20,89
	>0	21,08	13,99	25	18,12
	Insgesamt	32,18	25,38	198	20,95
Insgesamt	0	38,88	32,59	948	25,39
	>0	23,86	18,84	150	18,51
	Insgesamt	36,83	30,82	1098	25,09

a. Ort = Graz-Nord

Der Anteil der 4h-Perioden mit Niederschlag liegt bei ca. 14%. Der Einfluss des Niederschlags auf den Feinstaub ergibt an **Werktagen** eine Reduktion der **Mittelwerte** auf ca. **64%** der niederschlagsfreien Tage, an **Samstagen** auf ca. **42%** und an **Sonn-/Feiertagen** auf ca. **66%**.

Die **Mediane** an **Werktagen** ergeben einen Rückgang auf ca. **62%**, die an **Samstagen** auf ca. **52%** und die an **Sonn-/Feiertagen** auf ca. **60%**.

Insgesamt gehen die Mittelwerte an Tagen mit Niederschlag auf ca. 61%, die Mediane auf ca. 58% zurück.

**Diagramm 12:** Boxplotserien und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Niederschlag in Graz-Nord

Die folgenden Diagramme zeigen die PM10 4-Stunden-Mittelwerte, kategorisiert nach Tagen ohne Niederschlag (kein Regen) und Tagen mit Niederschlag (Regen) und gruppiert nach Windstärke (wenig Wind, viel Wind), wobei wir ab einer mittleren Windstärke von 0,65m/s bzw. ab einer Spitzengeschwindigkeit von 3m/s von *viel Wind* sprechen.

Es ist gut zu erkennen, dass nicht nur der Niederschlag einen reduzierenden Einfluss auf das Niveau des Feinstaubwertes hat, sondern auch höhere Windgeschwindigkeiten.

An windigen Tagen ist die Gefahr einer PM10-Grenzwertüberschreitung von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich niedriger als an windstillen Tagen.

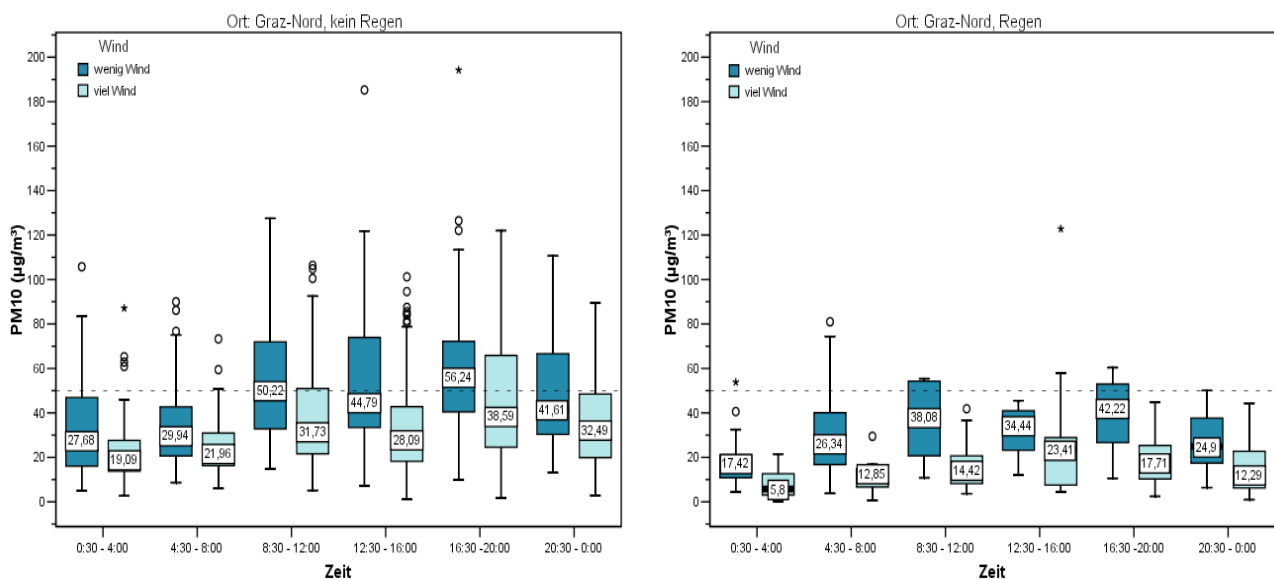


Diagramm 13: Boxplotserien der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Niederschlag und mittlerer Windgeschwindigkeit in Graz-Nord

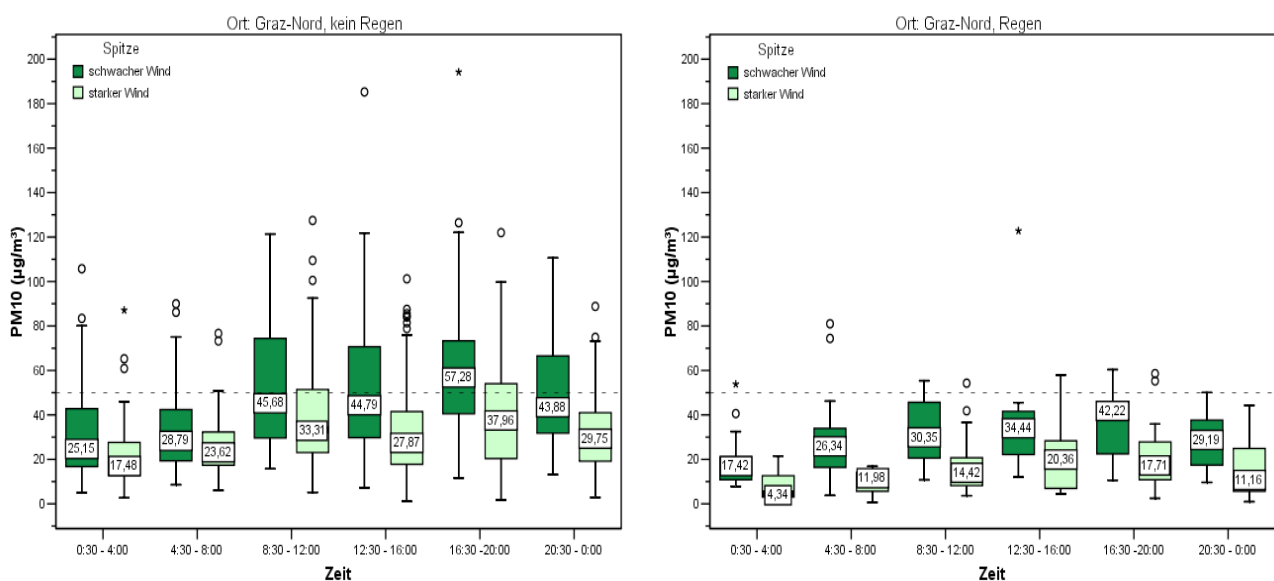


Diagramm 14: Boxplotserien der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Niederschlag und Spitzengeschwindigkeit in Graz-Nord

Das folgende Kreisdiagramm zeigt die Windrichtungen in Graz-Nord in prozentmäßigen Anteilen. Den größten Anteil hat der Südwind (24,9%), gefolgt vom Wind aus SW (17,6%) und NW (17%) und dem West- (15,8%) und SO-Wind (15,5%).

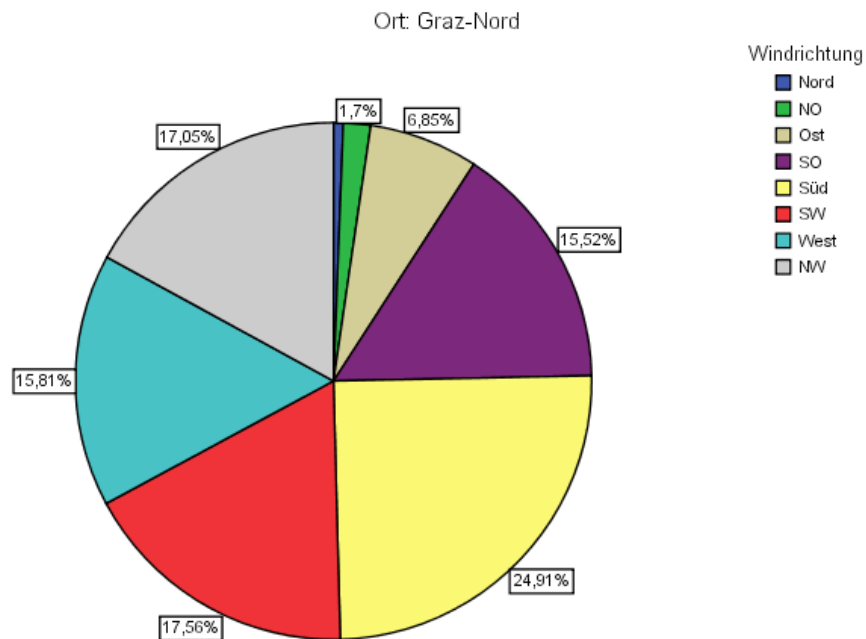


Diagramm 15: Kreisdiagramm der prozentmäßigen Anteile der Windrichtungen in Graz-Nord

Diagramm 16 zeigt tendenziell die höchsten PM10-Werte bei Süd-, SO- und SW-Wind. Die Mediane der Boxplots liegen bei ca. 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die Mittelwerte in den Fehlerbalken bei ca. 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

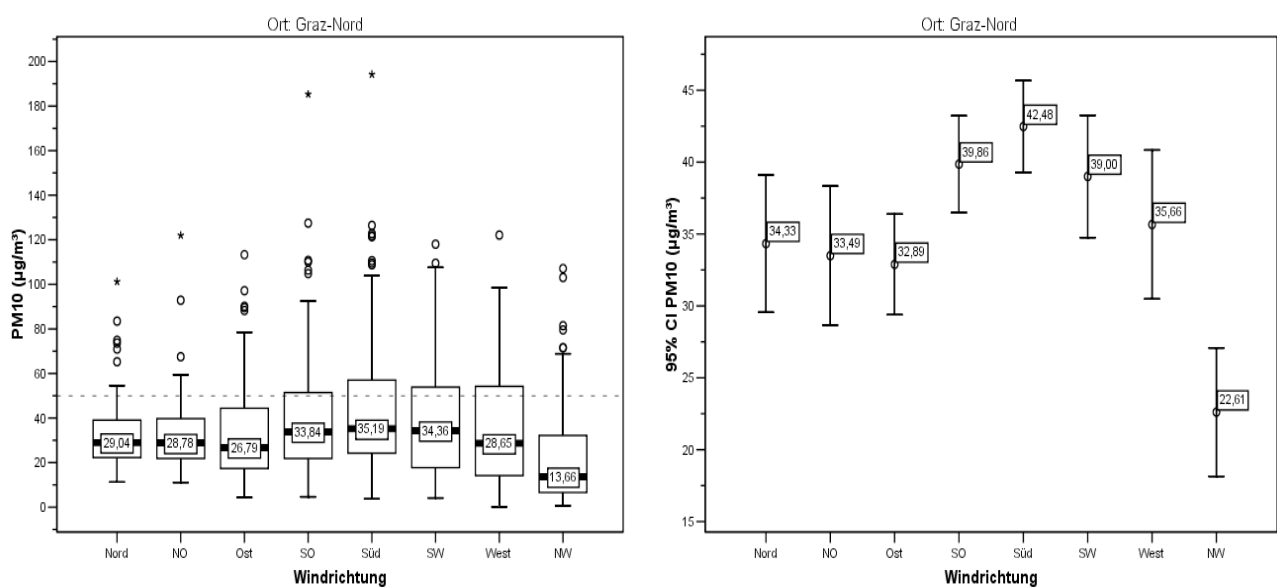


Diagramm 16: Boxplot und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung in Graz-Nord

In Diagramm 17 erkennt man, dass die Spitzenwindgeschwindigkeit aus NW im Durchschnitt doppelt so hoch ist als die aus Süd, der häufigsten Windrichtung. Dies erklärt auch die sehr niedrigen PM10-Werte bei NW-Wind in Diagramm 16.

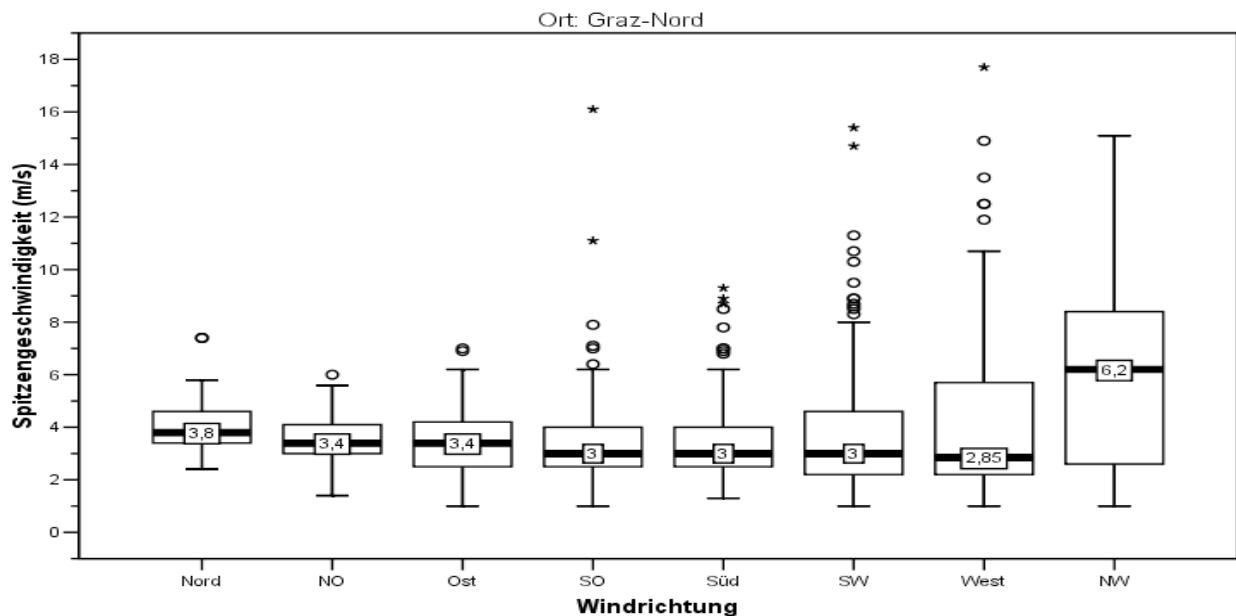


Diagramm 17: Boxplot der Spitzengeschwindigkeit 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung in Graz-Nord

Einfluss der Inversionswetterlage

In der linken Graphik erkennt man, dass es einen Zusammenhang zwischen der Verkehrsfrequenz und der Inversionswetterlage gibt. Bei Inversionswetterlage und ab einer Anzahl von ca. 5.000 Kfz/4h steigt der mittlere PM10-Wert kontinuierlich an.

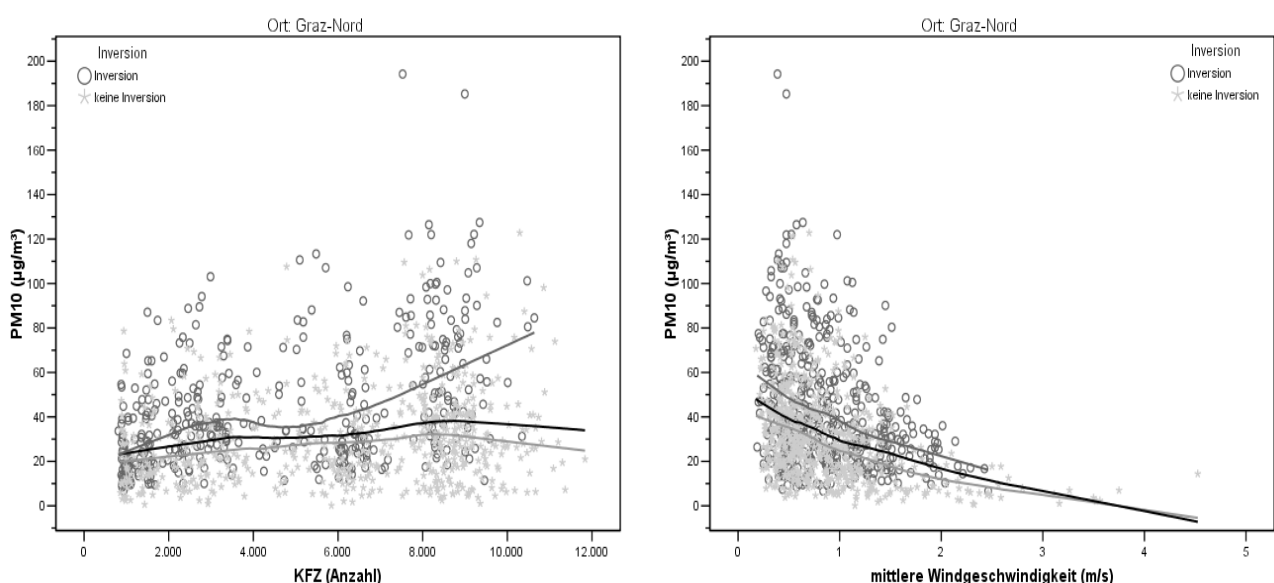


Diagramm 18: Scatterplots der PM10 und KfZ, bzw. Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Nord

In Diagramm 19 ist sehr gut zu erkennen, dass die PM10-Tagesmittelwerte an Inversionstagen sehr rasch und deutlich in die Höhe gehen.

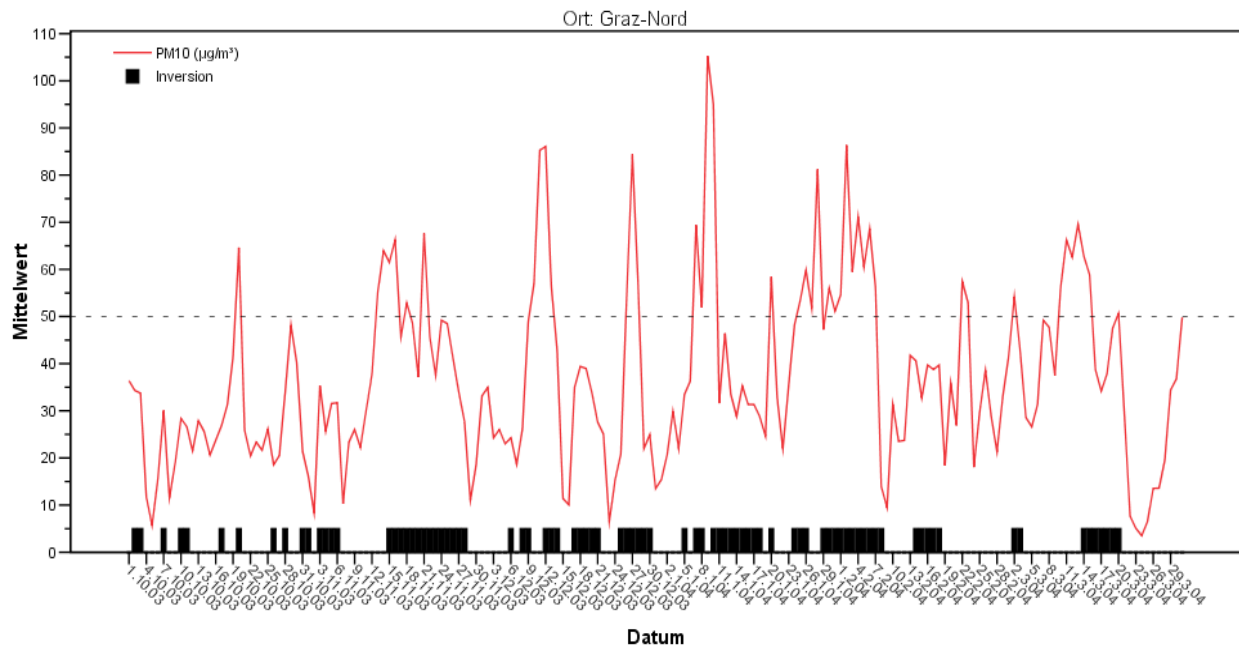


Diagramm 19: Liniendiagramm der PM10 Tagesmittelwerte bzgl. Inversion in Graz-Nord

Einfluss des Verkehrs

Mit Ausnahme des durch die Meteorologie erklärbaren PM10-Mittagstiefs ist ein Zusammenhang zwischen dem PM10-Niveau und der Verkehrsfrequenz - sowohl an Werktagen, als auch an Sonn-/Feiertagen - erkennbar.

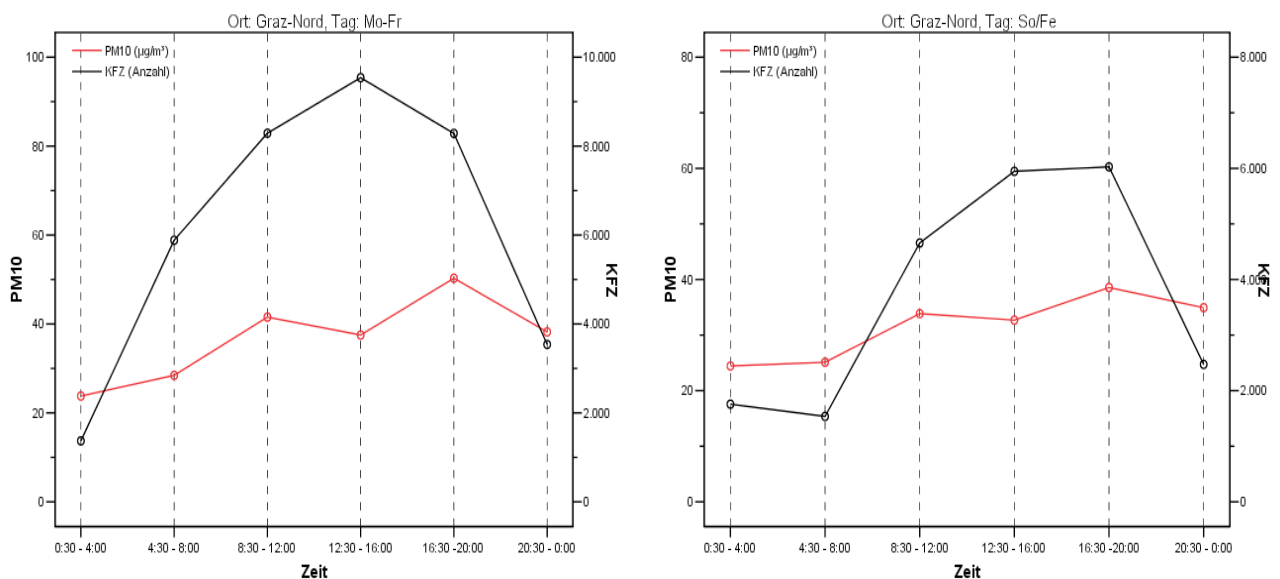


Diagramm 20: Liniendiagramme der PM10 und KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Nord

5) ANALYSEN FÜR GRAZ-MITTE

Für den verkehrsexponierten Messort Graz-Mitte (Landhausg.) im Zentrum der Landeshauptstadt stehen neben den Feinstaubwerten, der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte zusätzlich auch Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung (Oeverseepark) zur Verfügung.

In sämtlichen Boxplot-Graphiken für Graz-Mitte wurden die Ausreißer ($>210 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ausgeblendet.

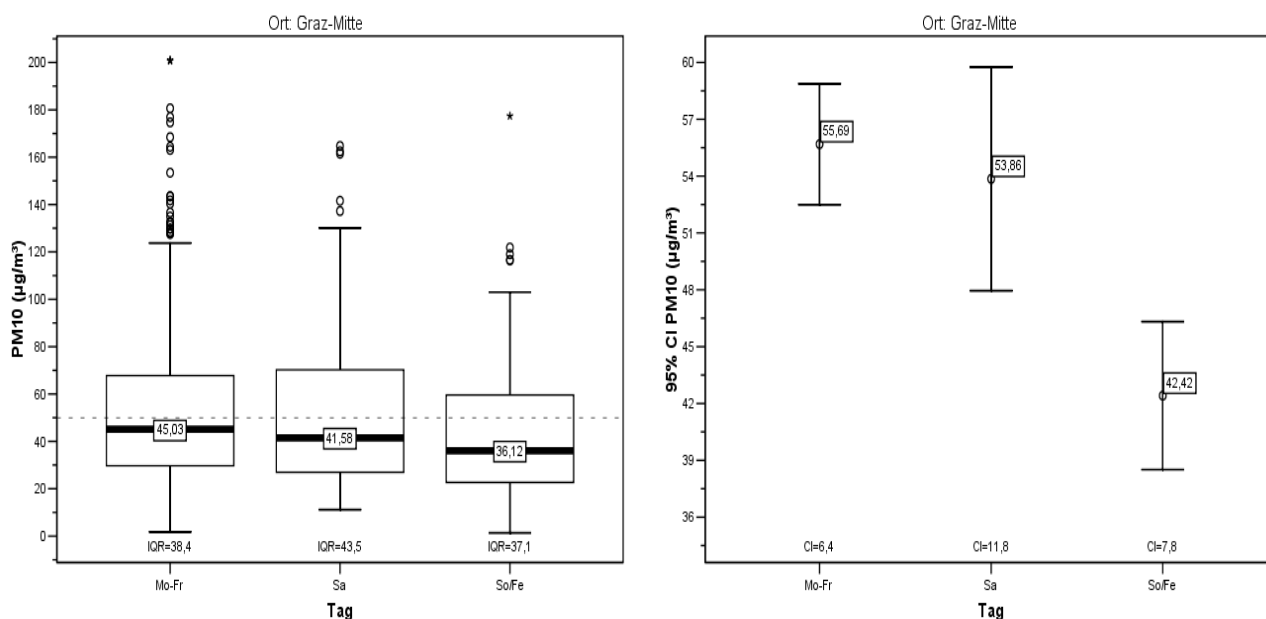


Diagramm 21: Boxplot (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende

Die **4-Stunden-Mittelwerte** an Sonn-/Feiertagen liegen im Mittel bei ca. **76%** der Werte an Wochentagen und die **Mediane** bei ca. **80%**. Die Werte am Samstag sind über 90% der Wochentagswerte. Es gibt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem Mittelwert an Sonn- und Feiertagen und dem Mittelwert an Werktagen, sowie an Samstagen (keine Überlappung der Fehlerbalken).

In Graz-Mitte haben die Tagesmittelwerte der Merkmale PM10, Windgeschwindigkeit und Spitzengeschwindigkeit die im Folgenden angegebenen Spannweiten. Auffallend dabei ist der extrem hohe Maximalwert für PM10 und die gegenüber Graz-Nord niedrigeren maximalen Windgeschwindigkeiten.

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 239 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (05.02.04)	$\bar{x}_{\min} = 7,9 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (5.10.04)
Windgeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 1,9 \text{ m} / \text{s}$ (23.12.03)	$\bar{x}_{\min} = 0,08 \text{ m} / \text{s}$ (25.12.03)
Spitzengeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 15,3 \text{ m} / \text{s}$ (08.02.03)	$\bar{x}_{\min} = 0,1 \text{ m} / \text{s}$ (27./28.12.03)

Betrachtet man die Zeiträume von 4:30 - 8:00 Uhr und 12:30 - 0:00 Uhr, dann kann man im Mittel an Sonn-/Feiertagen eine Reduktion der **4-Stunden-Mittelwerte** auf ca. 73-82% der Werktagswerte beobachten, im Zeitraum von 8:30 - 12:00 Uhr sogar auf ca. 59%, während in der Nachtperiode 0:30 - 4:00 Uhr ein höheres Niveau als am Werktag zu registrieren ist. Die **4-Stunden-Mediane** zeigen im Zeitraum von 4:30 - 16:00 Uhr eine Reduktion auf ca. 60-70%, von 16:30 - 0:00 Uhr auf nur mehr ca. **80-90%** und von 0:30 - 4:00 Uhr ebenfalls einen höheren Median am Sonntag als am Werktag.

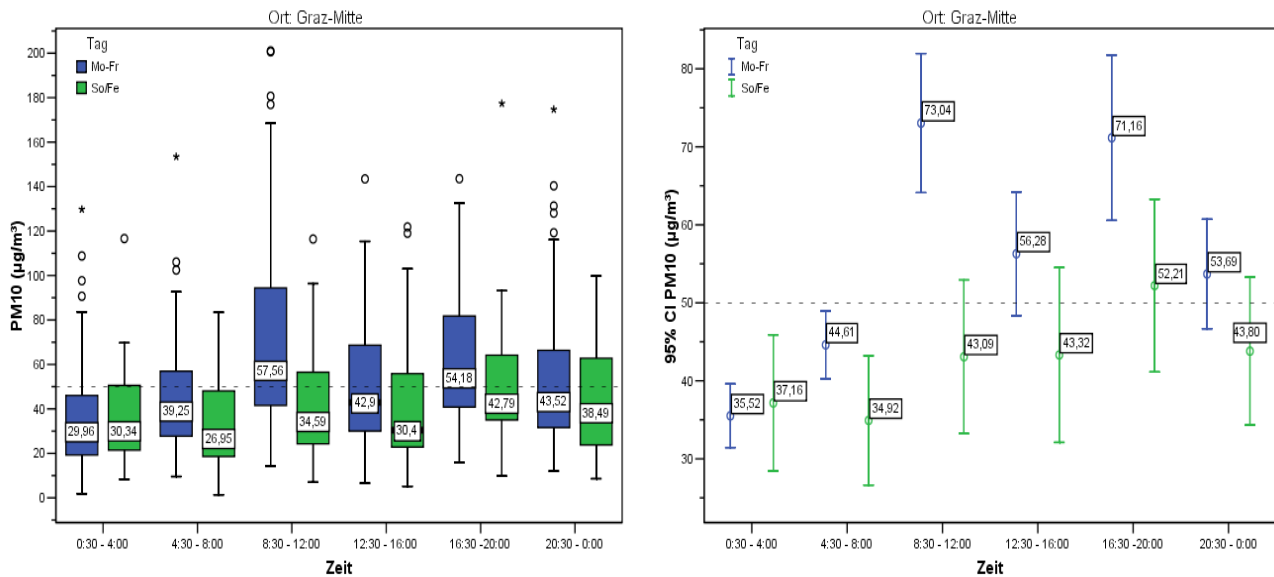


Diagramm 22: Boxplotserie (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Mitte

Die linke Graphik in Diagramm 23 zeigt die 4-h-Mittelwerte von PM10 an Werktagen und Sonn-/Feiertagen. In der rechten Graphik werden 4-h-MW von PM10 mit Kfz-4h-Frequenzen verglichen. Die Graphiken in Diagramm 24 zeigen PM10-Tagesmittelwerte mit den Kfz-Tagesfrequenzen.

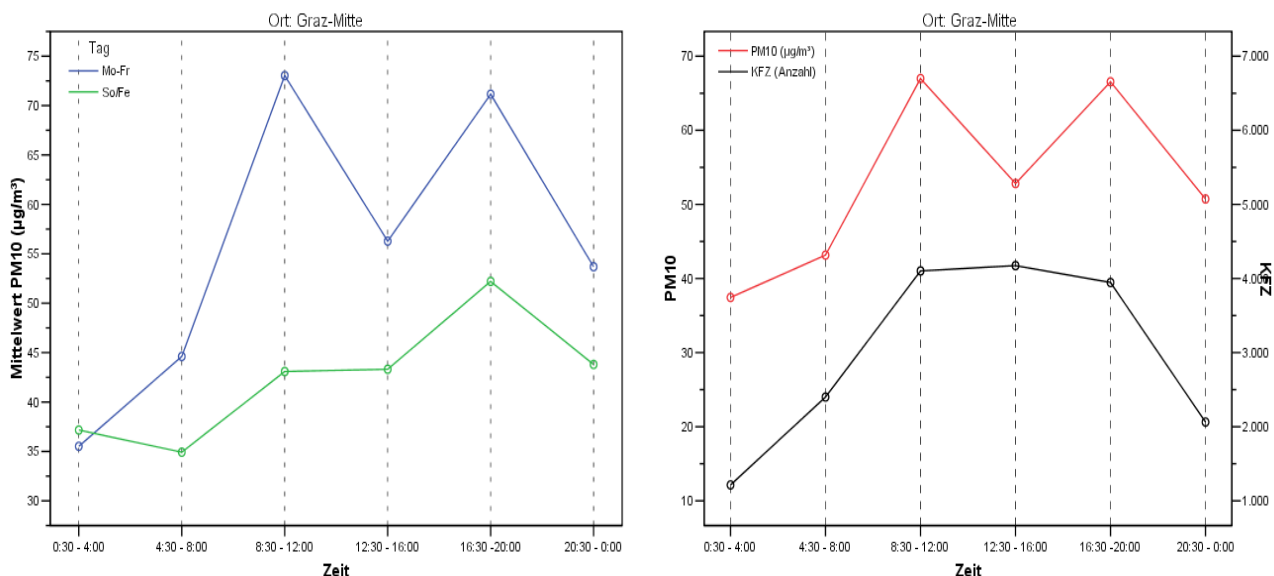
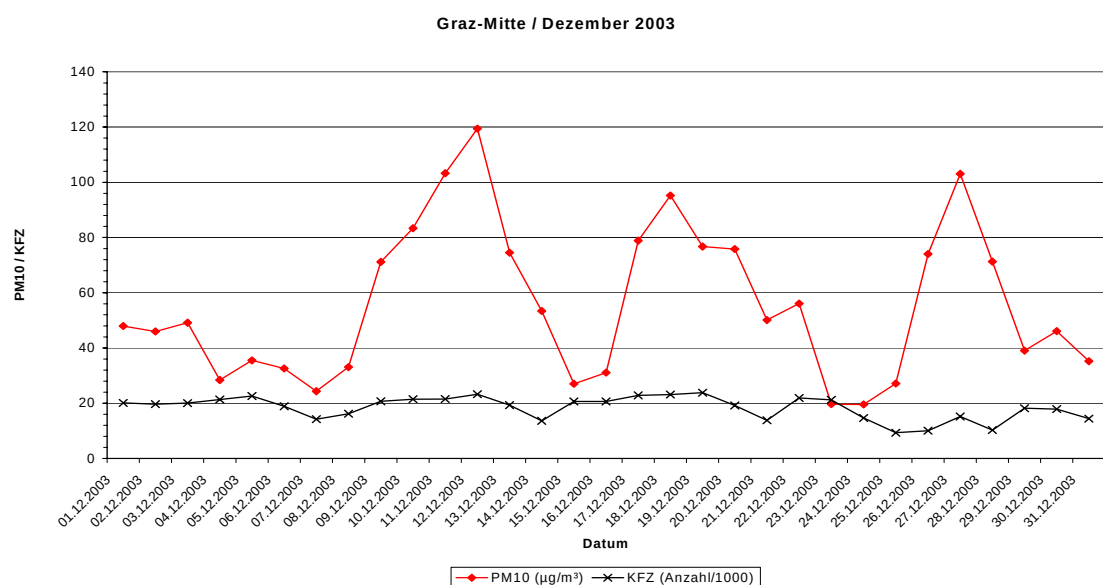
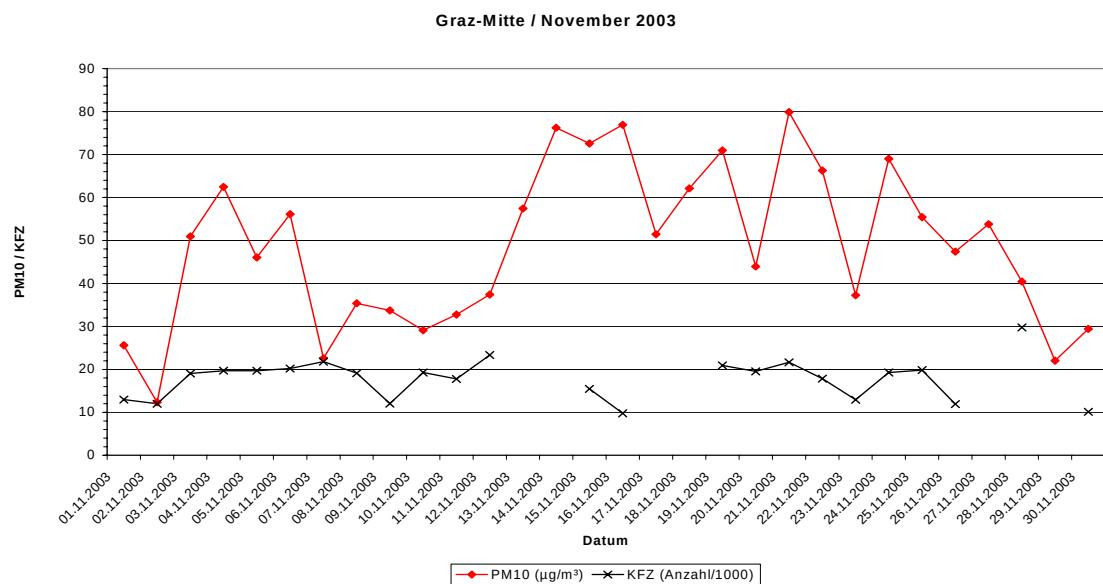
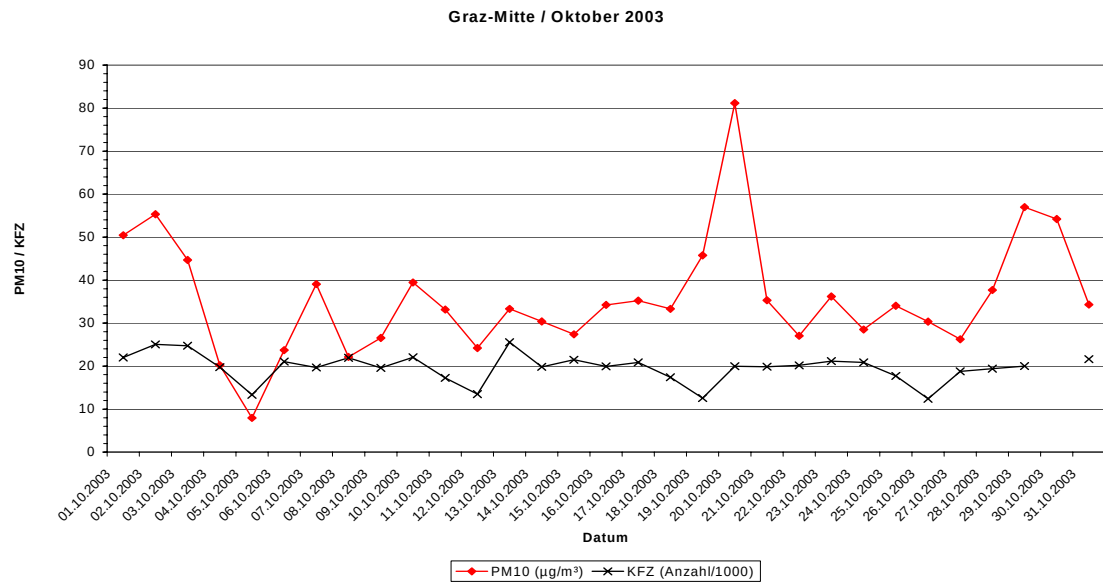


Diagramm 23: Liniendiagramme der PM10 und KFZ (%) 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte



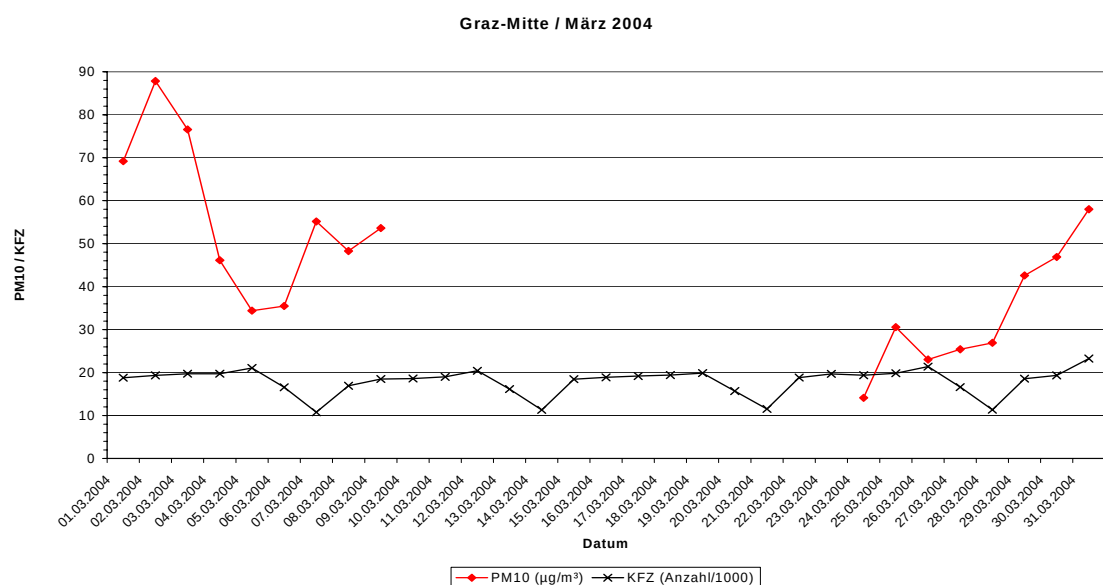
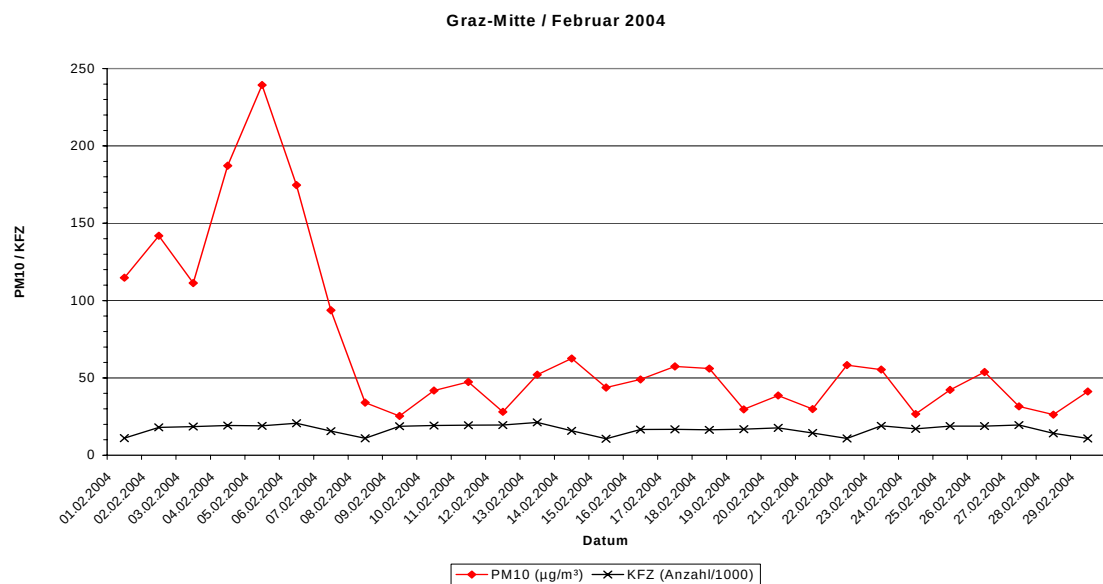
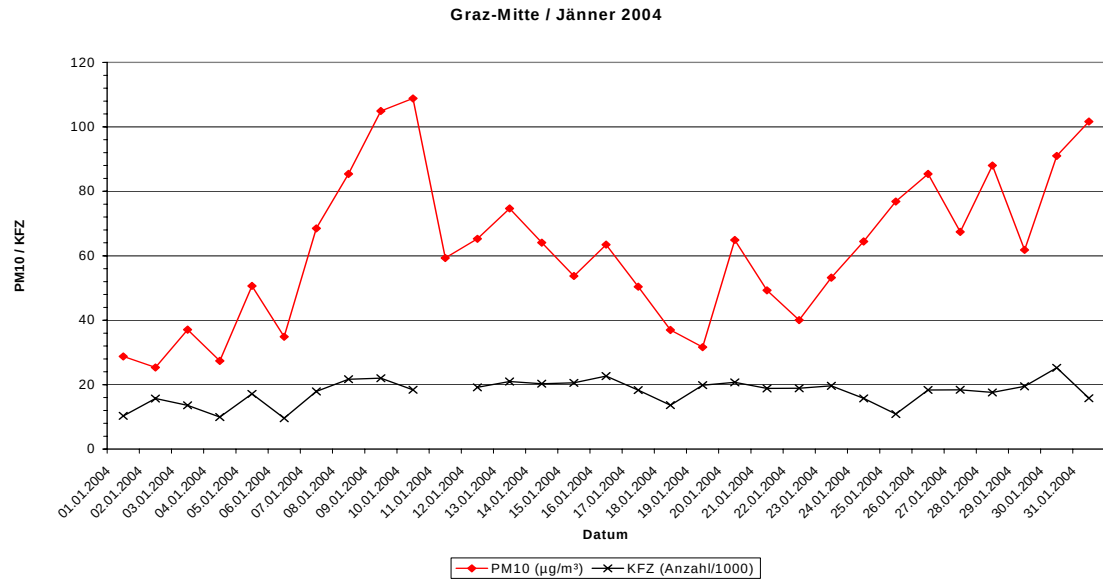


Diagramm 24: Liniendiagramme der PM10 und KFZ Tagesmittelwerte in Graz-Mitte

Einfluss des Niederschlags und des Windes

Für die Analyse des Niederschlags in Graz-Mitte wurden die Messungen von Graz-Nord herangezogen.

In Graz-Mitte ist es zwar weniger windig als in Graz-Nord, aber der Abfall von PM10 bei Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeit ist von ähnlicher Größenordnung wie in Graz-Nord.

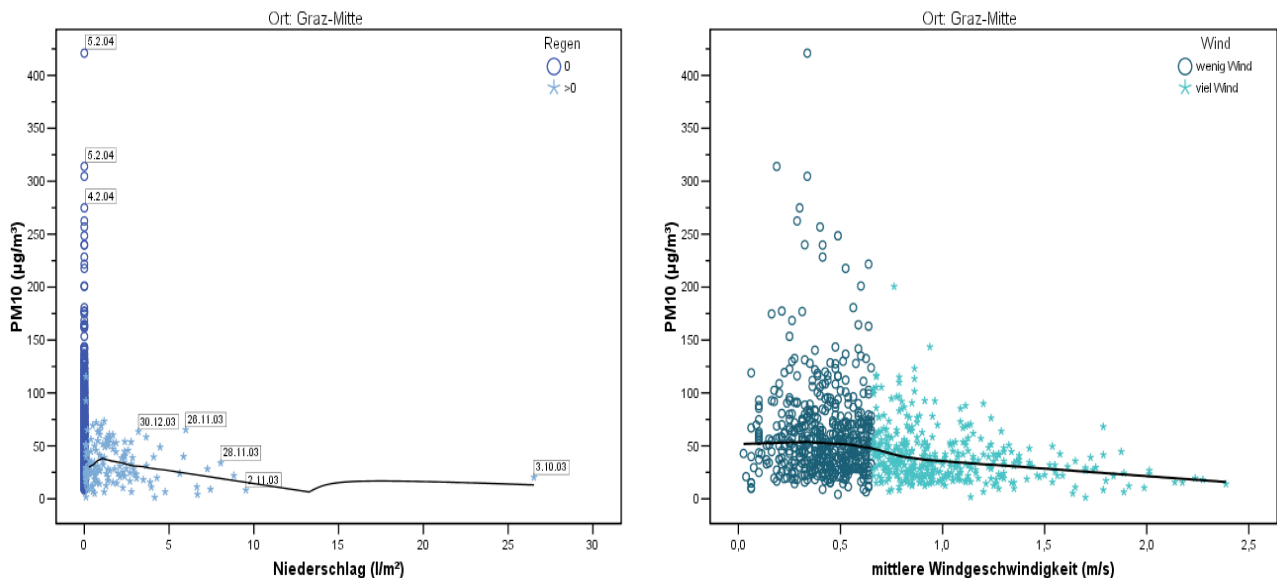


Diagramm 25: Scatterplots der PM10 und Niederschlags/Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte

Man erkennt, dass die Niederschlagswerte von Graz-Nord einen Einfluss auf die PM10-Werte von Graz-Mitte ausüben. Die PM10 Tagesmittelwerte vom 4.2. bis 6.2.2004 liegen weit über $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und sind in Diagramm 26 abgeschnitten.

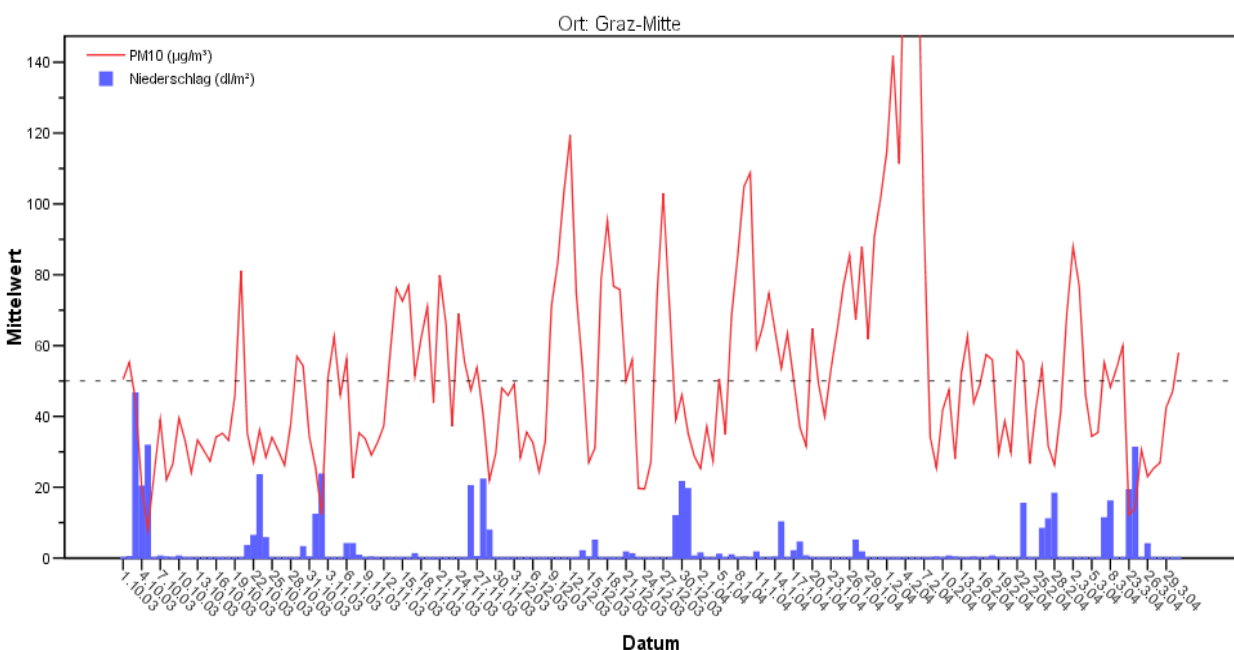


Diagramm 26: Liniendiagramm der PM10 und Niederschlags Tagesmittelwerte in Graz-Mitte

Tabelle 5: PM10 4-Stunden-Mittelwerte nach Regenkategorien (Graz-Nord) in Graz-Mitte

Bericht^a

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

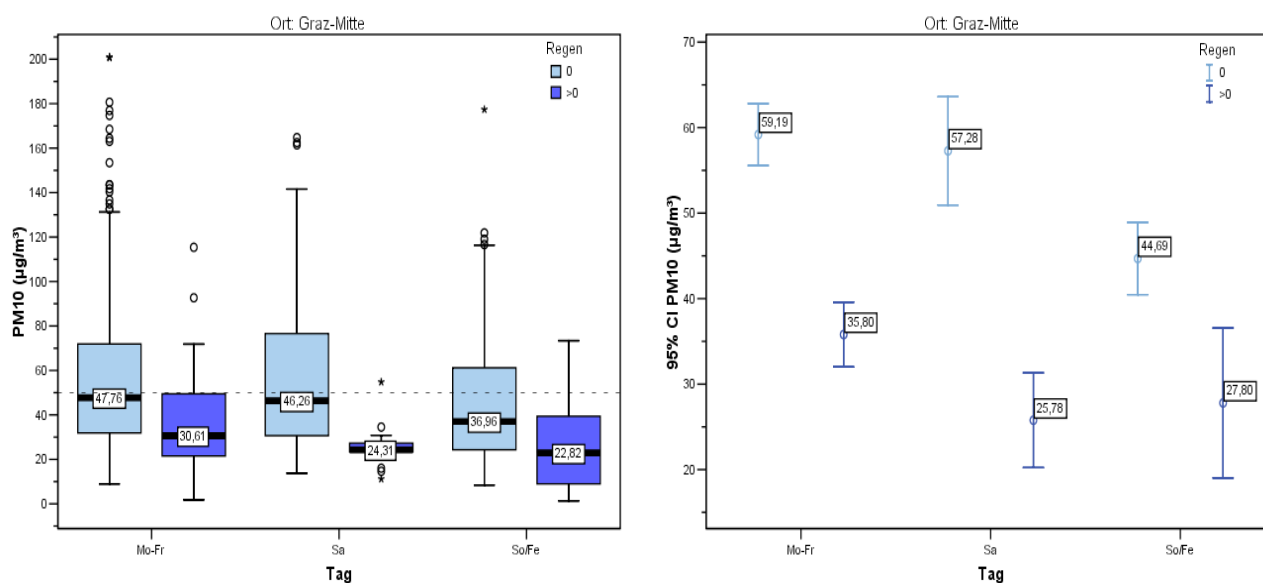
Tag	Regen	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung
Mo-Fr	0	59,19	47,76	591	44,85
	>0	35,80	30,61	104	19,44
	Insgesamt	55,69	45,03	695	42,84
Sa	0	57,28	46,26	123	35,51
	>0	25,78	24,31	15	10,01
	Insgesamt	53,86	41,58	138	35,07
So/Fe	0	44,69	36,96	161	27,16
	>0	27,80	22,83	25	21,26
	Insgesamt	42,42	36,13	186	27,01
Insgesamt	0	56,25	45,25	875	41,22
	>0	33,37	27,94	144	19,33
	Insgesamt	53,02	43,31	1019	39,69

a. Ort = Graz-Mitte

Bei Niederschlag hat man an **Werktagen** und an **Sonn-/Feiertagen** eine Reduktion des **Mittelwertes** auf ca. **61%** gegenüber dem Mittelwert der niederschlagsfreien Tage. An **Samstagen** hat man gar eine Verminderung auf ca. **45%**. Die Standardabweichung geht bei Niederschlag auf ca. 50% zurück.

Der **Median** der niederschlagsfreien **Werktage** geht auf ca. **65%**, der an **Samstagen** auf ca. **52%** und der an **Sonn-/Feiertagen** auf ca. **55%** zurück.

Nimmt man alle Werktage, Samstage und Sonn-/Feiertage zusammen, dann geht der Mittelwert der Niederschlagstage auf ca. 59% und der Median auf ca. 62% zurück.

**Diagramm 27:** Boxplotserien (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Niederschlag in Graz-Mitte

Die Diagramme 28 und 29 zeigen die PM10 4-Stunden-Mittelwerte, kategorisiert nach Tagen ohne Niederschlag (kein Regen) und Tagen mit Niederschlag (Regen) und gruppiert nach Windstärke (wenig Wind, viel Wind), wobei wir ab einer mittleren Windstärke von 0,65 m/s bzw. ab einer Spitzengeschwindigkeit von 3m/s von *viel Wind* sprechen.

Es ist gut zu erkennen, dass sowohl der Niederschlag als auch der Wind einen großen Einfluss auf die PM10-Belastung haben. Beide Wetterlagen bewirken eine deutliche Absenkung des mittleren Feinstaubniveaus. Das hohe Niveau an niederschlagsfreien Tagen (linke Graphiken) wird durch den Wind stark herabgesetzt. An Niederschlagstagen (rechte Graphiken) wird das niedrigere Niveau durch den Wind noch weiter verringert.

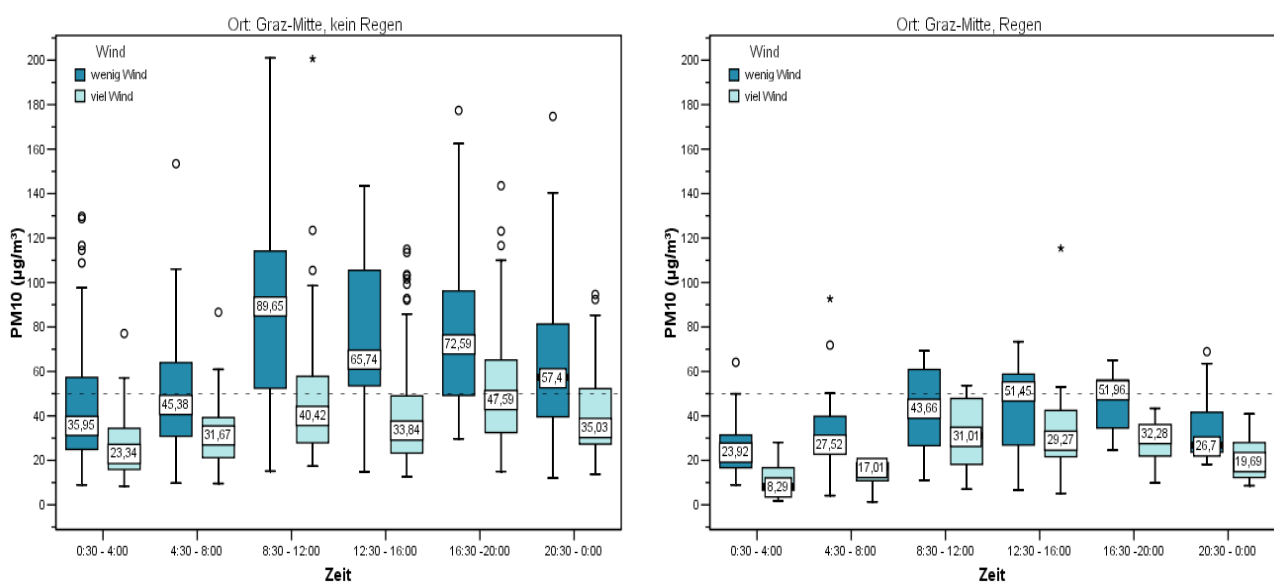


Diagramm 28: Boxplotserien (ohne Ausreißer) der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. der Windgeschwindigkeit in Graz-Mitte

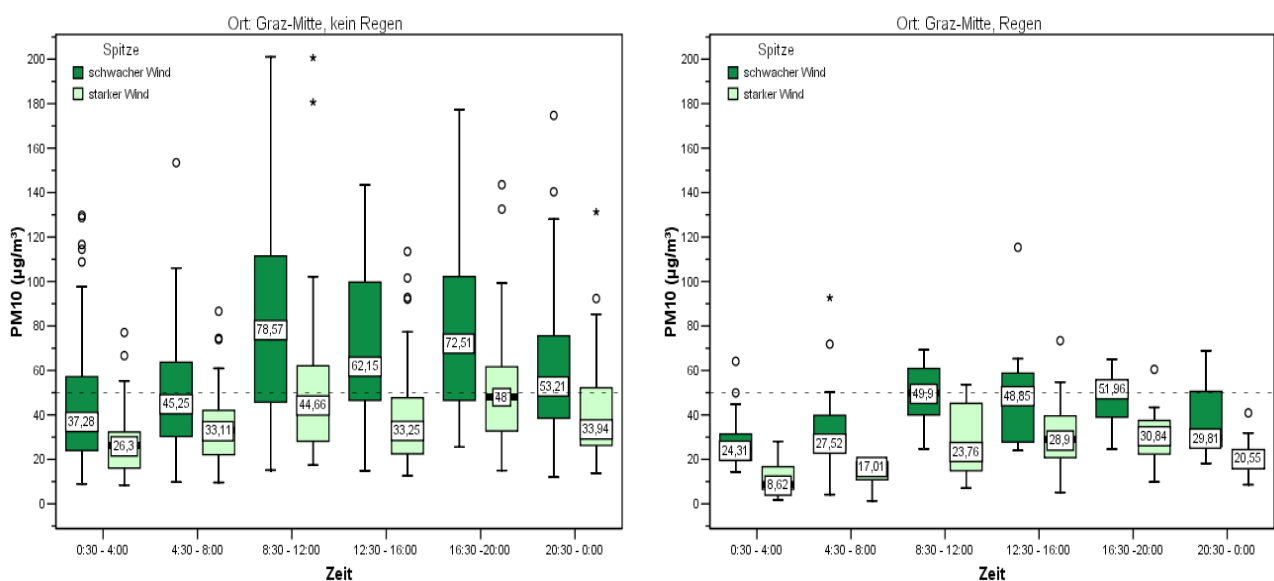


Diagramm 29: Boxplotserien (ohne Ausreißer) der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. der Spitzengeschwindigkeit in Graz-Mitte

Das Kreisdiagramm zeigt, dass in Graz-Mitte der Südwind (23,6%) den größten Anteil hat, gefolgt vom Wind aus NW (18,4%), Nord (15%), West (14,3%), sowie dem SO- (13,6%) und SW-Wind (12,7%).

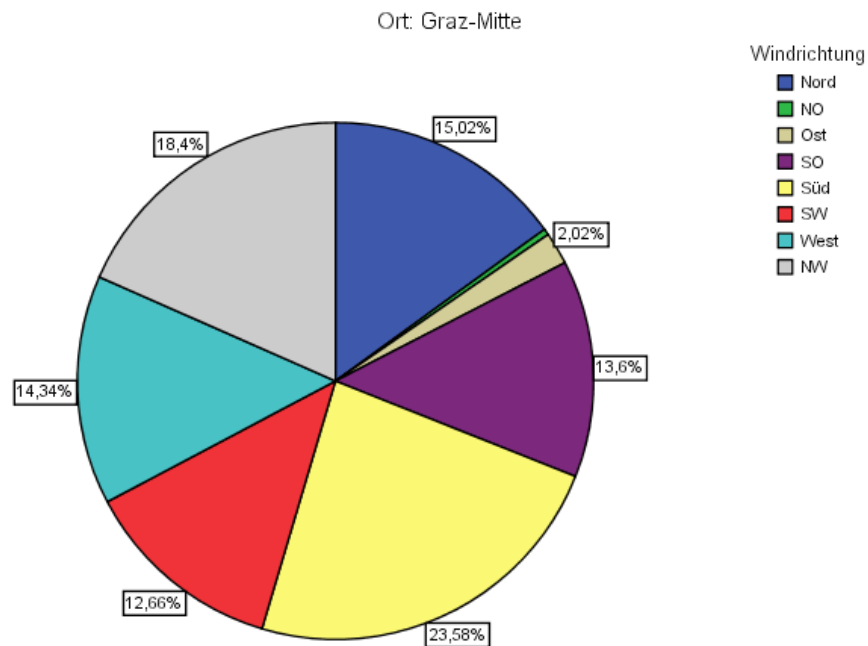


Diagramm 30: Kreisdiagramm der prozentmäßigen Anteile der Windrichtungen in Graz-Mitte

In Graz-Mitte treten im Durchschnitt die höchsten PM10-Werte bei Südwind auf. Der Median im Boxplot liegt bei ca. 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und der Mittelwert im Fehlerbalken bei ca. 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Mittel wird der Grenzwert von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auch bei SO- und SW-Wind überschritten.

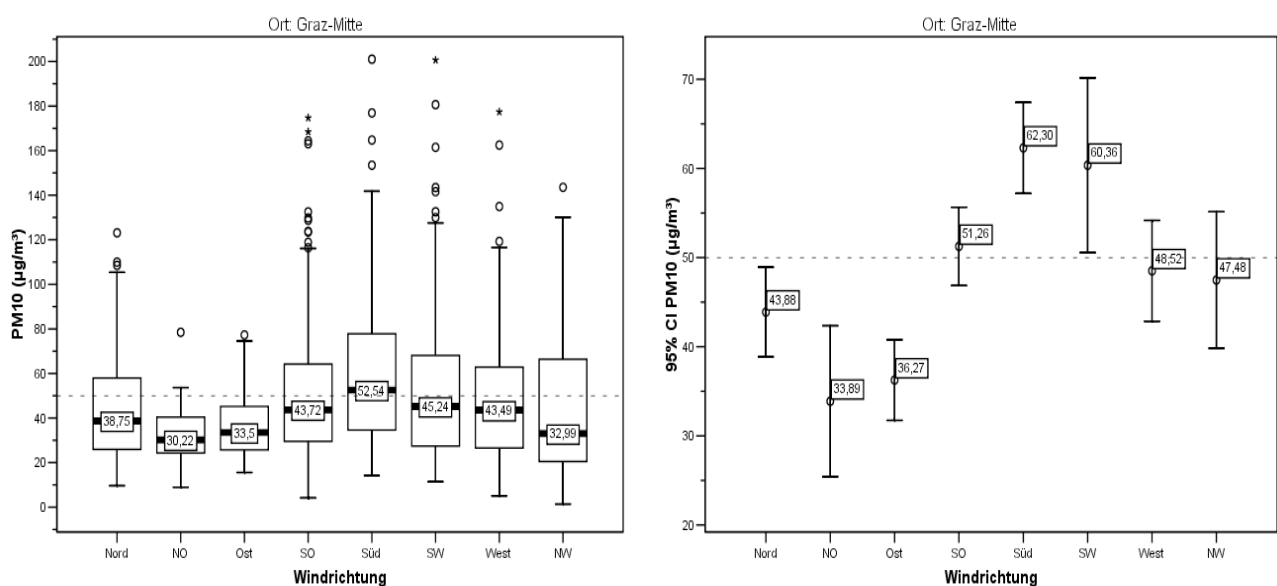


Diagramm 31: Boxplot (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung in Graz-Mitte

In Diagramm 32 ist zu sehen, dass die Spitzenwindgeschwindigkeit leicht zunimmt, je weiter der Wind aus dem Norden kommt. Dies erklärt auch die gegenläufige Charakteristik der PM10-Werte in Diagramm 31.

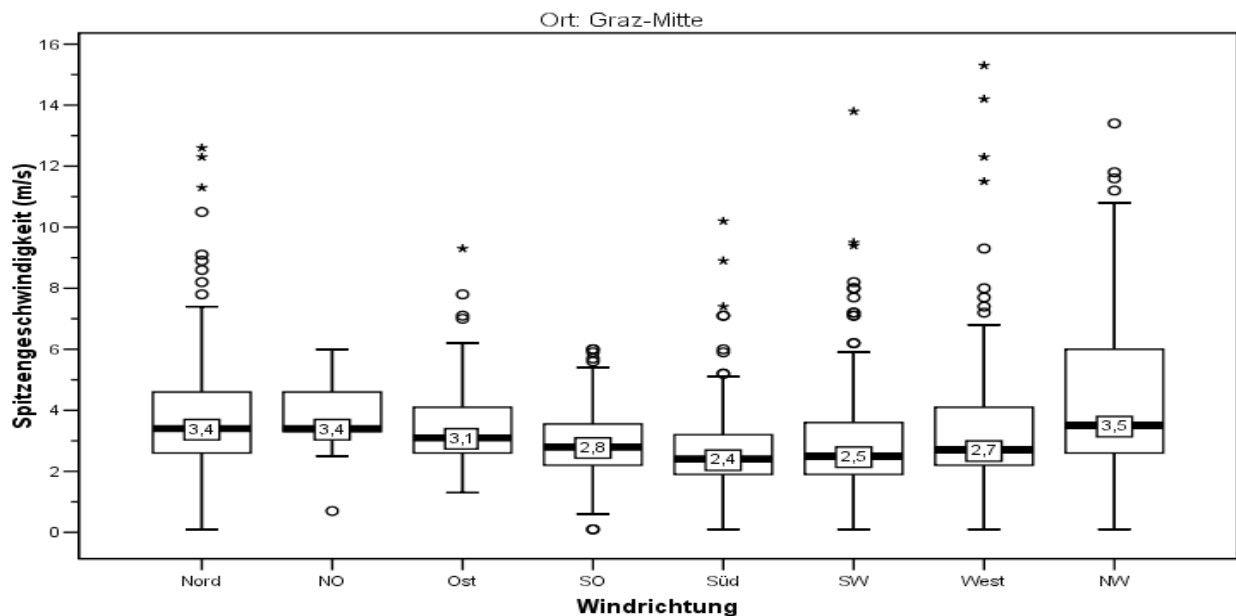


Diagramm 32: Boxplot der Spitzengeschwindigkeit 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung in Graz-Mitte

Einfluss der Inversionswetterlage

Die linke Graphik zeigt eine positive Korrelation zwischen dem Verkehr und der Inversionswetterlage: ab einer Anzahl von ca. 3.000 Kfz/4h weist der PM10-Wert eine steigende Tendenz auf.

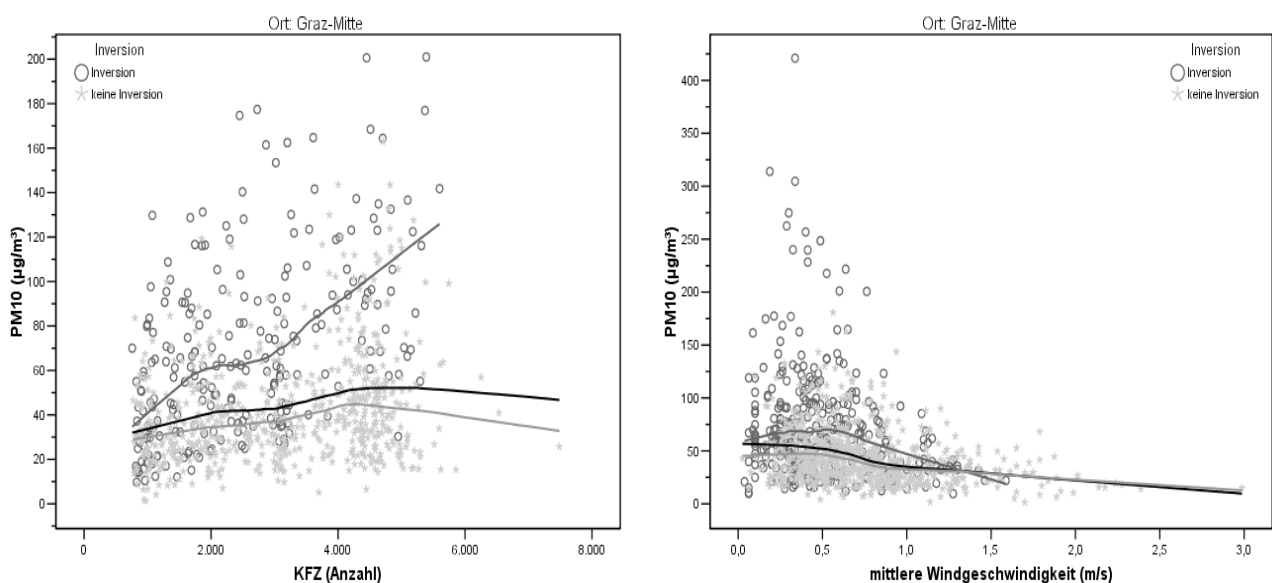


Diagramm 33: Scatterplots der PM10 und KFZ, bzw. Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Mitte

Die Darstellung in Diagramm 34 verdeutlicht, dass die PM10-Belastung (Tagesmittelwert) an Inversionstagen rasch und deutlich zunimmt.

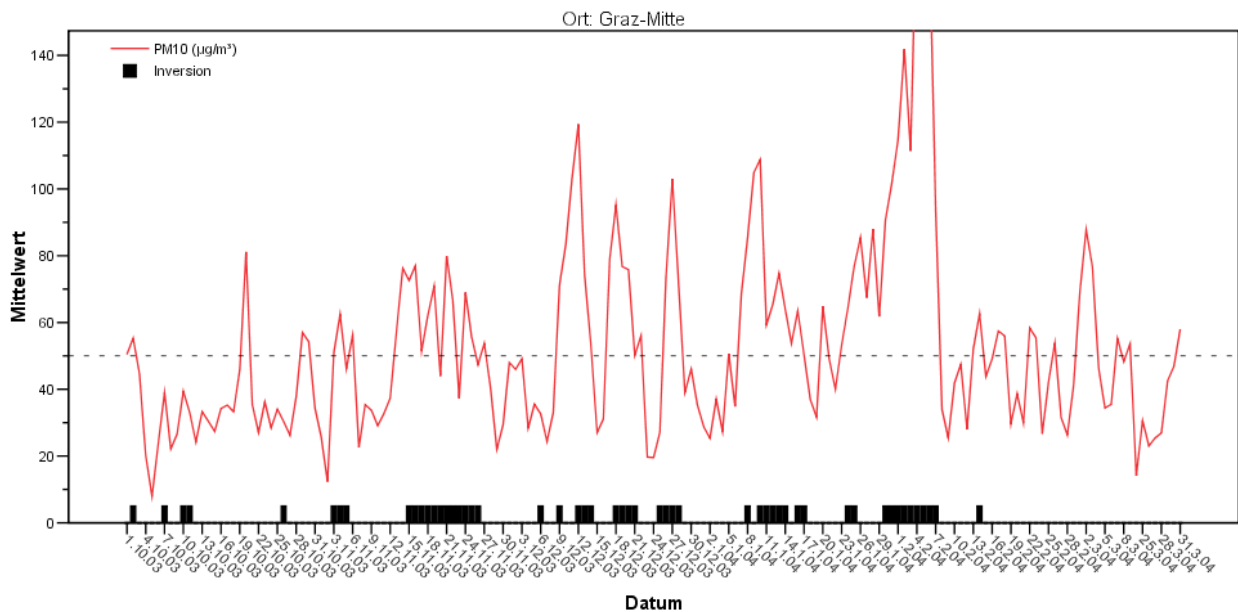


Diagramm 34: Liniendiagramm der PM10 Tagesmittelwerte bzgl. Inversion in Graz-Mitte

Einfluss des Verkehrs

In Graz-Mitte ist, mit Ausnahme des durch die Meteorologie erklärbaren PM10-Mittagstiefs, der Zusammenhang zwischen den PM10-Werten und dem Verkehr - sowohl an Werktagen, als auch an Sonntagen – noch deutlicher als in Graz-Nord ausgeprägt. Besonders bemerkenswert ist der nahezu parallele Verlauf der PM10 und Kfz 4-Stunden-Mittelwertsdiagramme an Sonn-/Feiertagen.

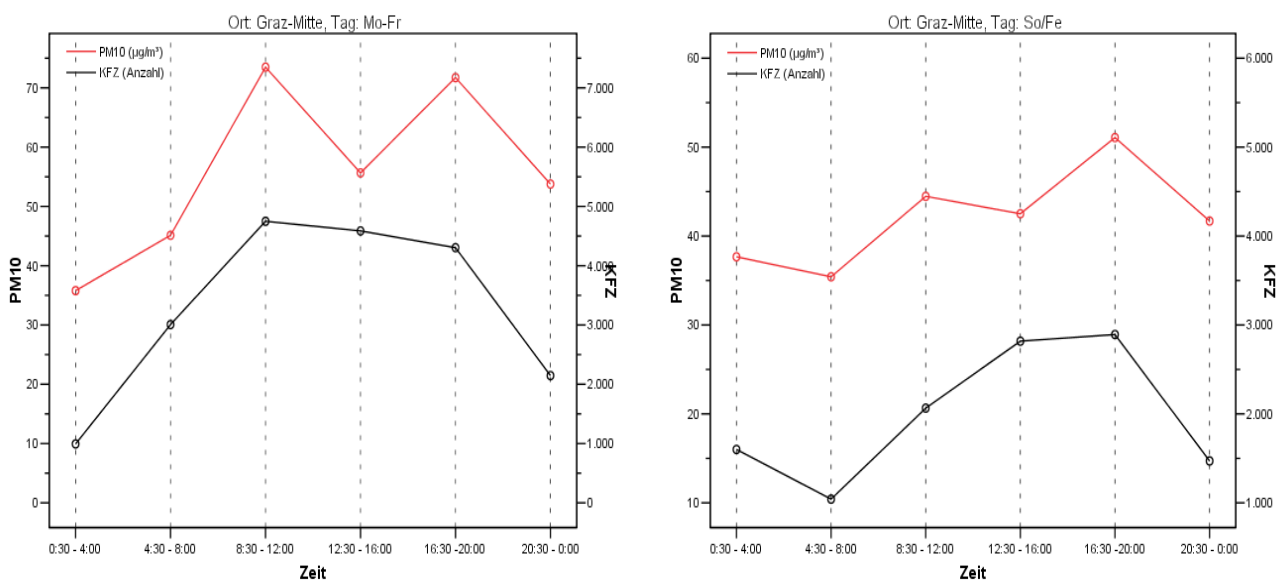


Diagramm 35: Liniendiagramme der PM10 und KfZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Mitte

6) ANALYSEN FÜR GRAZ-OST

Für den Messort Graz-Ost im aufgelockerten Siedlungsbereich (Eisteichsiedlung) stehen neben den Feinstaubwerten keine weiteren meteorologischen Messungen zur Verfügung (siehe Tabelle 1). Dafür können wir auf Verkehrsdaten zurückgreifen.

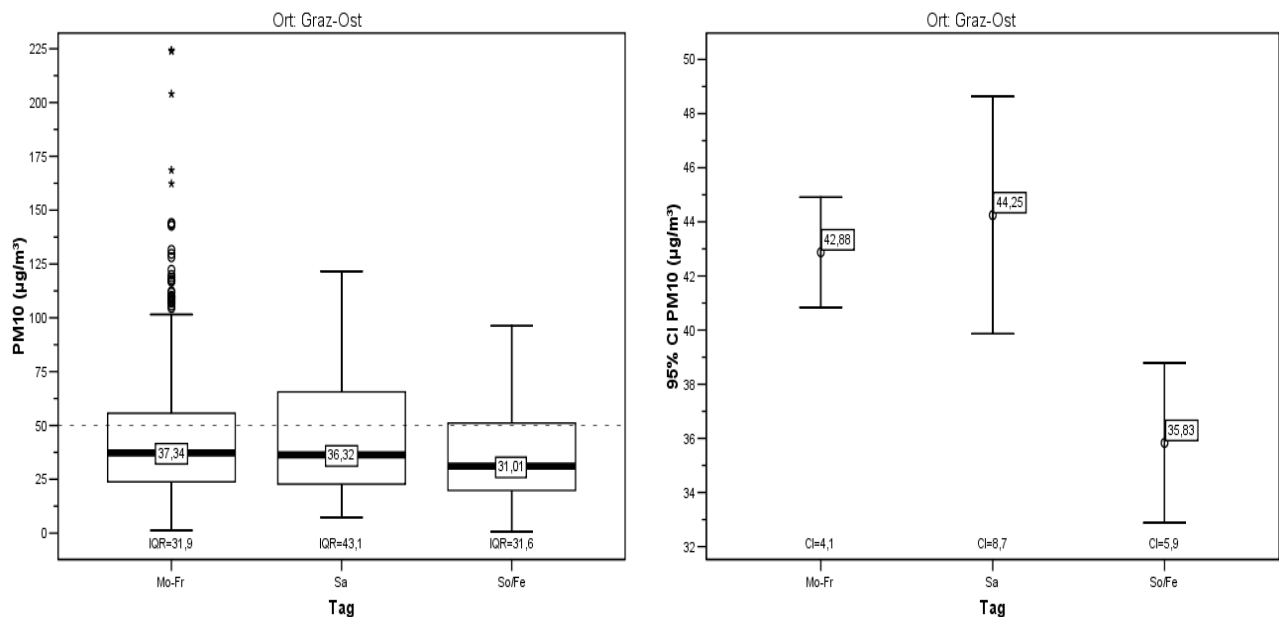


Diagramm 36: Boxplot und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende

Die **4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte** an Sonn-/Feiertagen liegen im Mittel bei ca. **83%** der Werte an Wochentagen. Der Mittelwert an Samstagen ist sogar höher als der Mittelwert an Wochentagen. Die Mittelwertsunterschiede zwischen Wochentag und Sonn-/Feiertag, sowie zwischen Samstag und Sonn-/Feiertag sind statistisch signifikant (keine Überlappung der Fehlerbalken). Die Messwerte liegen in der Größenordnung der Werte von Graz-Nord (Diagramm 6), einer ebenfalls im aufgelockerten Siedlungsgebiet platzierten Messstelle.

Im Folgenden werden die PM10-Werte mit Hilfe der Tageszeit, des Datums und des Verkehrs genauer analysiert. Als Spannweite für die Tagesmittelwerte ergibt sich:

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 154 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (06.02.04)	$\bar{x}_{\min} = 4,7 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (05.10.04)
--------------	---	---

Betrachtet man den Zeitraum von 4:30 - 0:00 Uhr, dann kann man im Mittel an Sonn-/ Feiertagen eine Reduktion der **4-Stunden-Mittelwerte** auf ca. 70-85% der Werktagswerte beobachten, während in der Nachtperiode 0:30 - 4:00 Uhr sogar ein höheres Niveau als am Werktag zu registrieren ist. Die **4-Stunden-Mediane** zeigen im Zeitraum von 4:30 - 20:00 Uhr eine Reduktion auf ca. 72-80%. In den restlichen Zeiträumen 0:30 – 4:00 Uhr und 20:30 – 0:00 Uhr entspricht das Niveau der Sonntagswerte ungefähr dem Niveau der Werktagswerte.

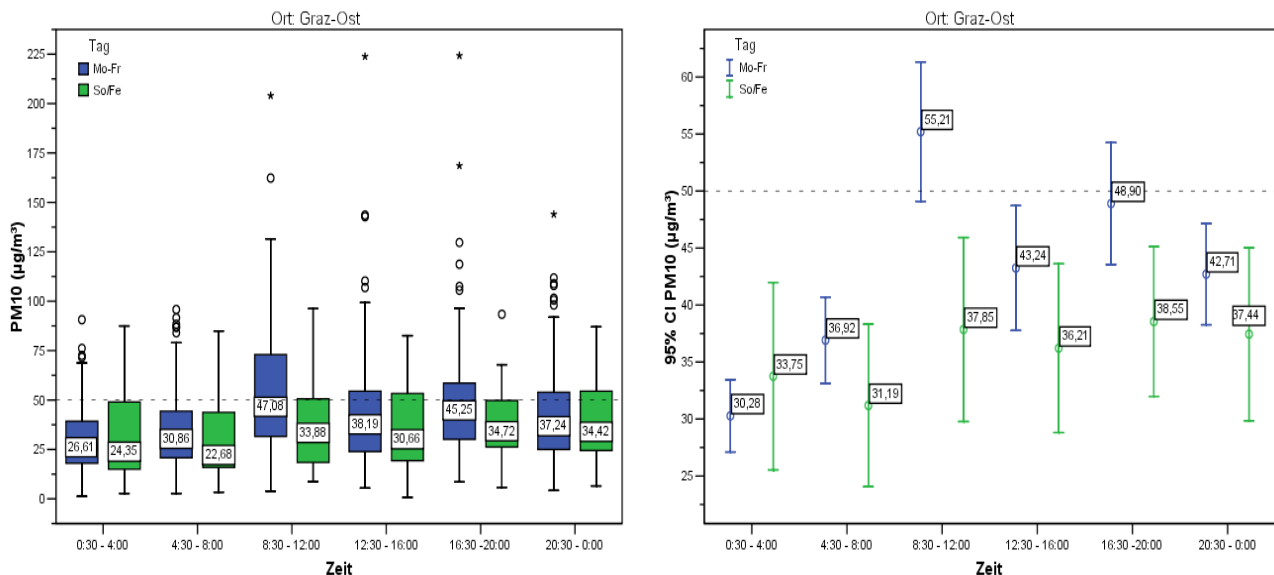


Diagramm 37: Boxplotserie und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Ost

Die linke Graphik in Diagramm 38 zeigt einen deutlichen Mittelwertsunterschied zwischen PM10 an Werktagen und Sonn-/Feiertagen. Die rechte Graphik enthält die 4h-MW von PM10 und der Kfz-Frequenz. Die Graphiken in Diagramm 39 vergleichen PM10-Tagesmittelwerte mit den Kfz-Tagesfrequenzen für die Monate Oktober 2003 bis März 2004.

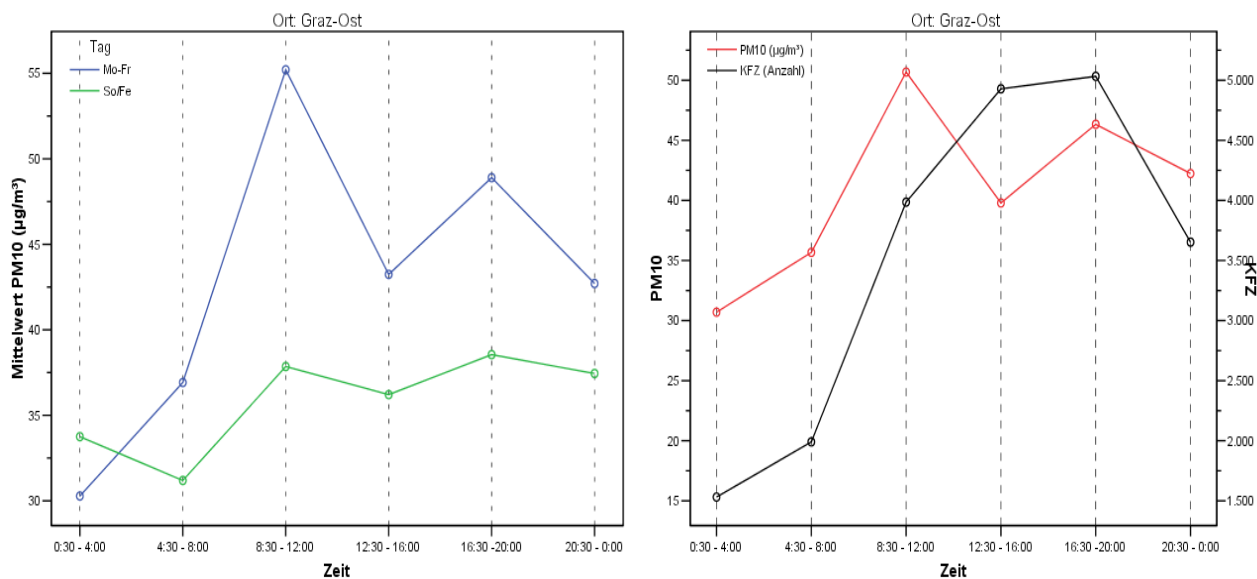
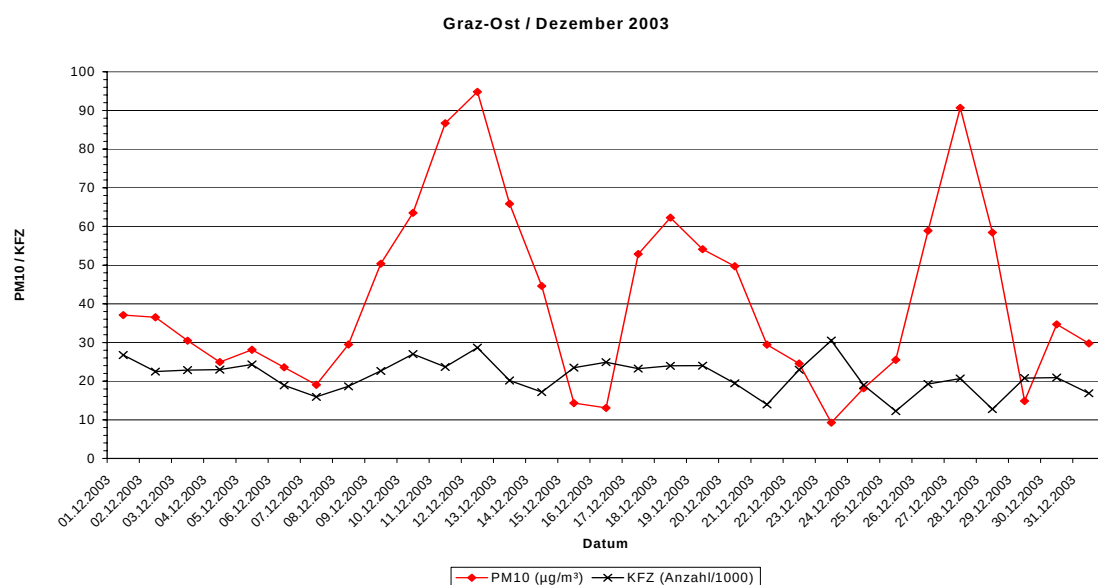
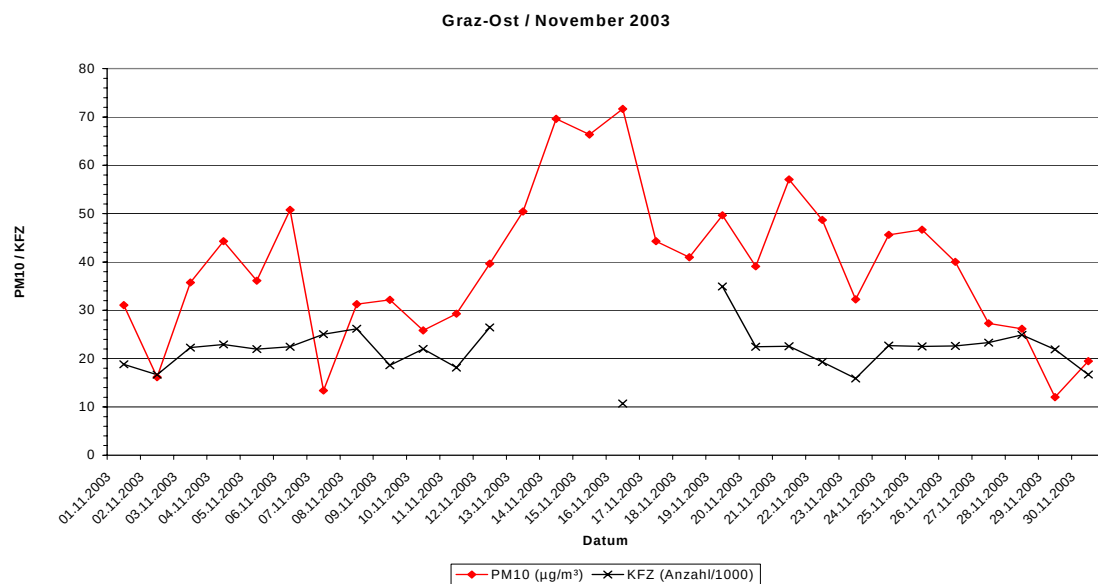
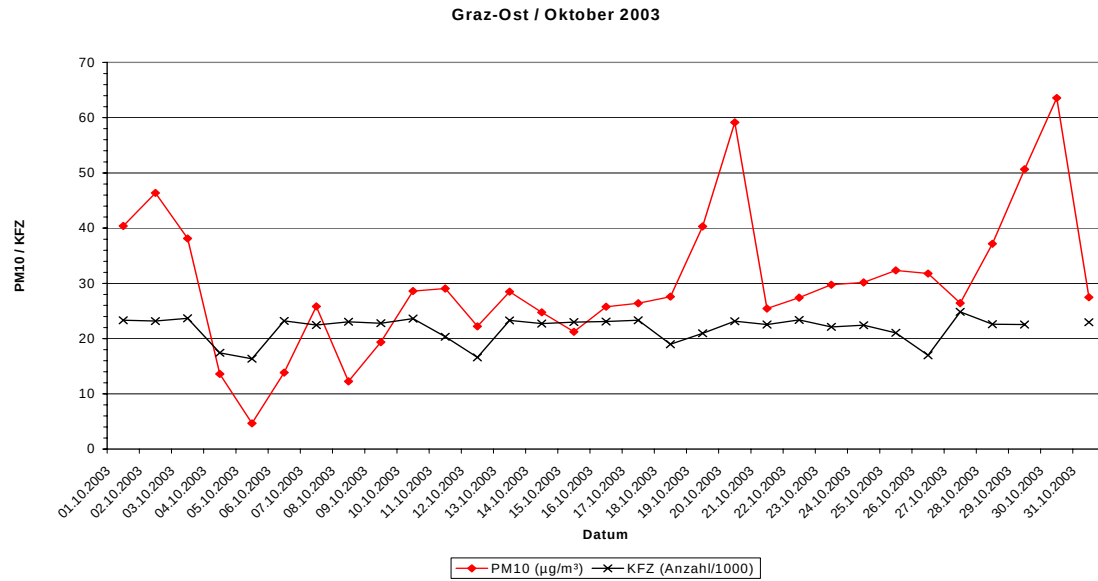
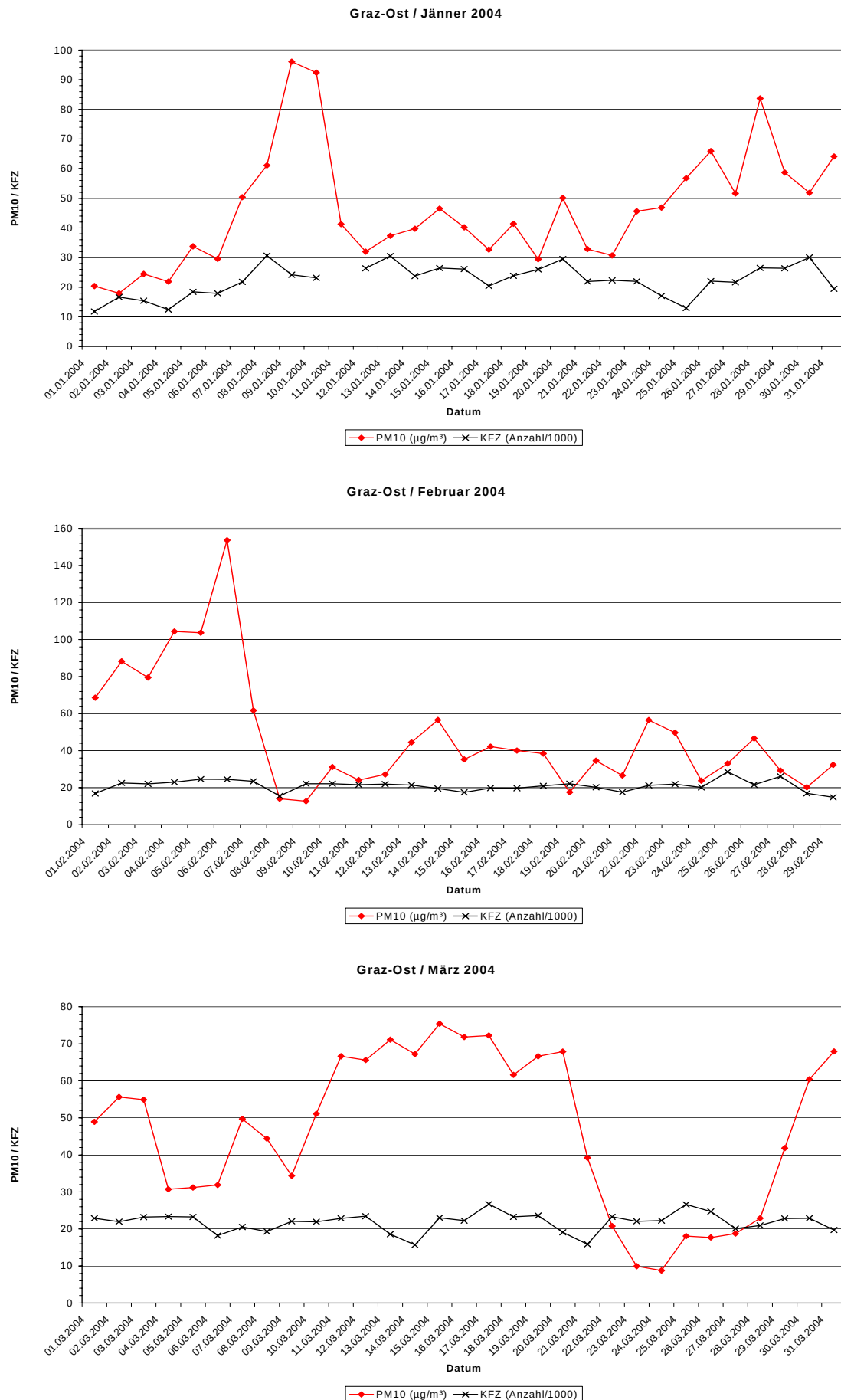


Diagramm 38: Liniendiagramme der PM10 und Kfz-Frequenz 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Ost





Einfluss des Verkehrs

Für die Messstelle Graz-Ost ist, mit Ausnahme des durch die Meteorologie erklärbaren PM10-Mittagstiefs, ein Zusammenhang zwischen den PM10 4h-Mittelwerten und der mittleren Verkehrsfrequenz – vor allem an Werktagen - erkennbar. Die gemeinsame Charakteristik zeichnet sich an Werktagen deshalb besser ab, da hier eine große Bandbreite der PM10-Werte gegeben ist. An Sonn-/Feiertagen ist das allgemeine PM10-Niveau sehr niedrig mit geringen Schwankungen (vgl. die analoge Situation in Diagramm 20 für Graz-Nord).

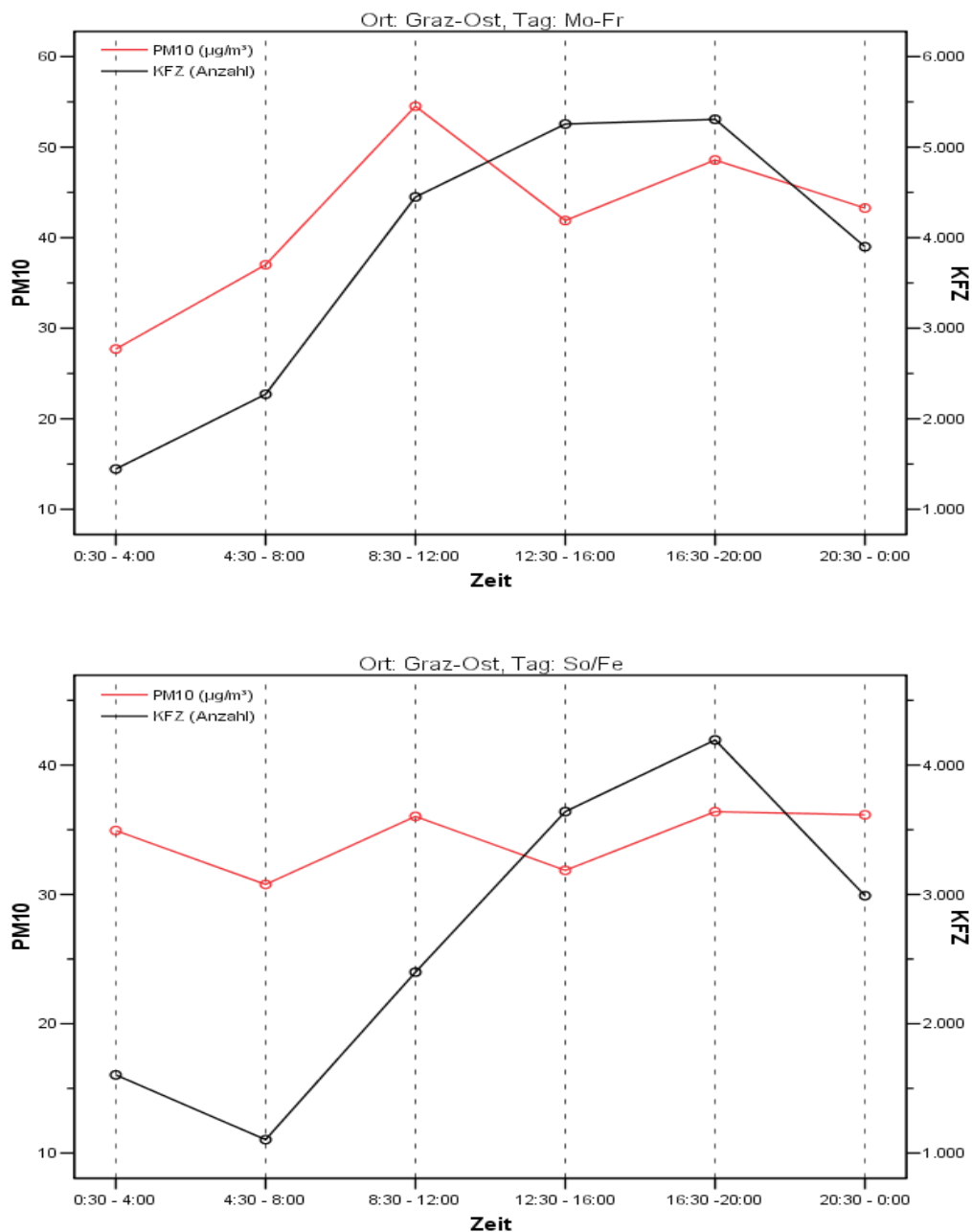


Diagramm 40: Liniendiagramme der PM10 und KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Ost

7) ANALYSEN FÜR GRAZ-DON BOSCO

Für den Messort Graz-Don Bosco im verkehrsreichen Bereich im Westen von Graz stehen neben den Feinstaubwerten Messungen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte zur Verfügung (siehe Tabelle 1), sowie entsprechende Daten von Frequenzen des Kfz-Verkehrs.

Um eine übersichtliche Darstellung zu gewährleisten, wurden in den Boxplot-Graphiken extreme Ausreißer ($>220 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ausgeblendet.

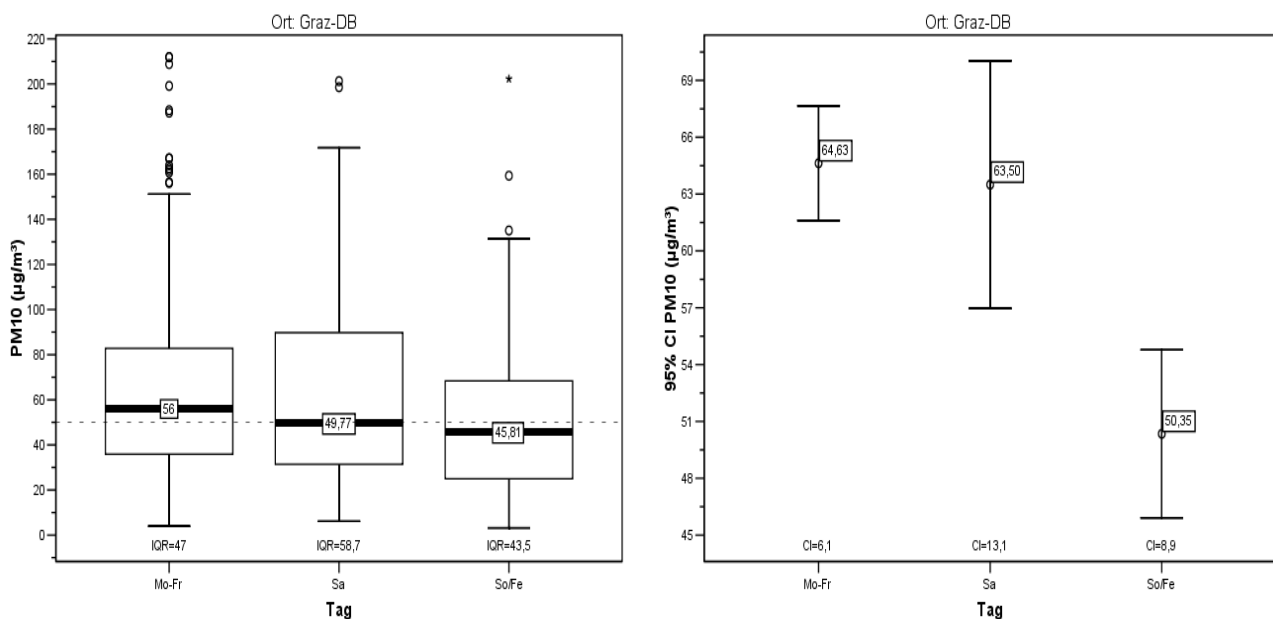


Diagramm 41: Boxplot (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende

Die **4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte** an Sonn-/Feiertagen liegen im Mittel bei ca. **80%** der Werte an Wochentagen. Die Werte an Samstagen haben ein ähnliches Niveau wie die Werte an Wochentagen. Die Mittelwerte an Werktagen und Samstagen liegen signifikant über $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Mittelwert an Sonn-/Feiertagen ist statistisch signifikant niedriger als der Mittelwert an Werktagen.

Im Folgenden werden die PM10-Werte mit Hilfe der gemessenen Einflussgrößen genauer analysiert. Die Tagesmittelwerte von PM10 weisen eine große Spannweite auf:

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 209 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (06.02.04)	$\bar{x}_{\min} = 9,2 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (05.10.04)
--------------	---	---

Für den Zeitraum von 4:30 - 20:00 Uhr kann man im Mittel an Sonn-/ Feiertagen eine Reduktion der **4-Stunden-Mittelwerte** auf ca. 65-75% der Werktagswerte beobachten und im Zeitraum von 20:30 - 0:00 Uhr auf ca. 85%, während in der Nachtperiode 0:30 - 4:00 Uhr an Sonn-/Feiertagen sogar ein höheres Niveau als am Werktag zu registrieren ist. Die **4-Stunden-Mediane** zeigen im Zeitraum von 4:30 - 16:00 Uhr eine Reduktion auf ca. 65-75% und im Zeitraum von 16:30 - 0:00 Uhr auf ca. 85%. In den restlichen Zeiträumen entspricht das Niveau der Sonntagswerte ungefähr dem Niveau der Werktagswerte.

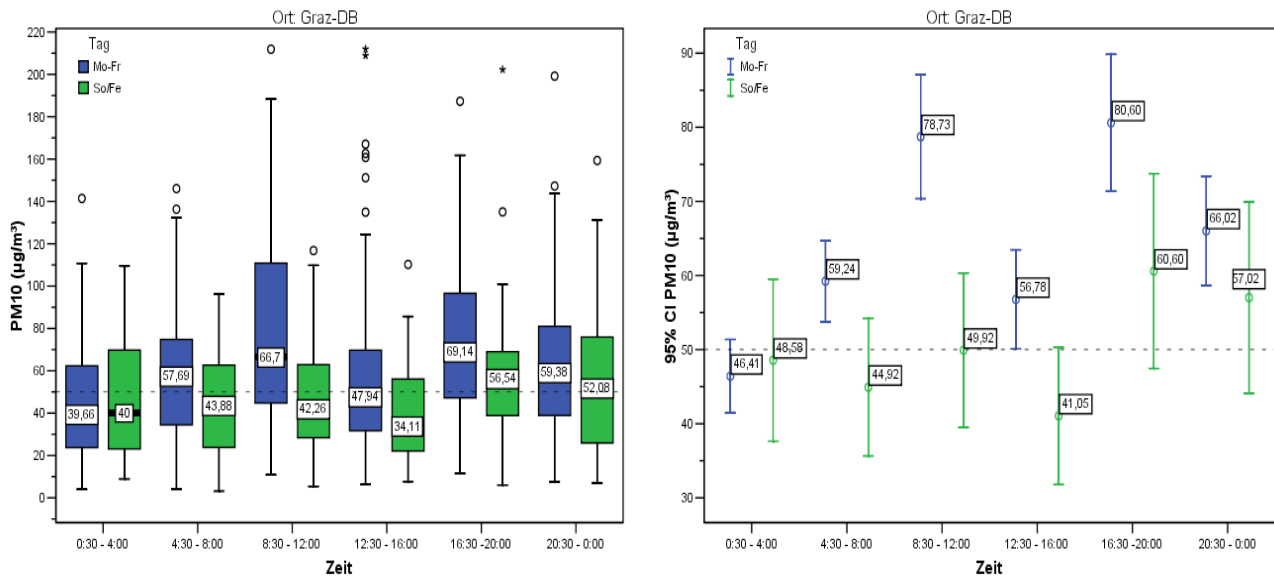


Diagramm 42: Boxplotserie (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-DB

Die linke Graphik in Diagramm 43 zeigt die Mittelwertsunterschiede zwischen Werktagen und Sonn-/Feiertagen. Die rechte Graphik vergleicht PM10 mit Kfz-Frequenzen für alle Tage gemeinsam. Die Graphiken in Diagramm 44 stellen die PM10-TMW und die Kfz-Tagesfrequenzen dar.

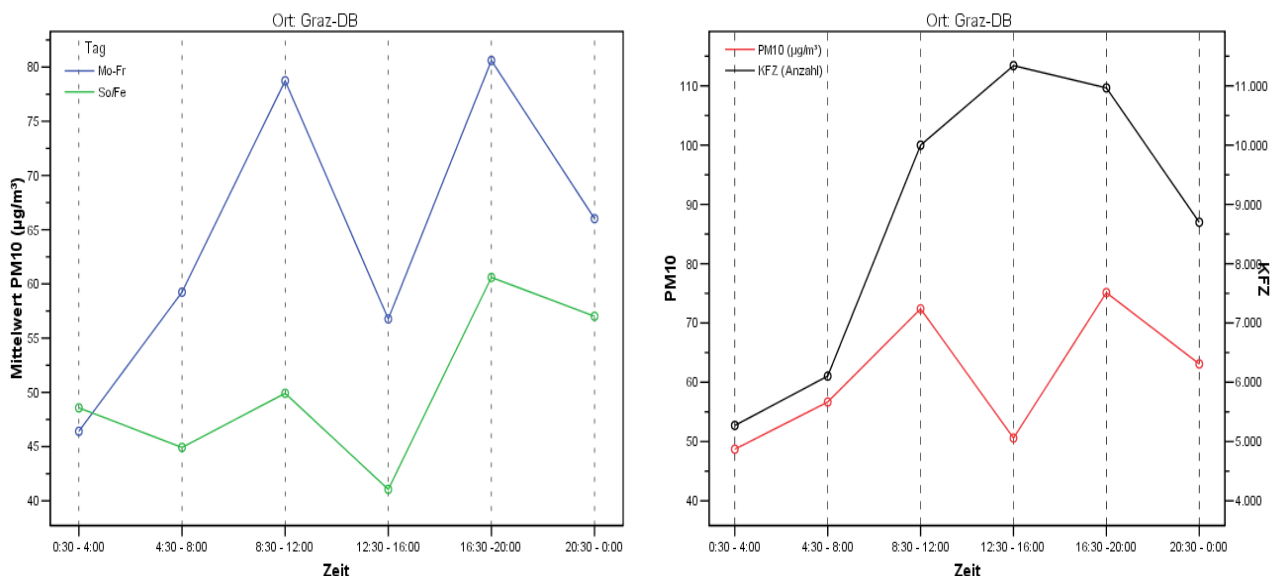
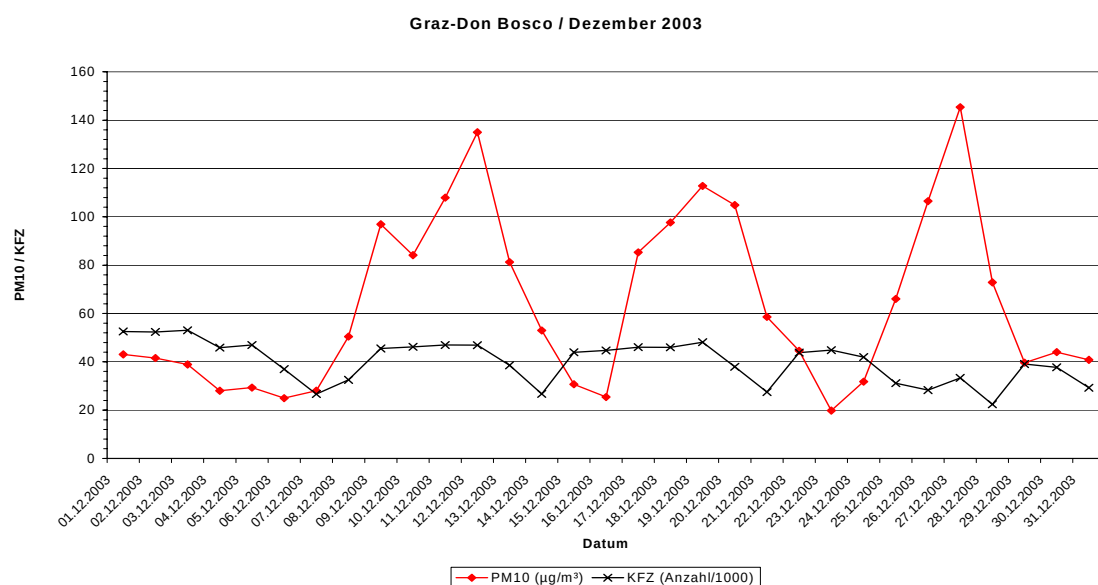
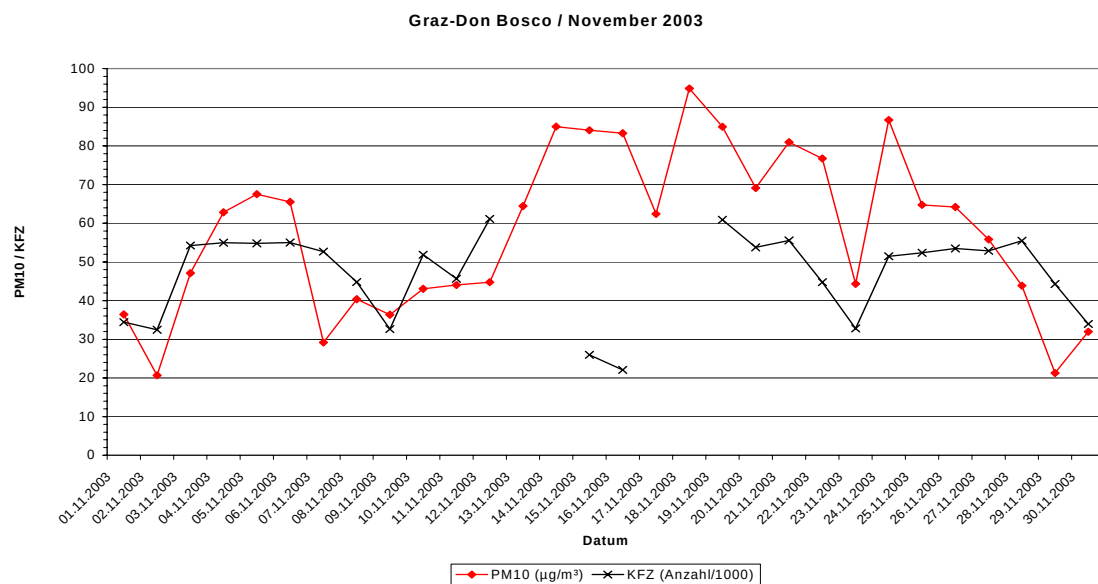
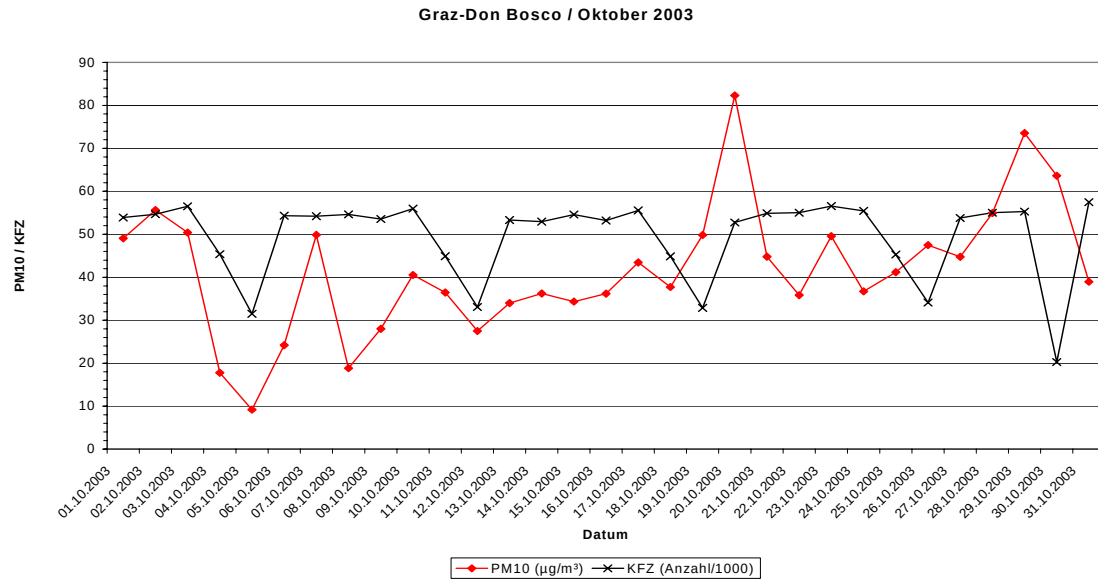


Diagramm 43: Liniendiagramme der PM10 und KFZ 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-DB



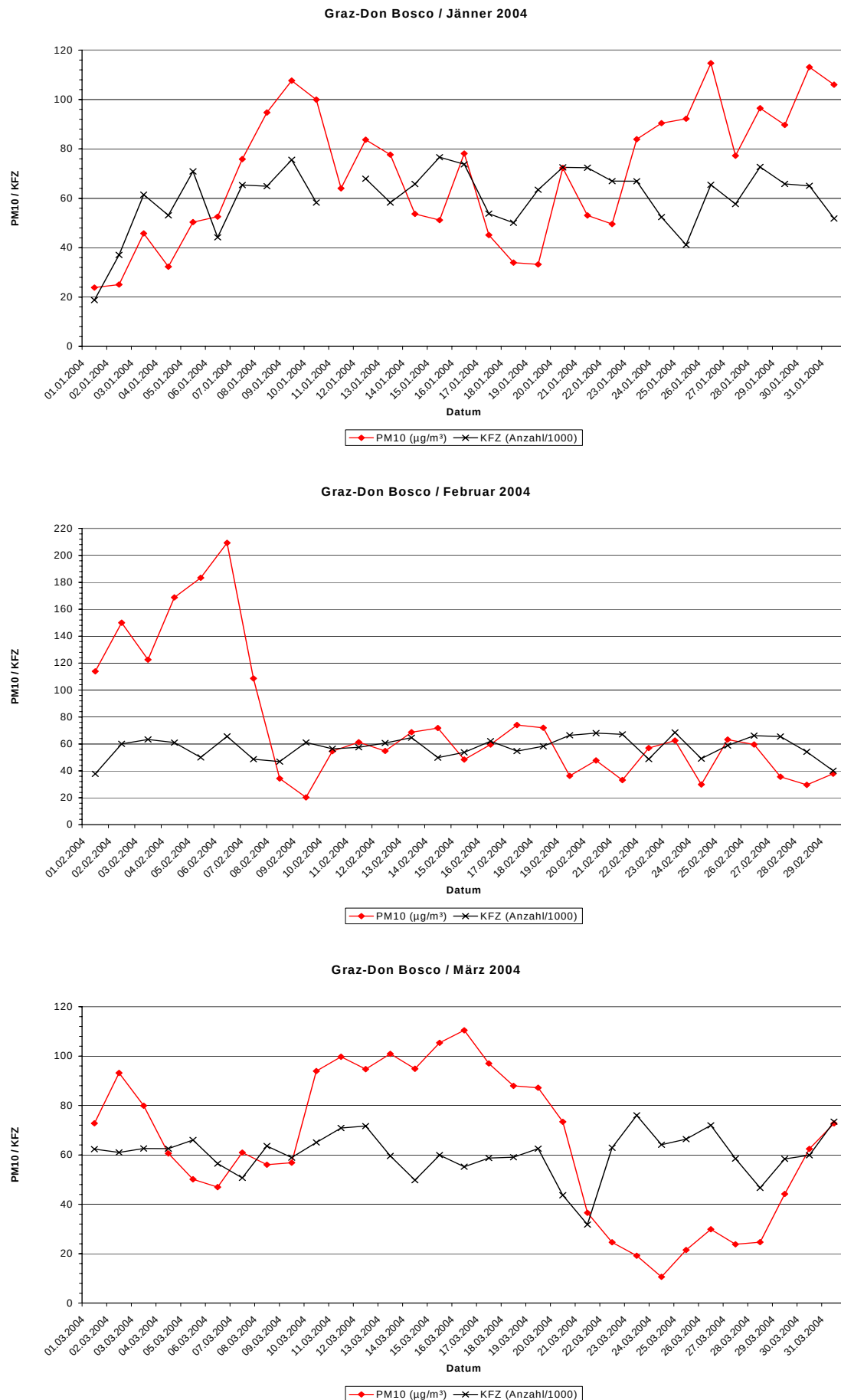


Diagramm 44: Liniendiagramme der PM10 und KFZ Tagesmittelwerte in Graz-DB

Einfluss der Inversionswetterlage

In Diagramm 45 erkennt man, dass bei Inversionswetterlage und steigender Kfz-Anzahl die PM10-Werte im Mittel ansteigen, aber sehr stark streuen.

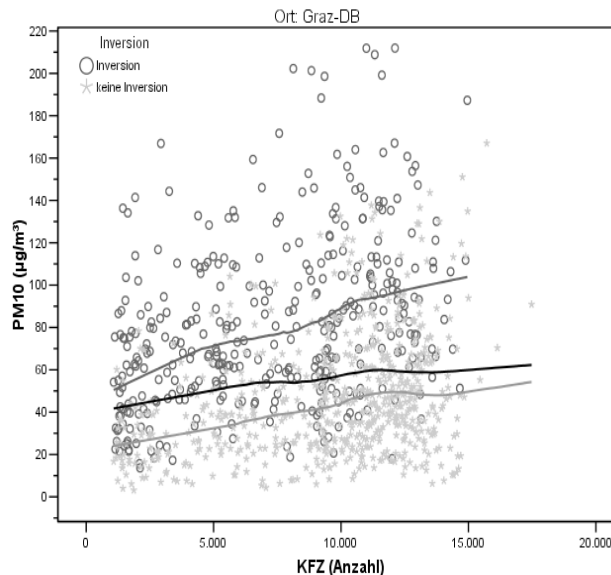


Diagramm 45: Scatterplot der PM10 und KfZ 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-DB

Diagramm 46 zeigt anschaulich, dass in Graz-Don Bosco die PM10-Werte an Inversionstagen schnell ansteigen und dramatische Spitzenwerte bis zum Vierfachen des Grenzwertes von 50 µg/m³ erreichen können.

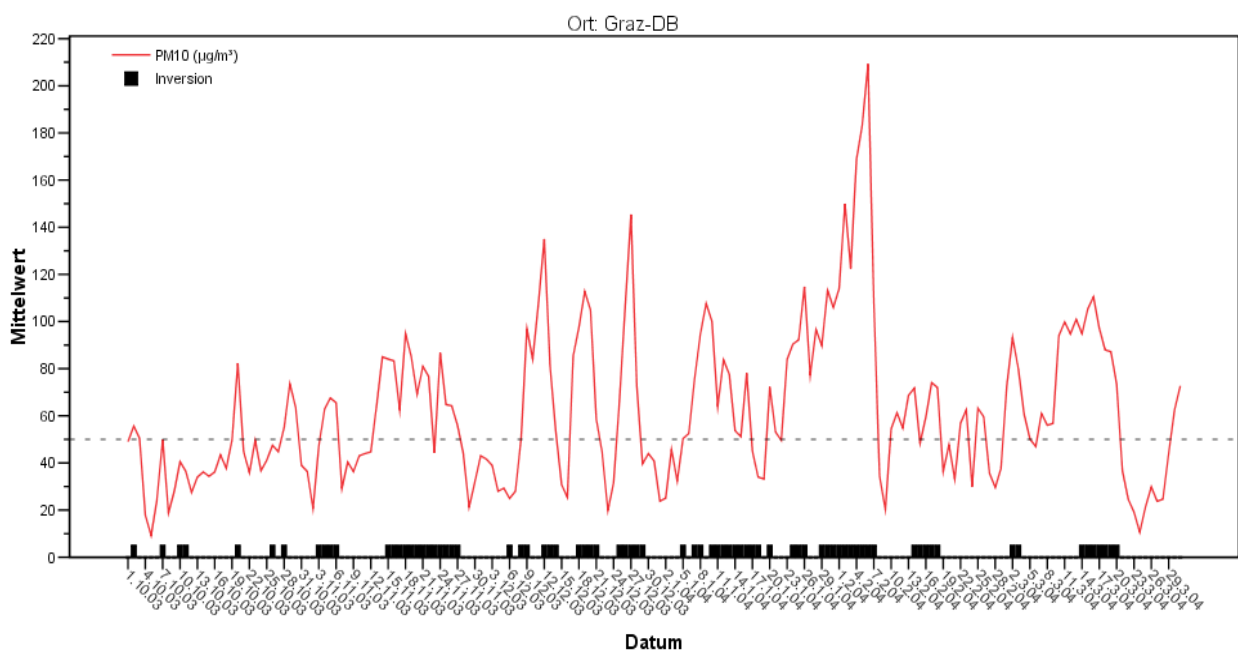


Diagramm 46: Liniendiagramm der PM10 Tagesmittelwerte bzgl. Inversion in Graz-DB

Einfluss des Verkehrs

Analog zu den anderen Grazer Messstellen ist in Graz-Don Bosco, bis auf das durch die Meteorologie erklärable PM10-Mittagstief, ein deutlicher Zusammenhang zwischen den PM10-Werten und der Verkehrsfrequenz - sowohl an Werktagen, als auch an Sonntagen - erkennbar.

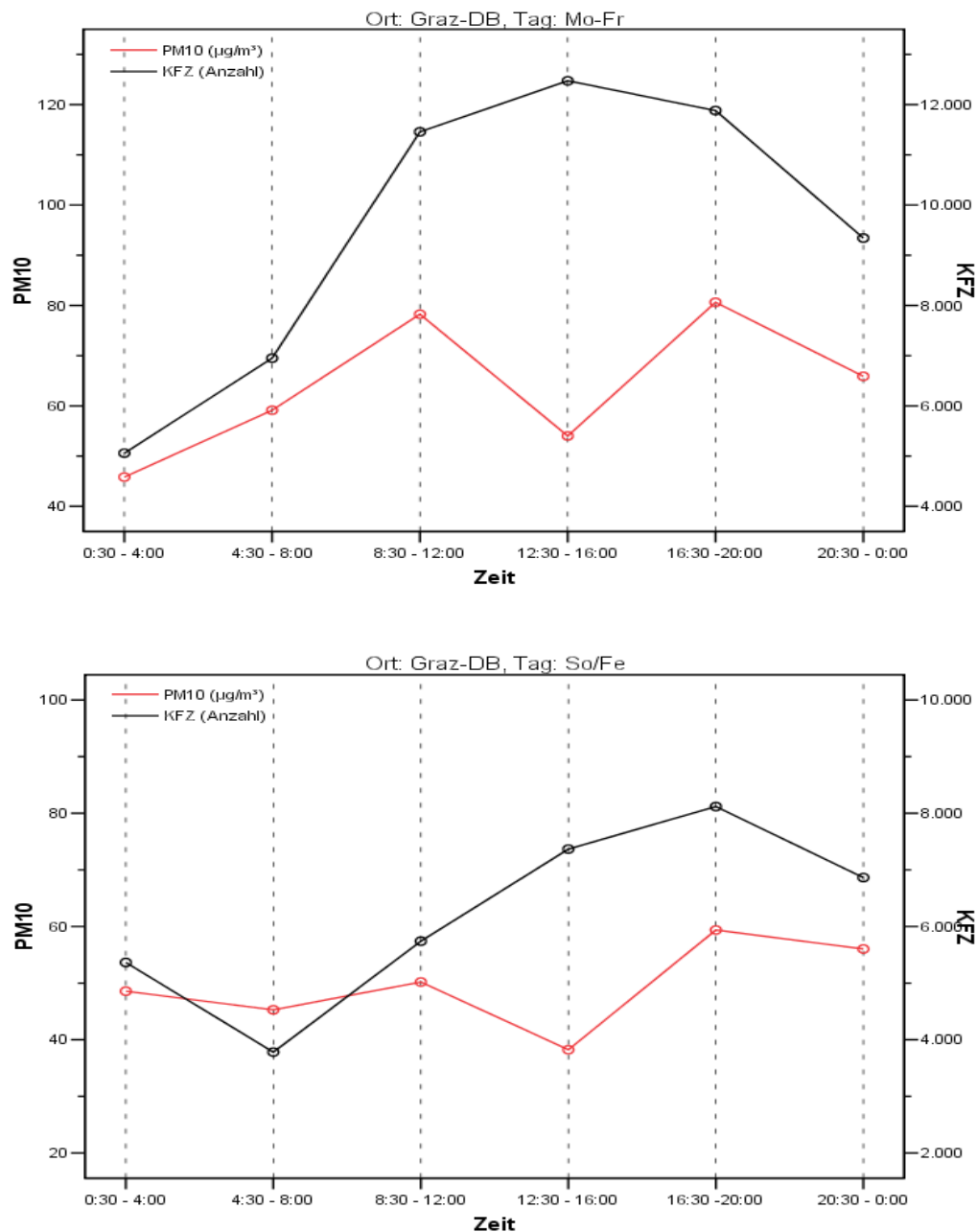


Diagramm 47: Liniendiagramme der PM10 und KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-DB

PM10 Monatsmittelwerte Graz-Don Bosco und Graz-Nord

Das Niveau der Monatsmittelwerte von Graz-Nord, einem Messort im aufgelockerten Siedlungsgebiet reicht von $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dies ergibt einen Mittelwert von **$37 \mu\text{g}/\text{m}^3$** im Winterhalbjahr. Diesen Wert kann man als **mittlere urbane Hintergrundbelastung** im **Winterhalbjahr** ansehen. Der verkehrsnahen Messort Graz-Don Bosco weist Monatsmittelwerte von $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf (**$62 \mu\text{g}/\text{m}^3$** im Winterhalbjahr). Die Differenzen, interpretierbar als mittlere mtl. Zusatzbelastung des (Spitzen-)Verkehrs, reichen von $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Oktober 2003) bis $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Februar 2003). Dies entspricht einer **mittleren Zusatzbelastung durch den (Spitzen-)Verkehr** im Winterhalbjahr von **$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

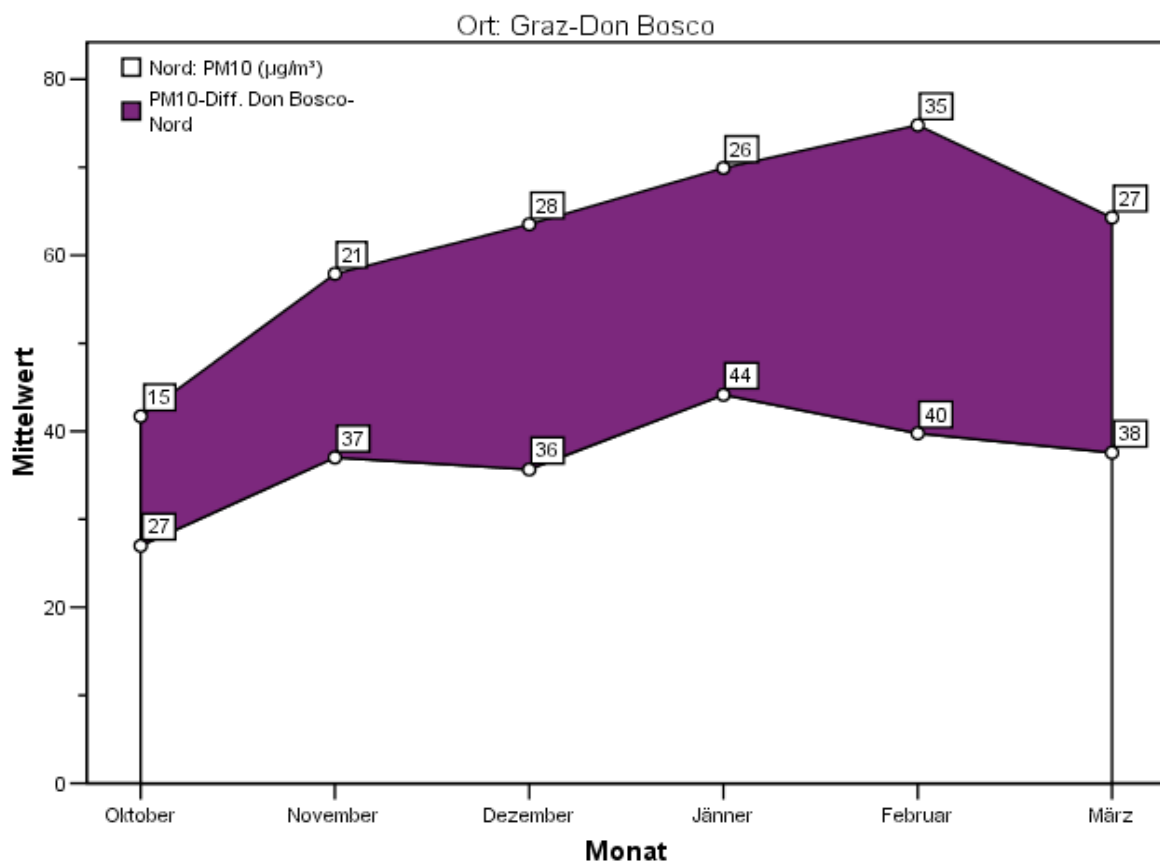


Diagramm 48: Liniendiagramm der PM10-Differenzen zwischen den Messorten Graz-Nord und Graz-DB

8) ANALYSEN FÜR GRAZ-SÜD

Für den Messort Graz-Süd im gewerblich-industriellen Bereich (mit viel LKW-Verkehr, deren Frequenzen uns aber nicht bekannt sind) stehen neben den Feinstaubwerten noch Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung zur Verfügung (siehe Tabelle 1).

In sämtlichen Boxplot-Graphiken für Graz-Süd wurden die Ausreißer ($>230 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ausgeblendet.

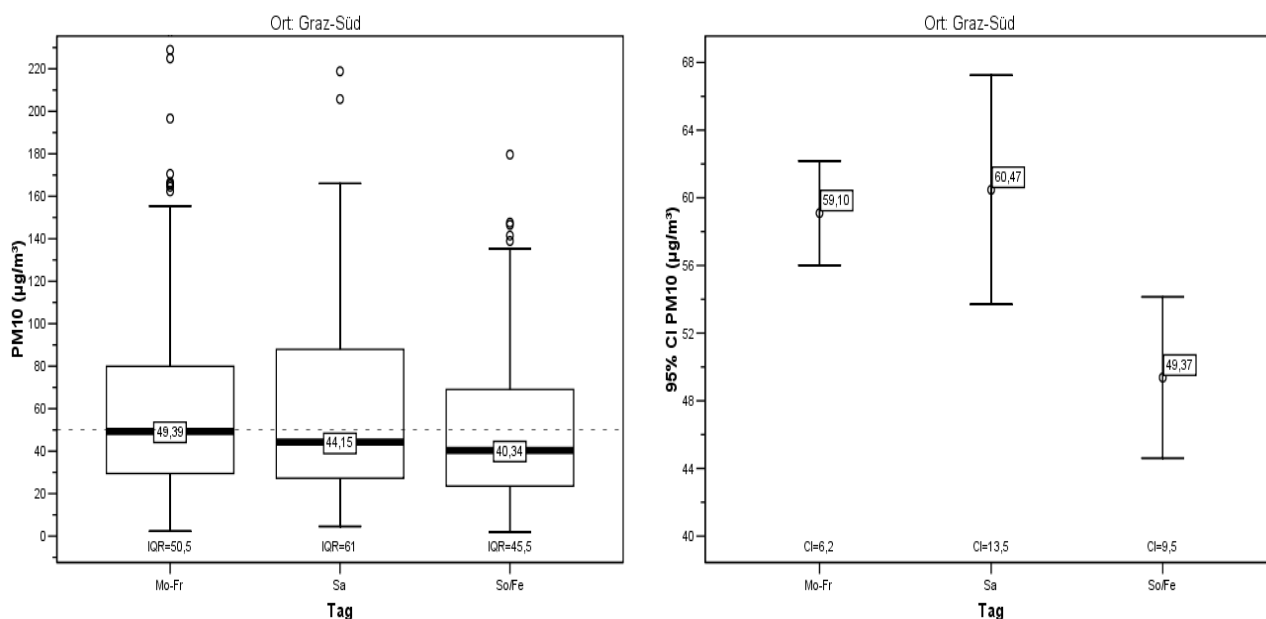


Diagramm 49: Boxplot (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende

Die **4-Stunden-Mediane/-Mittelwerte** an Sonn-/Feiertagen liegen im Mittel bei ca. **83%** der Werte an Wochentagen. Der Mittelwert an Samstagen ist höher als der entsprechende Wert für die Wochentage. An Samstagen ist auch die größte Streuung (siehe Boxplots) zu beobachten. Der Mittelwert an Sonn-/Feiertagen ist statistisch signifikant kleiner als der Mittelwert der Wochentage.

Im Folgenden werden die PM10-Werte mit Hilfe der gemessenen Einflussgrößen genauer analysiert. Die folgende Tabelle gibt die Spannweite der Tagesmittelwerte PM10, der mittleren Windgeschwindigkeit und der Spitzengeschwindigkeit bzgl. der Tage wieder.

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 219 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (06.02.04)	$\bar{x}_{\min} = 7 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (05.10.04)
Windgeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 2,3 \text{ m} / \text{s}$ (23.12.03)	$\bar{x}_{\min} = 0,26 \text{ m} / \text{s}$ (30.12.03)
Spitzengeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 16,5 \text{ m} / \text{s}$ (08.02.03)	$\bar{x}_{\min} = 1,8 \text{ m} / \text{s}$ (21.11.03)

Betrachtet man den Zeitraum von 4:30 - 20:00 Uhr, dann kann man im Mittel an Sonn-/ Feiertagen eine Reduktion der **4-Stunden-Mittelwerte** auf ca. 65-85% der Werktagswerte beobachten und im Zeitraum von 20:30 - 4:00 Uhr auf ca. 90-95%. Die **4-Stunden-Mediane** zeigen im Zeitraum von 4:30 - 0:00 Uhr eine Reduktion auf ca. 70-85%, während in der Nachtperiode von 0:30 - 4:00 Uhr sogar ein höheres Niveau als am Werktag zu registrieren ist.

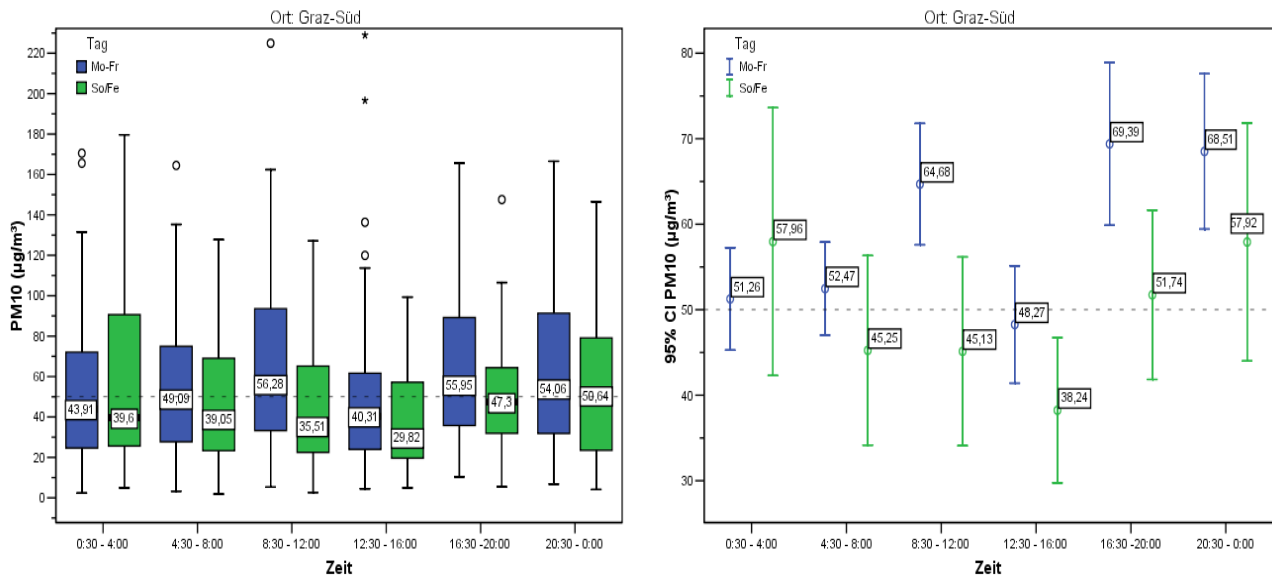


Diagramm 50: Boxplotserie (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Süd

Diagramm 51 zeigt die 4h-Mittelwerte von PM10 an Werktagen und Sonn-/Feiertagen als Liniendiagramme. Aus den Fehlerbalken in Diagramm 50 geht hervor, dass nur die Mittelwerte im Zeitraum von 8:30 - 12:00 Uhr statistisch signifikant verschieden sind.

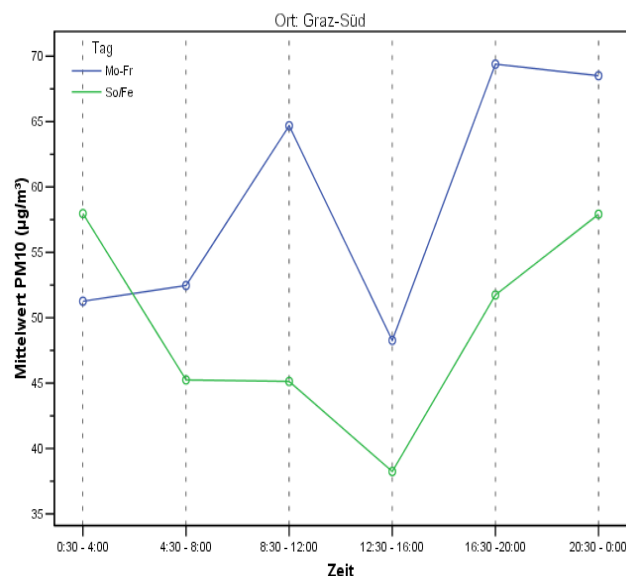


Diagramm 51: Liniendiagramm der PM10 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Süd

Einfluss des Windes

Mit zunehmender Stärke der mittleren Windgeschwindigkeit bzw. Spitzengeschwindigkeit ist eine deutliche Reduktion der mittleren PM10 Belastung beobachtbar.

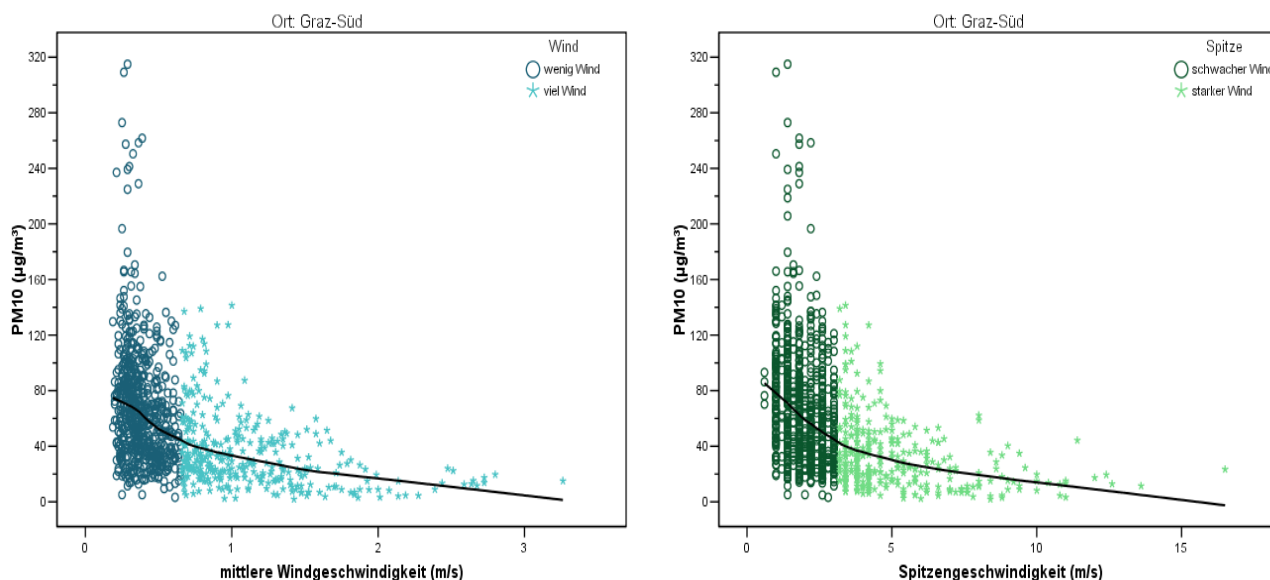


Diagramm 52: Scatterplots der PM10 und Wind 4-Stunden-Mittelwerte in Graz-Süd

Das Kreisdiagramm zeigt die Windrichtungen in Graz-Süd in prozentmäßigen Anteilen. Den größten Anteil hat hier der Südwind (31,3%), gefolgt vom Wind aus SW (22,2%) und dem West- (17%) und SO-Wind (15,7%) (zum Vergleich Graz-Nord: S 24,9%, SW 17,6%, NW 17%).

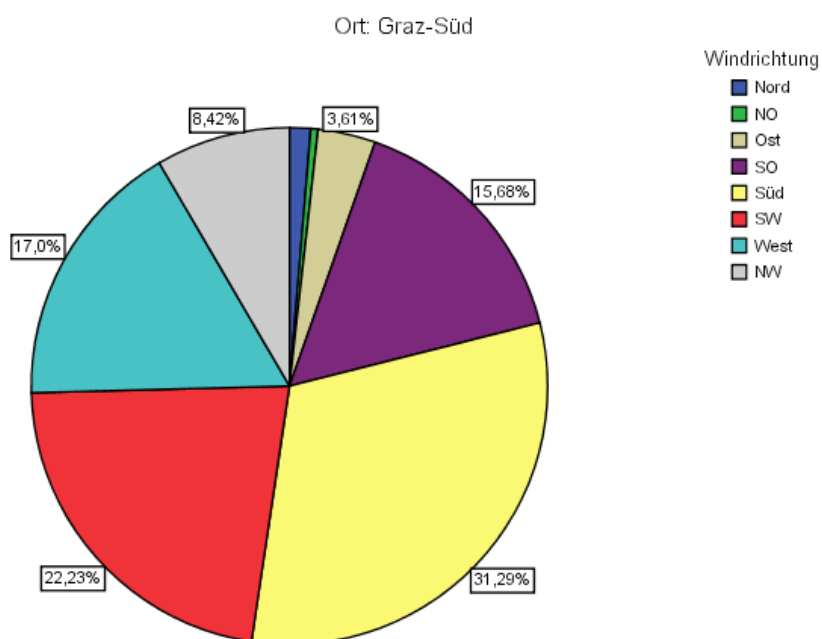


Diagramm 53: Kreisdiagramm der prozentmäßigen Anteile der Windrichtungen in Graz-Süd

Diagramm 54 zeigt die höchsten mittleren PM10-Werte bei SW-, Süd- und West-Wind. Die Mediane im Boxplot liegen über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und die Mittelwerte im Fehlerbalken sogar über 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Mittel wird der Grenzwert von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auch bei SO-Wind signifikant überschritten.

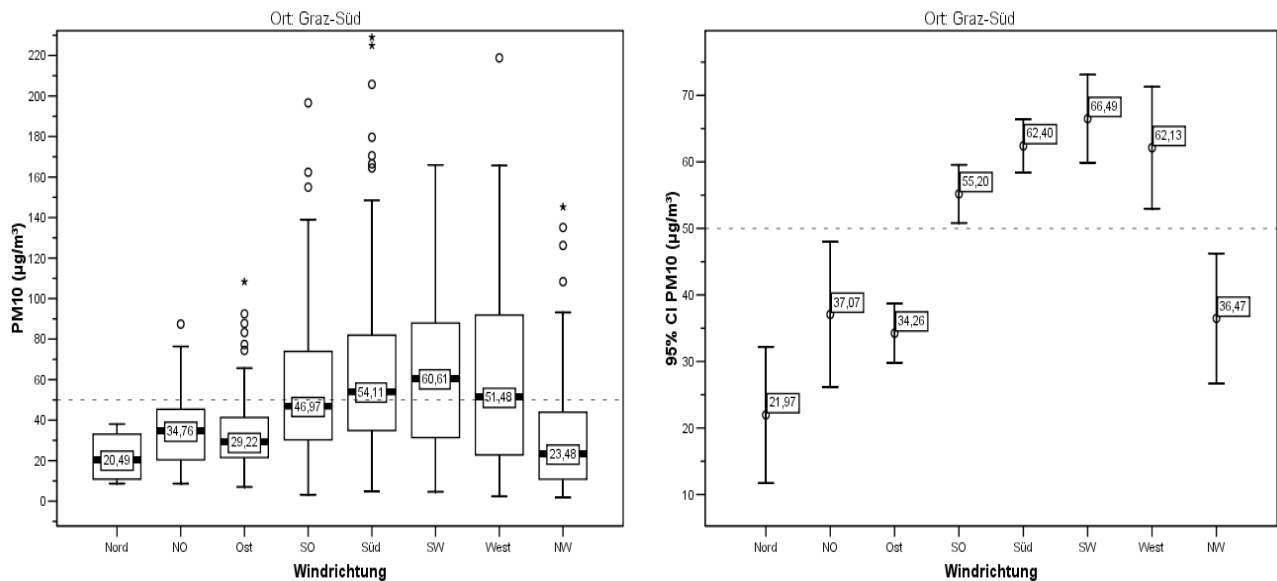


Diagramm 54: Boxplot (ohne Ausreißer) und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung in Graz-Süd

Diagramm 55 zeigt, dass die Winde aus Nord und NW im Mittel eine deutlich höhere Spitzenwindgeschwindigkeit erreichen als Winde aus anderen Windrichtungen wie z.B. Süd, der häufigsten Windrichtung. Dies erklärt auch das niedrige Niveau der PM10-Werte für die Windrichtungen Nord und NW in Diagramm 54.

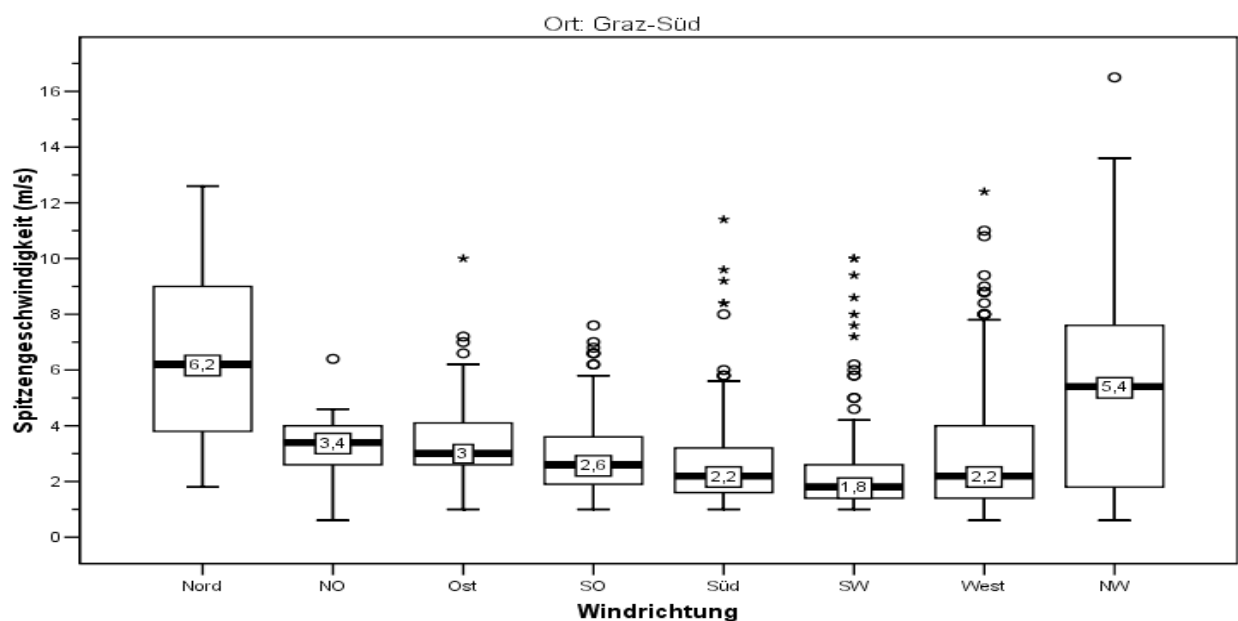


Diagramm 55: Boxplot der Spitzenwindgeschwindigkeit 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung in Graz-Süd

9) ANALYSEN FÜR GRAZ-PLATTE

Für den Hintergrundmessort Platte, der am östlichen Stadtrand auf 661m Seehöhe (ca. 300m höher als die Grazer Messorte) positioniert ist, stehen neben den Feinstaubwerten, der Lufttemperatur, und der relativen Luftfeuchte noch Messungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung zur Verfügung (siehe Tabelle 1).

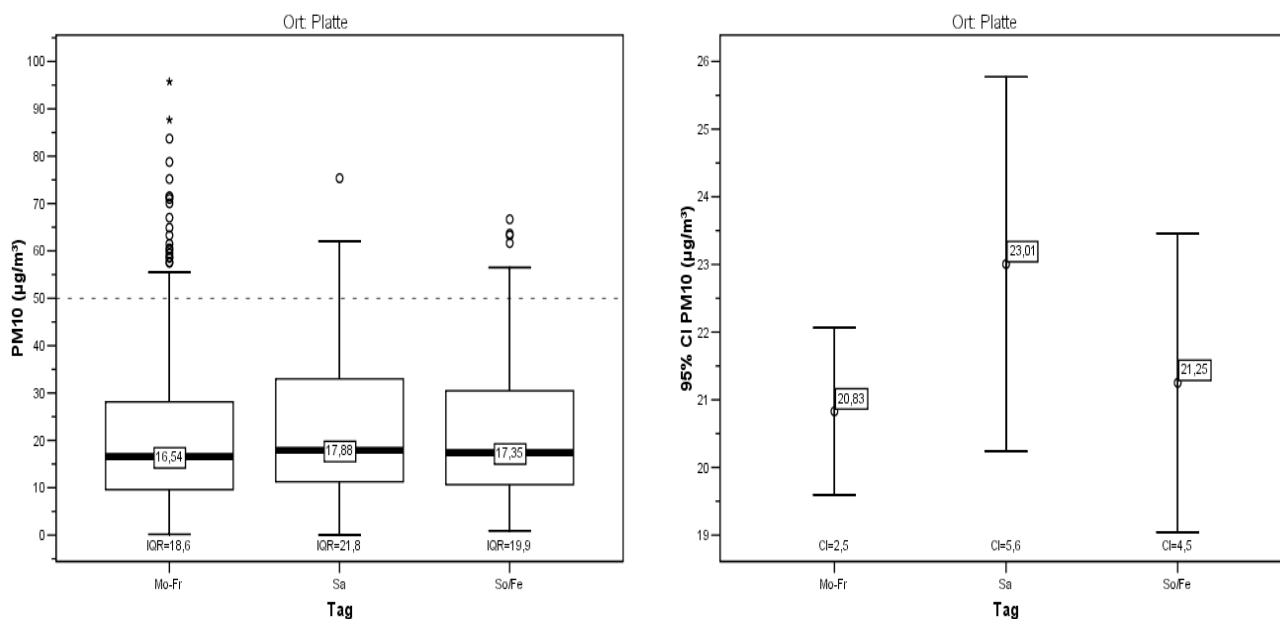


Diagramm 56: Boxplot und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage/-ende

Die durchschnittliche PM10-Belastung an diesem Messort ist sehr niedrig und bewegt sich für alle Tagestypen um 20 µg/m³. Die Verteilung ist an den Werktagen, Samstagen und Sonn-/Feiertagen sehr ähnlich. Einzig an den Werktagen ist eine größere Zahl von Ausreißern zu registrieren. Bemerkenswert ist, dass die **4-Stunden-Mediane-Mittelwerte** an **Samstagen und Sonn-/Feiertagen tendenziell höher** sind als an Werktagen. Dies ist eine andere Charakteristik als an den Messstellen im Stadtgebiet von Graz, wo an Sonn-/Feiertagen generell niedrigere Mittelwerte beobachtet wurden.

Im Folgenden werden die PM10-Werte mit Hilfe der gemessenen Einflussgrößen genauer analysiert. Der Tagesmittelwert PM10 zeigt eine niedrige Bandbreite, während die mittlere Windgeschwindigkeit und die Spitzengeschwindigkeit eine höhere Bandbreite als die städtischen Messorte aufweisen.

PM10:	$\bar{x}_{\max} = 75,4 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (09.01.04)	$\bar{x}_{\min} = 4,2 \mu\text{g} / \text{m}^3$ (05.02.04)
Windgeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 4,5 \text{ m} / \text{s}$ (21.03.03)	$\bar{x}_{\min} = 0,56 \text{ m} / \text{s}$ (03.12.03)
Spitzengeschwindigkeit:	$\bar{x}_{\max} = 21,7 \text{ m} / \text{s}$ (14.01.03)	$\bar{x}_{\min} = 2,6 \text{ m} / \text{s}$ (22.02.03)

Betrachtet man den Zeitraum von 0:30 - 8:00 Uhr, dann kann man im Mittel an Sonn-/ Feiertagen eine Steigerung der **4-Stunden-Mittelwerte** auf ca. 111-119% der Werktagswerte beobachten. Im Zeitraum von 8:30 - 16:00 Uhr haben sie ein ähnliches Niveau. Im Zeitraum von 16:30 - 0:00 Uhr sinken die Werte auf ca. 93% ab. Die **4-Stunden-Mediane** zeigen in den Zeiträumen von 0:30 - 4:00 Uhr und 12:30 - 16:00 Uhr eine Steigerung auf ca. 112-118%, in den Zeiträumen von 4:30 - 12:00 Uhr und 20:30 - 0:00 Uhr ähnliche Werte, während im Zeitraum von 16:30 - 20:00 Uhr eine Reduktion auf ca. 85% der Werktagswerte zu registrieren ist.

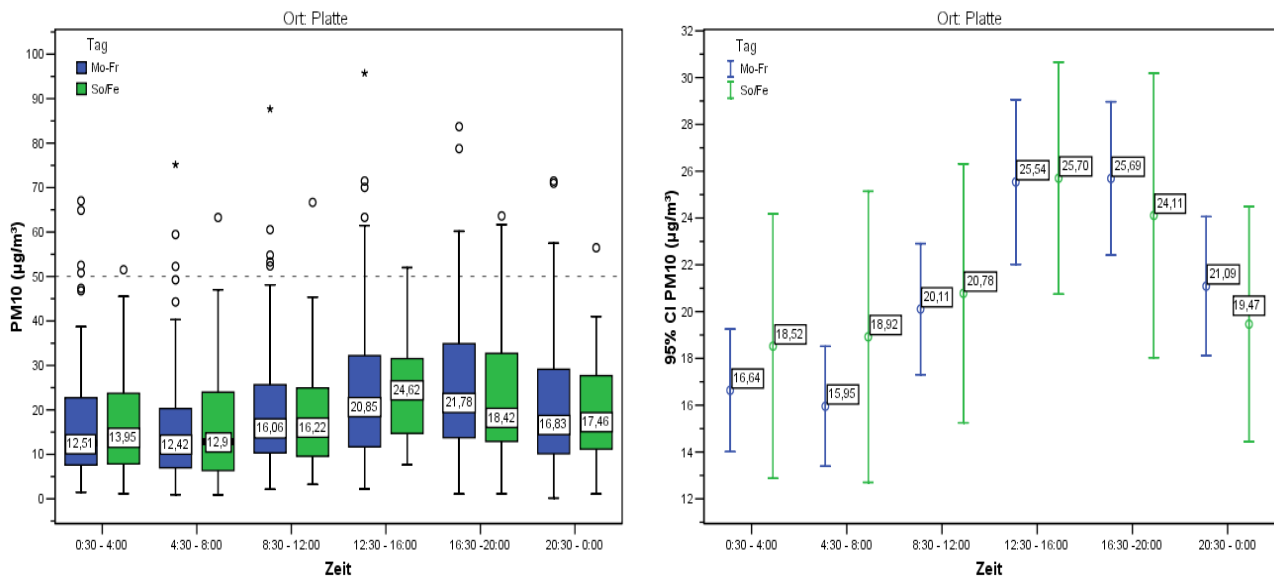


Diagramm 57: Boxplotserie und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage auf der Platte

Diagramm 58 zeigt nur geringe Unterschiede zwischen den 4h-PM10 Mittelwerten an Werktagen und Sonn-/Feiertagen. Zu beachten ist das sehr niedrige Niveau der Werte.

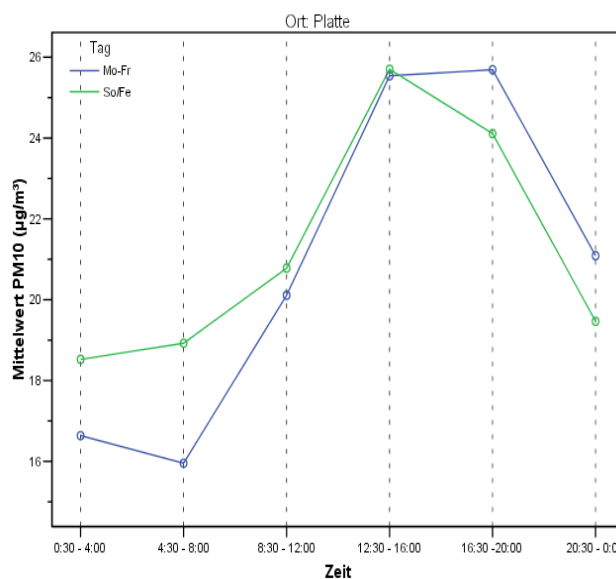


Diagramm 58: Liniendiagramm der PM10 4-Stunden-Mittelwerte auf der Platte

Einfluss des Windes

Wie schon oben bemerkt, herrscht auf der Platte wesentlich stärkerer Wind als im städtischen Bereich von Graz. Auch hier hat die Windstärke eine reduzierende Wirkung auf die PM10-Belastung.

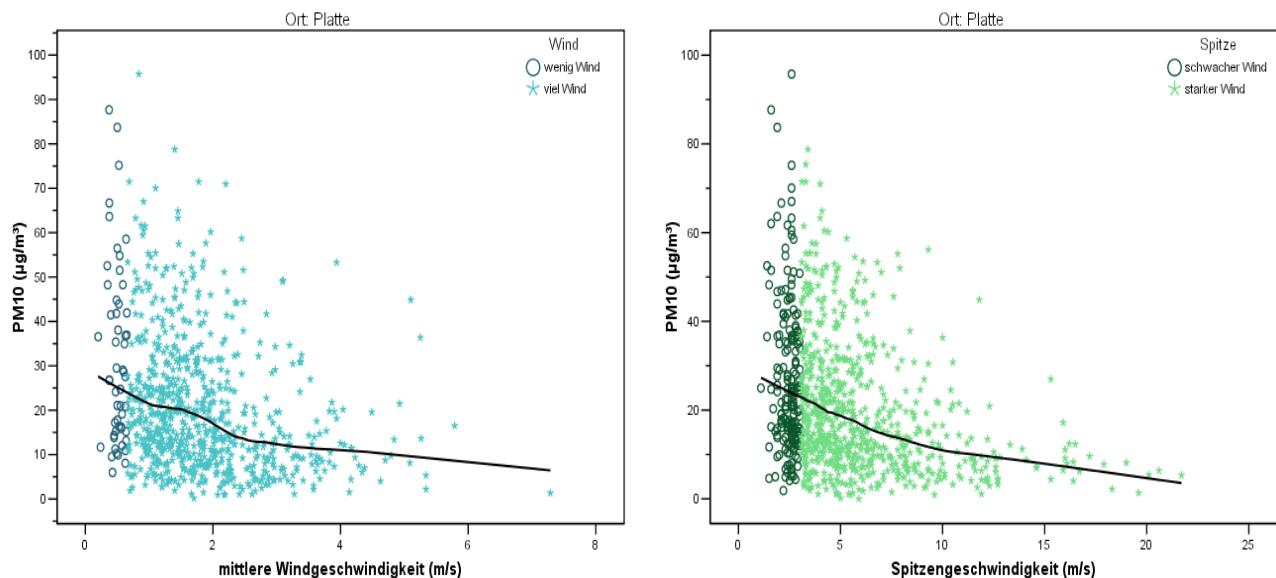


Diagramm 59: Scatterplots der PM10 und Wind 4-Stunden-Mittelwerte auf der Platte

Das Kreisdiagramm zeigt die Windrichtungen auf der Platte in prozentmäßigen Anteilen. Den größten Anteil hat hier der Westwind (31,3%), gefolgt vom Wind aus SW (24,6%) und dem Südwind (16,4%). Bei den anderen Messorten war der Südwind dominierend.

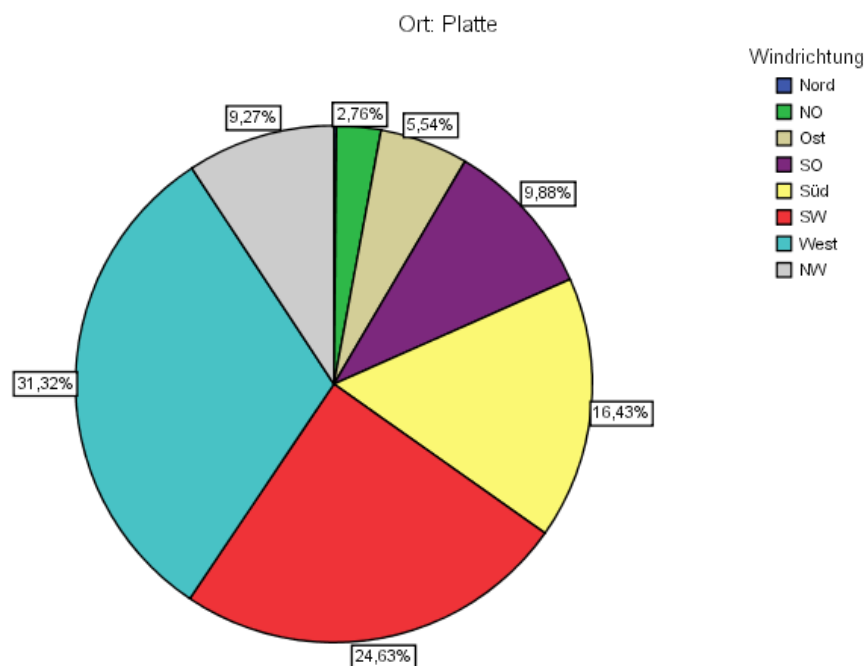


Diagramm 60: Kreisdiagramm der prozentmäßigen Anteile der Windrichtungen auf der Platte

Diagramm 61 zeigt die höchsten mittleren PM10-Werte bei NO-, Ost-, SO-, Süd- und SW-Wind. Die Mediane im Boxplot liegen bei ca. 17-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und die Mittelwerte im Fehlerbalken bei ca. 22-26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der prozentmäßig häufigste Wind, der Westwind, und der NW-Wind führen zu einer Reduktion der PM10-Werte (Nordwind wurde nur einmal gemessen).

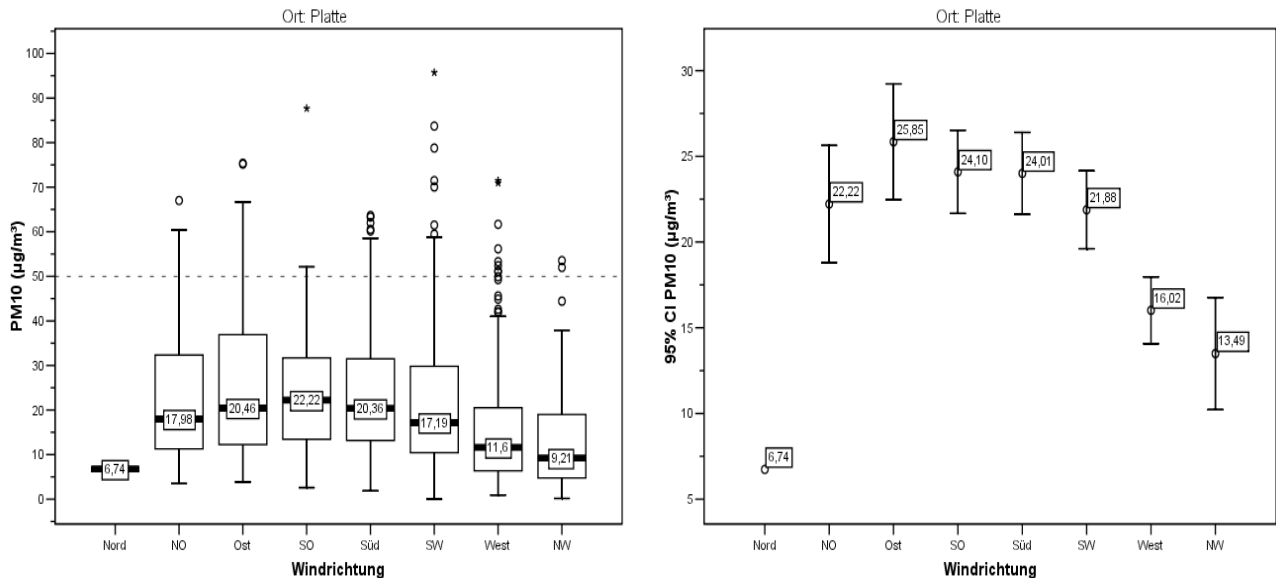


Diagramm 61: Boxplot und Fehlerbalken der PM10 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung auf der Platte

In Diagramm 62 ist schön zu erkennen, dass die Spitzenwindgeschwindigkeit zunimmt, je weiter der Wind aus dem Norden kommt. Dies erklärt auch die komplementären Kurven der PM10-Werte in Diagramm 61.

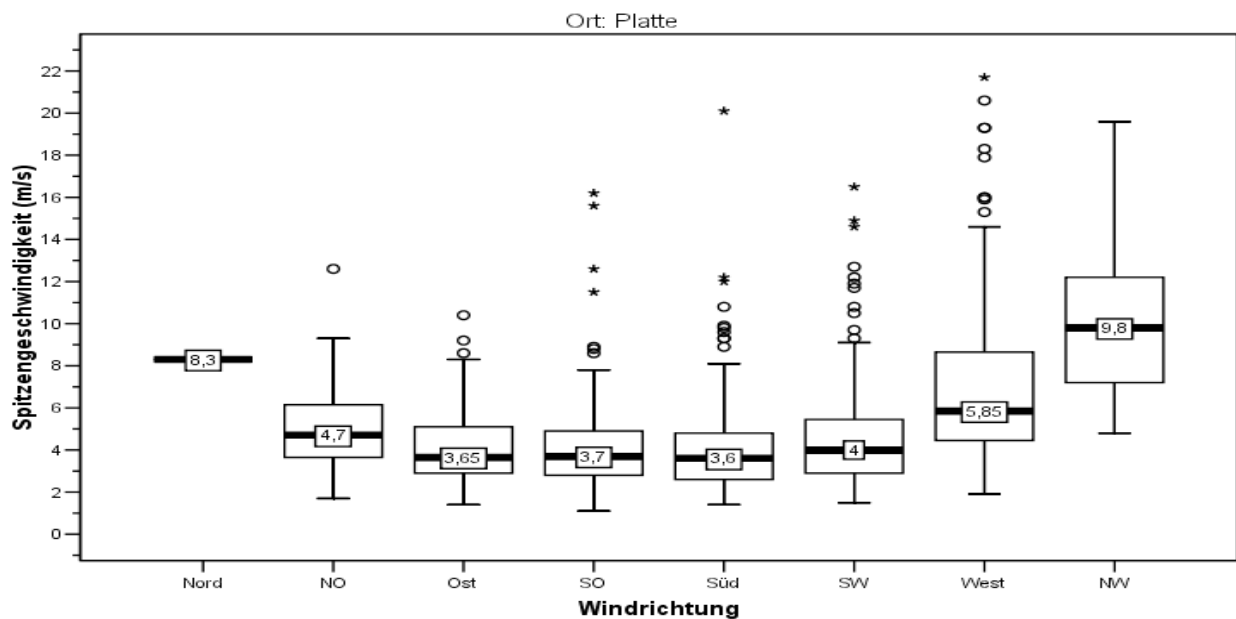


Diagramm 62: Boxplot der Spitzengeschwindigkeit 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Windrichtung auf der Platte

Die folgenden Liniendiagramme zeigen die Monatsmittelwerte PM10 auf der Platte und die Differenzen der Monatsmittelwerte zwischen den Grazer Messstellen und der Platte.

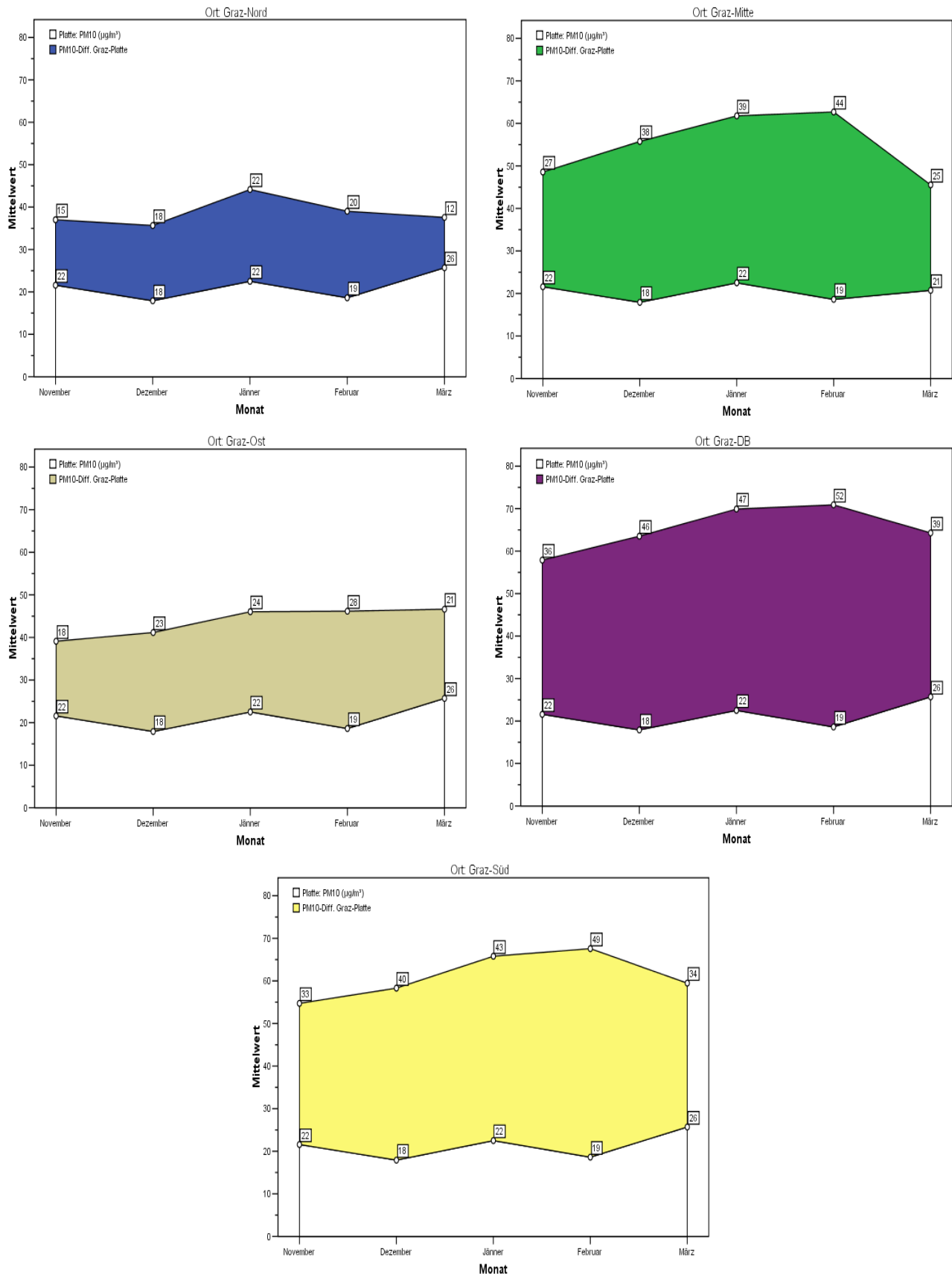


Diagramm 63: Liniendiagramme der PM10-Differenzen zwischen den Messorten in Graz und der Platte

Der Messort Platte, der die durchschnittliche Belastung des **regionalen Hintergrunds** widerspiegelt, weist Monatsmittelwerte für PM10 von 18 bis 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**5 Monate: 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) auf.

Die Messorte im aufgelockerten Siedlungsgebiet Graz-Nord und Graz-Ost, welche die durchschnittliche Belastung im **städtischen Wohngebiet** (urbane Hintergrundbelastung) repräsentieren, weisen zum Messort Platte Differenzen in den Monatsmittelwerten PM10 von 15 bis 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**5 Monate: 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) und 18 bis 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (**5 Monate: 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) auf. Das heißt, dass die Zusatzbelastung im städtischen Wohngebiet ungefähr der Belastung durch den regionalen Hintergrund entspricht.

Der Messort Graz-Süd im Gewerbe- und Industriegebiet weist zum Messort Platte Differenzen in den Monatsmittelwerten PM10 von 33 bis 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf (**5 Monate: 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**). Die Zusatzbelastung im Gewerbegebiet ist also ca. doppelt so hoch wie die regionale Hintergrundbelastung.

Der zentrale Messort Graz-Mitte in verkehrsexponierter Lage weist zum Messort Platte Differenzen in den Monatsmittelwerten PM10 von 27 bis 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf (**5 Monate: 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**). Die Zusatzbelastung im Zentrum von Graz ist im Durchschnitt ca. 1,7 mal so hoch wie die regionale Hintergrundbelastung.

Der verkehrsexponierte Messort Graz-Don Bosco im Westen von Graz weist zum Messort Platte Differenzen in den Monatsmittelwerten PM10 von 36 bis 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf (**5 Monate: 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**). Die Zusatzbelastung in verkehrsexponierter Lage ist daher im Durchschnitt ca. doppelt so hoch wie die regionale Hintergrundbelastung.

10) ANHANG: KFZ - AUSWERTUNGEN

Herr Ing. Koller vom Umweltamt der Stadt Graz hat uns für den Zeitraum Oktober 2003 bis März 2004 Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt.

Darin waren Werte von folgenden Messstellen:

- 6 Messstellen (17 Fahrspuren) im Bereich Graz-Nord
- 3 Messstellen (16 Fahrspuren) im Bereich Graz-Don Bosco
- 2 Messstellen (11 Fahrspuren) im Bereich Graz-Ost
- 3 Messstellen (7 Fahrspuren) im Bereich Graz-Mitte

In Diagramm A werden die Sonntagsmittelwerte mit den Freitagsmittelwerten verglichen. Es zeigt sich, dass die Durchschnittsfrequenzen an den Sonntagen der 11 Wochen zwischen 58% (7.3.04) und 97% (28.12.03) der Durchschnittsfrequenzen der Freitage liegen. Der **Großteil** der **Sonntagsfrequenzen** liegt bei ca. **60% der Freitagsfrequenzen**.

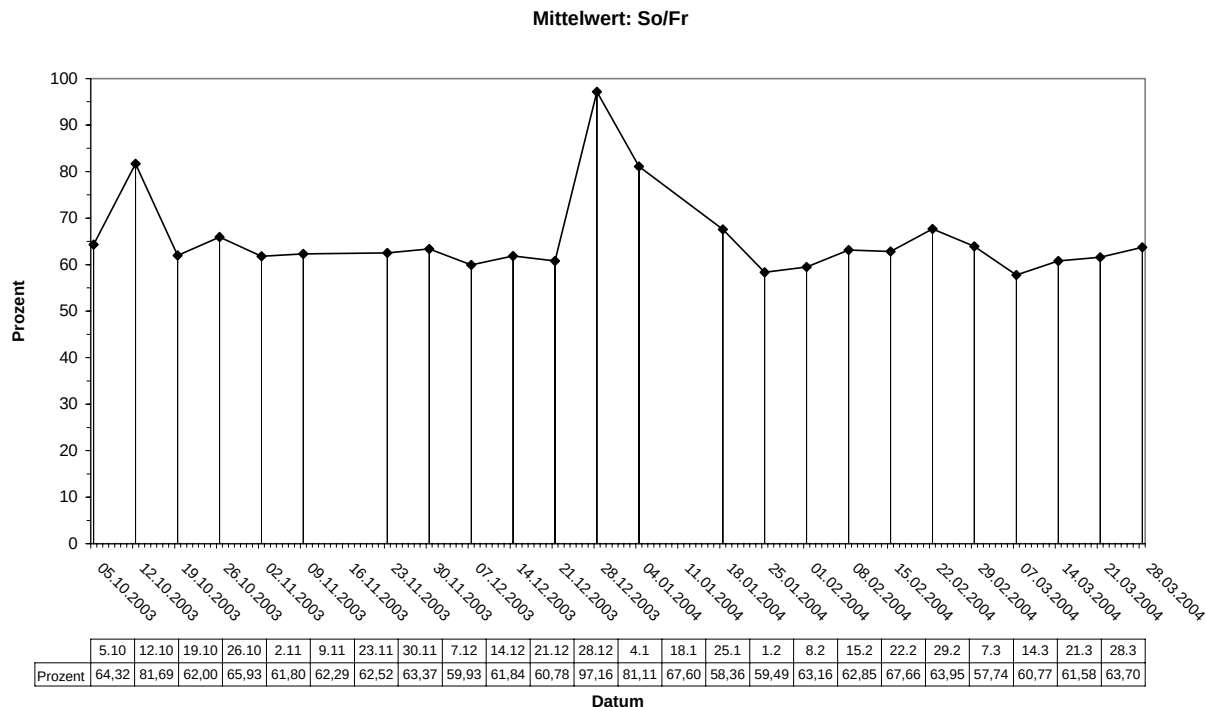


Diagramm A: Tagesmittelwerte der Verkehrsfrequenzen für alle Messstellen:
Sonntags-/Freitagsmittelwerte in %

Das Profil der Tage 17.10./19.10.03 bezüglich der 51 Fahrspuren zeigt Graz-Mitte (18-101), Graz-Nord (141-726), Graz-Don Bosco (776-805 und 976-987) und Graz-Ost (909-922).

Im Diagramm B liegt der Gesamtmittelwert bei 62%, mit den Mittelwerten 60,3% für Graz-Mitte, 58,5% für Graz-Nord, 62,8% für Graz-Don Bosco und 68,3% für Graz-Ost.

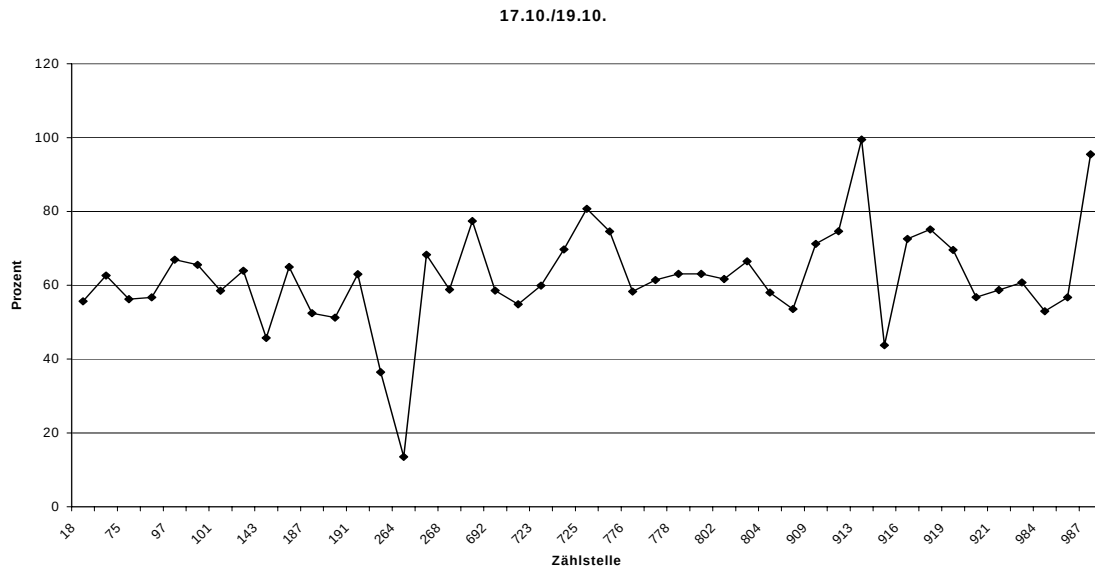
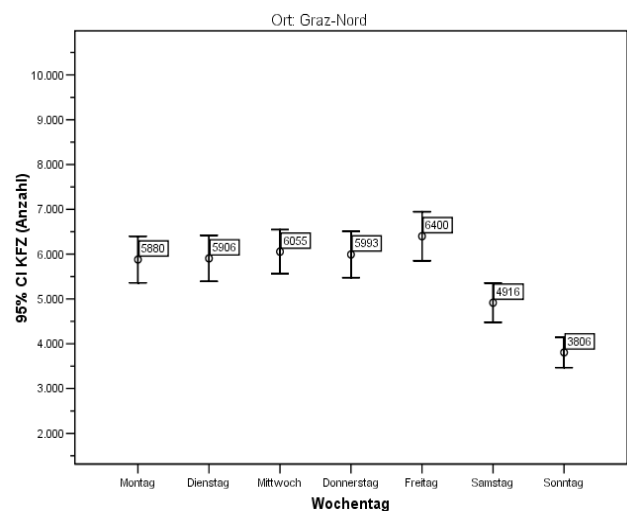
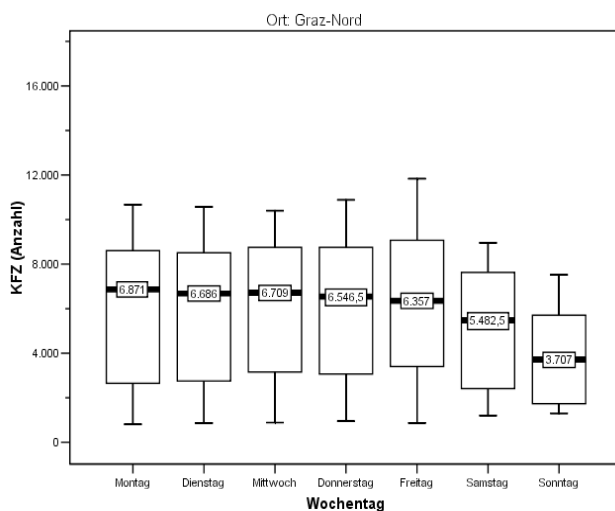


Diagramm B: Fahrspuren-Mittelwertsvergleich bzgl. 17.10.03 und 19.10.03

Für die Auswertung des Verkehrs wurde in Graz-Nord die Kreuzung Wienerstraße - Kalvariengürtel (VSR-Nr.185, 187, 189 und 191) herangezogen, für Graz-Mitte die Kreuzung Grieskai-Belgiergasse-Griesgasse (VSR-Nr. 95, 97, 99 und 101), für Graz-Ost die Kreuzung Plüddemanngasse-Waltendorfer Hauptstraße (VSR-Nr. 909, 910, 913 und 914) und für Graz-Don Bosco die Kreuzung Kärntnerstraße-Robinson (VSR-Nr. 802, 803, 804 und 805).



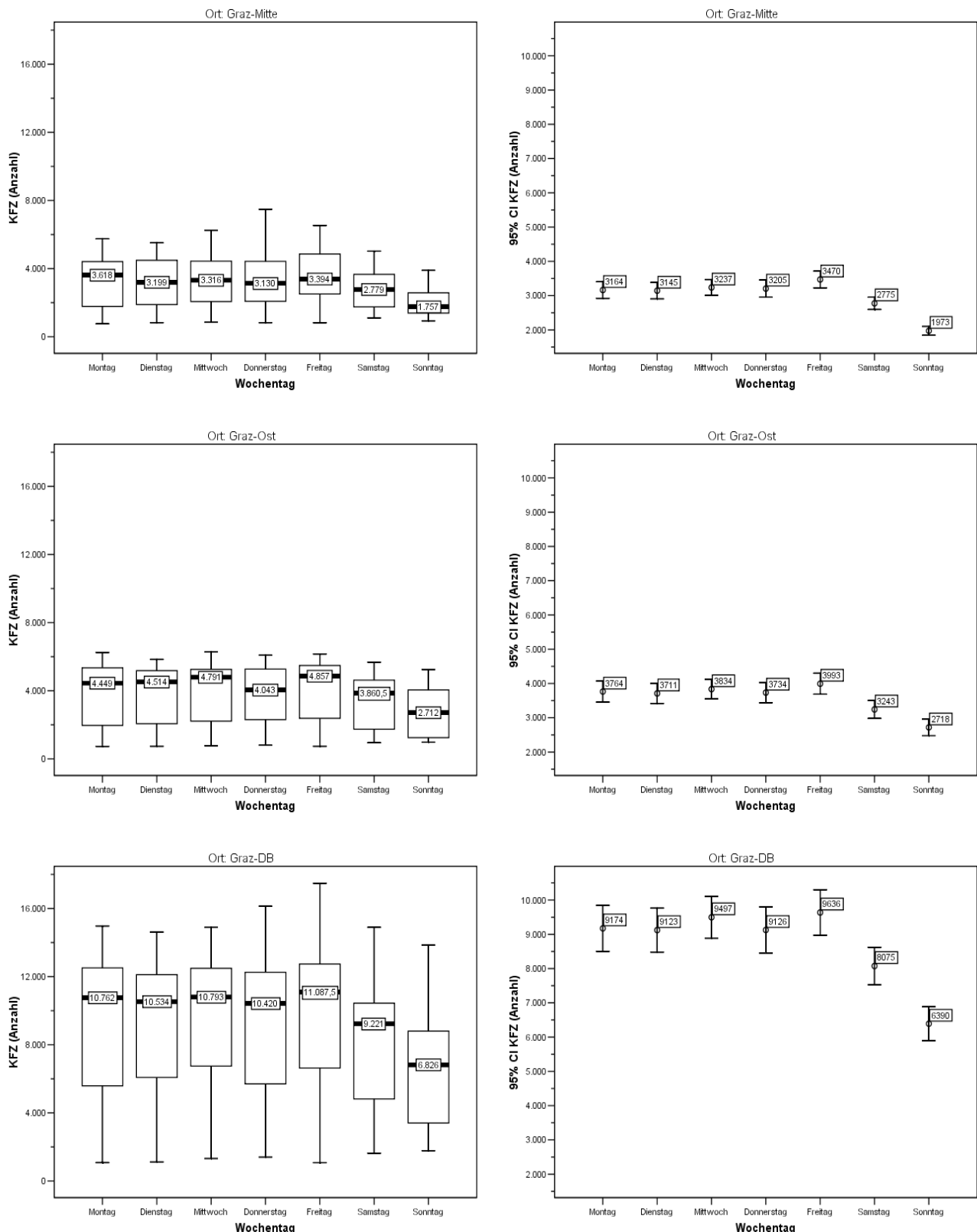


Diagramm C: Boxplots und Fehlerbalken der KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage in Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost und Graz-DB

Diagramm C zeigt die Boxplots der Kfz 4-Stunden-Mittelwerte über die Wochentage. Es ist an allen 4 Grazer Messstellen ein Rückgang der Verkehrsfrequenzen an den Wochenenden zu erkennen.

In Diagramm D ist der gleichzeitige Abfall der PM10-Werte an den Wochenenden deutlich sichtbar.

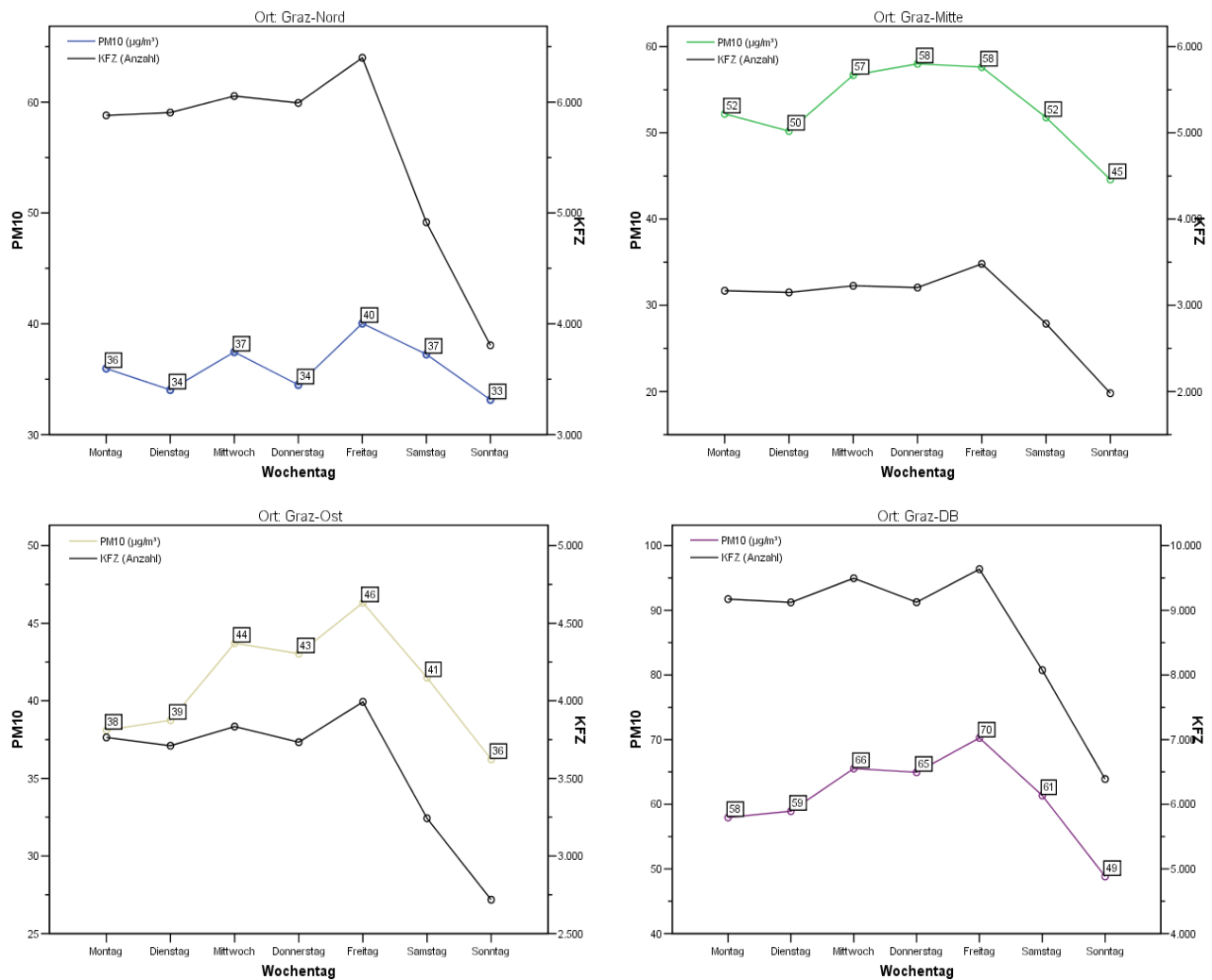
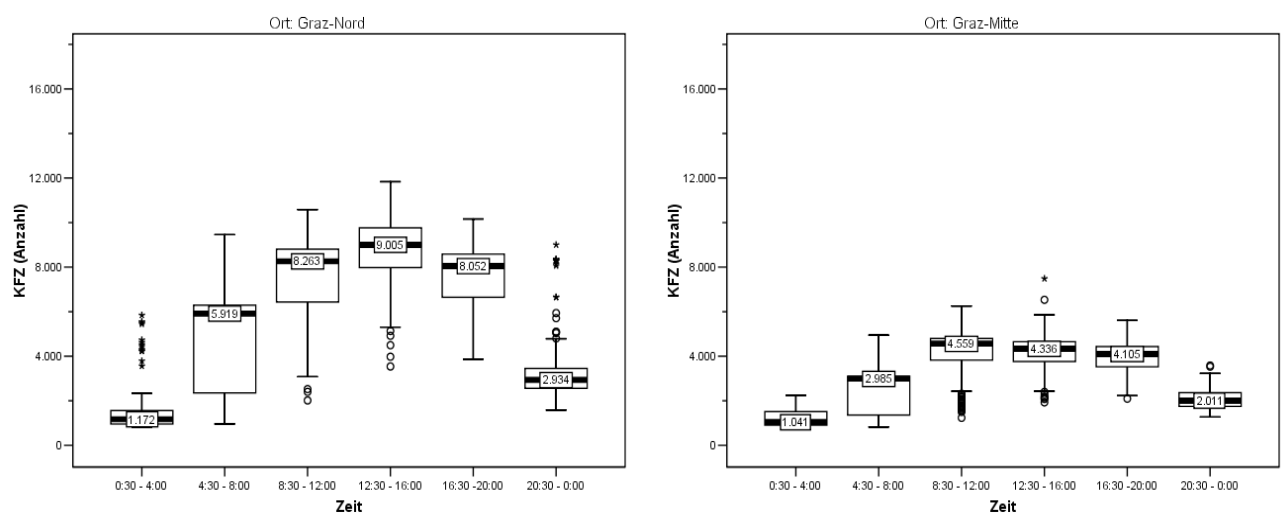


Diagramm D: Liniendiagramme der PM10 und KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage in Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost und Graz-DB

Die Boxplots über die Tageszeit zeigen ein spezifisches Tagesprofil. Vormittags steigt die Verkehrsfrequenz, die am Nachmittag wieder sinkt und in der Nacht den tiefsten Punkt erreicht.



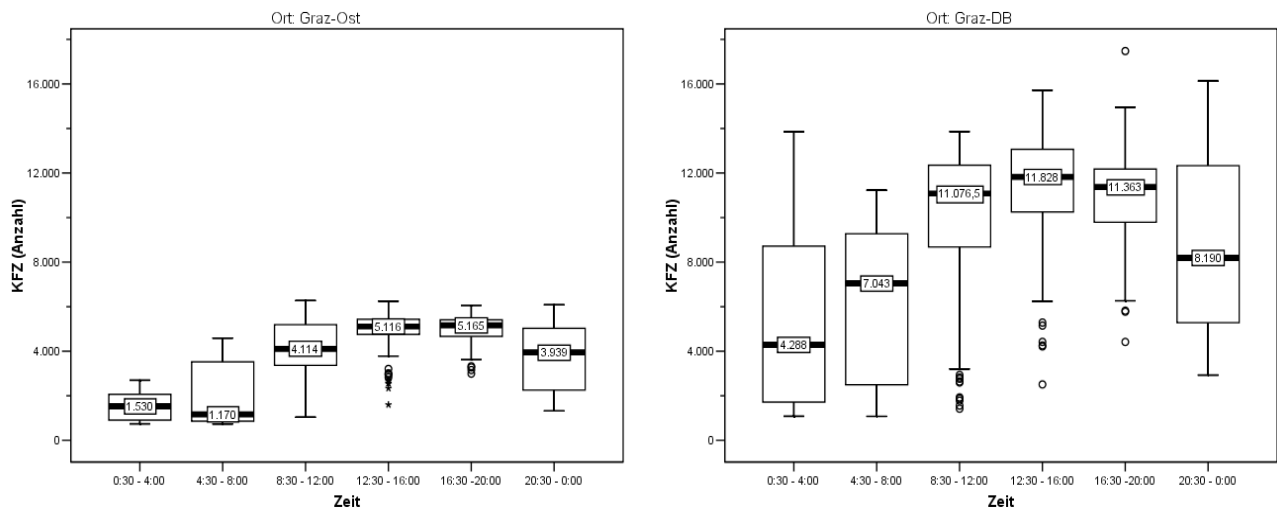


Diagramm E: Boxplots der KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Zeit in Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost und Graz-DB

Diagramm F zeigt an den Sonn-/Feiertagen am Tag eine Reduktion der Mediane auf ca. 55-70% der Werktagswerte, im Zeitraum von 4:30 - 8:00 Uhr auf ca. 30%, während im Zeitraum von 0:30 - 4:00 Uhr ein höheres, bzw. in Don Bosco ein ähnliches, Niveau registriert wird.

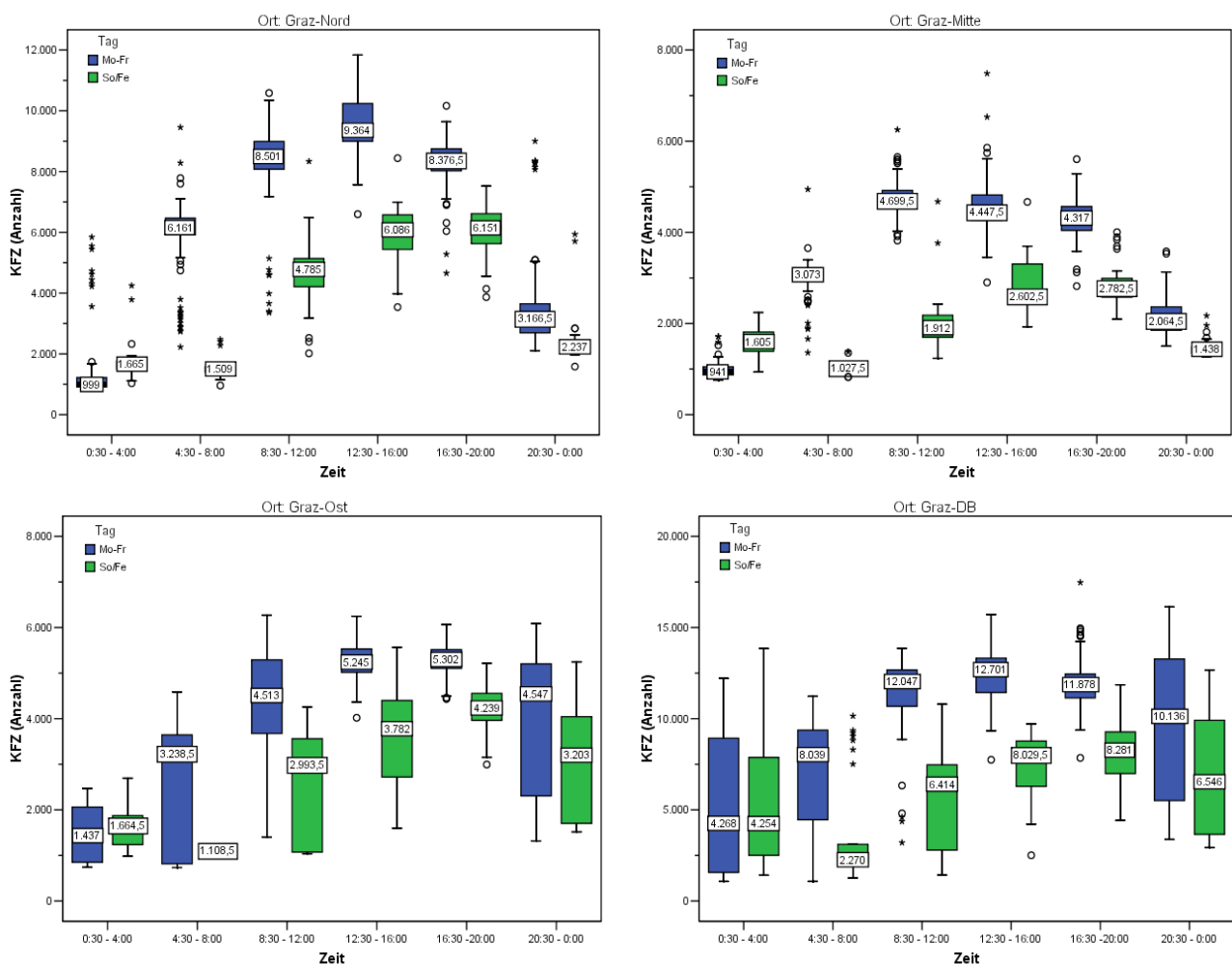


Diagramm F: Boxplotserien der KFZ 4-Stunden-Mittelwerte bzgl. Wochentage & Sonn-/Feiertage in Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost und Graz-DB

Im Folgenden wird die PM10-Belastung mit Hilfe einer Unterteilung nach der Verkehrsfrequenz in 4 Gruppen bzgl. der Einflussgrößen Inversion, Wind und Niederschlag genauer untersucht.

4H-MITTELWERTE

Statistiken

KFZ (Anzahl)			
Graz-Nord	N	Gültig	1002
		Fehlend	96
	Mittelwert		5562,52
	Perzentile	25	2584,25
		50	6080,50
		75	8377,50
Graz-Mitte	N	Gültig	976
		Fehlend	122
	Mittelwert		2997,04
	Perzentile	25	1745,50
		50	3026,50
		75	4326,25
Graz-Ost	N	Gültig	923
		Fehlend	175
	Mittelwert		3580,05
	Perzentile	25	1984,00
		50	3977,00
		75	5147,00
Graz-DB	N	Gültig	1011
		Fehlend	87
	Mittelwert		8717,92
	Perzentile	25	5525,00
		50	9678,00
		75	11900,00

Unterteilung:

Der Verkehr (KFZ (Anzahl)) wird - für jeden Ort getrennt - in 4 ungefähr gleich große Gruppen aufgeteilt.

Verkehr:

1. Gruppe: $< q_{0,25}$ (wenig)
2. Gruppe: $q_{0,25} - q_{0,50}$ (mäßig)
3. Gruppe: $q_{0,50} - q_{0,75}$ (normal)
4. Gruppe: $> q_{0,75}$ (viel)

Dies entspricht für

- Graz-Nord: 2.580 / 6.080 / 8.380 (Kfz/4h)
 Graz-Mitte: 1.750 / 3.030 / 4.330 (Kfz/4h)
 Graz-Ost: 1.980 / 3.980 / 5.150 (Kfz/4h)
 Graz-DB: 5.530 / 9.680 / 11.900 (Kfz/4h)

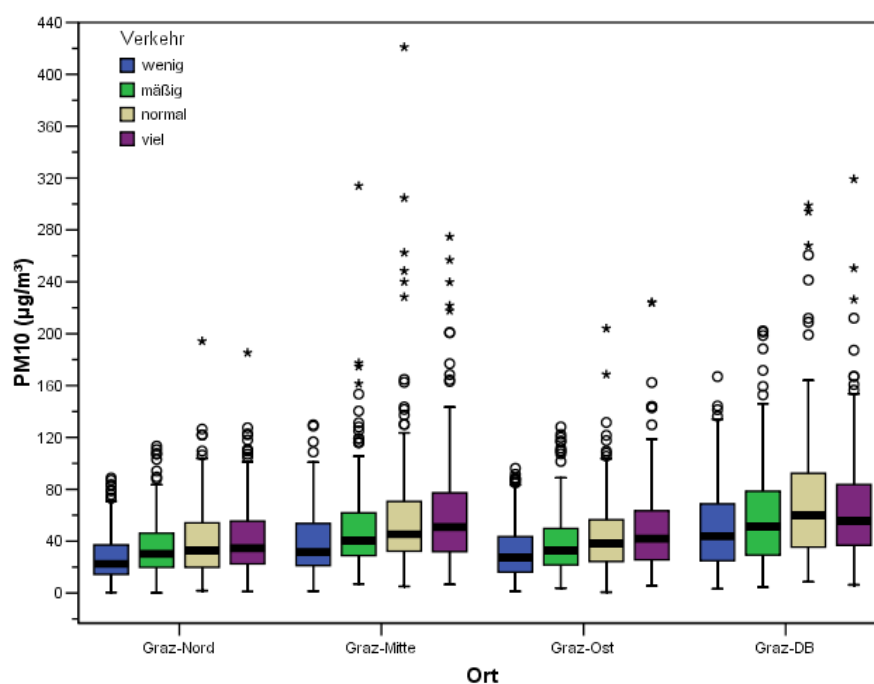
Bericht

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Ort	Verkehr	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung
Graz-Nord	wenig	27,6970	22,5125	250	18,39987
	mäßig	34,7654	30,1625	251	21,77138
	normal	40,4546	33,0000	252	27,90656
	viel	41,3487	34,4875	249	28,28105
	Insgesamt	36,0686	30,1188	1002	25,01474
Graz-Mitte	wenig	39,0872	31,4125	225	24,87108
	mäßig	50,2327	40,5875	224	34,75765
	normal	59,6868	45,3125	222	49,66398
	viel	63,0405	50,8250	226	45,82780
	Insgesamt	53,0038	42,4500	897	40,96470
Graz-Ost	wenig	33,3124	27,4625	229	21,94944
	mäßig	38,4363	32,8750	234	24,24510
	normal	44,0212	38,0188	230	28,23985
	viel	48,6566	41,9438	230	33,06542
	Insgesamt	41,1035	35,1500	923	27,75882
Graz-DB	wenig	50,1067	43,9438	254	30,92907
	mäßig	58,4005	51,4375	253	38,09253
	normal	70,6744	59,9750	252	48,77294
	viel	65,4631	55,4750	252	42,77800
	Insgesamt	61,1366	51,6625	1011	41,32123
Insgesamt	wenig	37,6561	30,4063	958	25,93454
	mäßig	45,4757	37,3688	962	31,90531
	normal	53,7446	42,7875	956	41,77472
	viel	54,5775	45,1250	957	39,32317
	Insgesamt	47,8562	39,0750	3833	35,93481

Die nebenstehende Tabelle und die Box-plots der 4h-Mittelwerte zeigen, dass mit Anstieg des Verkehrs auch der PM10-Mittelwert, bzw. Median entsprechend größer wird, mit Ausnahme von Graz-Don Bosco bei normal / viel Verkehr.

Graz-Mitte

Im Mittel dürfen ca. 3.000 Autos (Kfz) / 4h fahren, um den PM10-Grenzwert von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht zu überschreiten.



TAGESMITTELWERTE

Statistiken

KFZ (Anzahl)			
Graz-Nord	N	Gültig	176
		Fehlend	7
	Mittelwert		33560,41
	Perzentile	25	29501,25
		50	35503,50
		75	38593,50
Graz-Mitte	N	Gültig	175
		Fehlend	8
	Mittelwert		18064,45
	Perzentile	25	15821,00
		50	19012,00
		75	20290,00
Graz-Ost	N	Gültig	176
		Fehlend	7
	Mittelwert		21671,80
	Perzentile	25	19433,75
		50	22262,00
		75	23329,75
Graz-DB	N	Gültig	178
		Fehlend	5
	Mittelwert		52468,11
	Perzentile	25	45192,75
		50	54149,00
		75	61089,00

Unterteilung

Der Verkehr (KFZ (Anzahl)) wird - für jeden Ort getrennt - in 4 ungefähr gleich große Gruppen aufgeteilt.

Verkehr:

1. Gruppe: $< q_{0,25}$ (wenig)
2. Gruppe: $q_{0,25} - q_{0,50}$ (mäßig)
3. Gruppe: $q_{0,50} - q_{0,75}$ (normal)
4. Gruppe: $> q_{0,75}$ (viel)

Dies entspricht für

Graz-Nord: 29.500/35.500/38.600 (Kfz/Tag)
 Graz-Mitte: 15.800/19.000/20.300 (Kfz/Tag)
 Graz-Ost: 19.400/22.300/23.300 (Kfz/Tag)
 Graz-DB: 45.200/54.100/61.100 (Kfz/Tag)

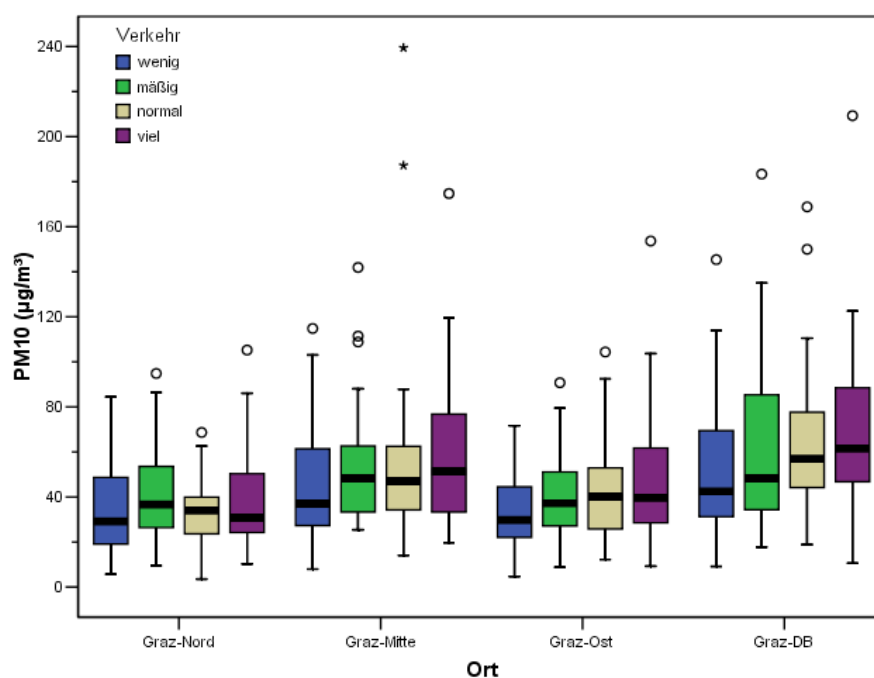
Bericht

PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Ort	Verkehr	Mittelwert	Median	N	Standardabweichung
Graz-Nord	wenig	33,5499	29,1813	44	17,80175
	mäßig	40,3229	36,6470	44	20,03805
	normal	32,5069	34,0583	44	15,25976
	viel	38,8067	30,7104	44	21,62160
	Insgesamt	36,2966	33,3323	176	18,96793
Graz-Mitte	wenig	46,4812	37,0104	40	26,03877
	mäßig	52,8258	48,2896	37	26,22758
	normal	55,7066	47,1469	42	40,02808
	viel	56,8622	51,2850	42	32,31386
	Insgesamt	53,0540	46,0536	161	31,85367
Graz-Ost	wenig	34,6090	29,7792	43	17,38045
	mäßig	40,3526	37,2490	46	18,93666
	normal	43,1110	40,0250	41	21,14074
	viel	46,9501	39,6719	46	28,26281
	Insgesamt	41,3163	35,9281	176	22,19603
Graz-DB	wenig	51,6201	42,4042	44	29,27552
	mäßig	61,7339	48,3958	45	34,80531
	normal	64,6079	56,8271	45	31,13718
	viel	68,1906	61,5635	44	35,27750
	Insgesamt	61,5565	53,3604	178	33,02364
Insgesamt	wenig	41,4907	34,8375	171	24,24531
	mäßig	48,6221	42,2198	172	27,14858
	normal	49,0982	43,9052	172	30,82511
	viel	52,5898	46,8698	176	31,50242
	Insgesamt	47,9864	40,4313	691	28,82597

Die Tabelle und die Boxplots der Tagesmittelwerte zeigen, dass in Graz-Ost und Graz-Don Bosco mit Anstieg des Verkehrs auch der PM10-Mittelwert, bzw. Median größer wird, wogegen dieser Zusammenhang in Graz-Nord und Graz-Mitte nicht eindeutig ist.

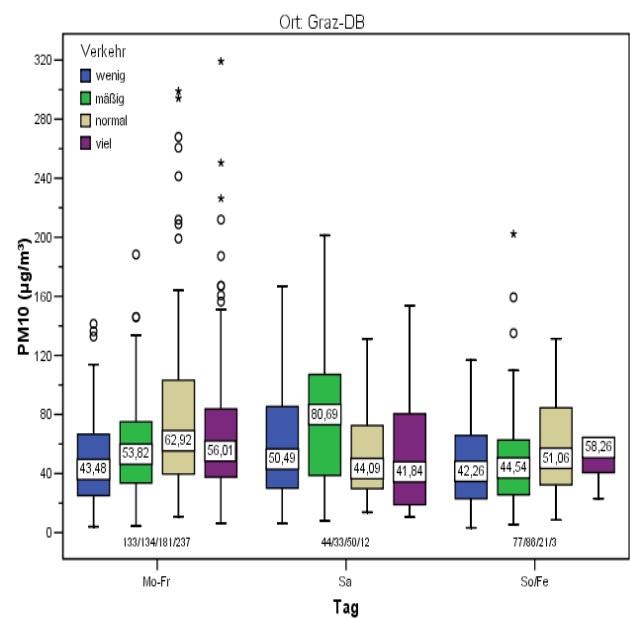
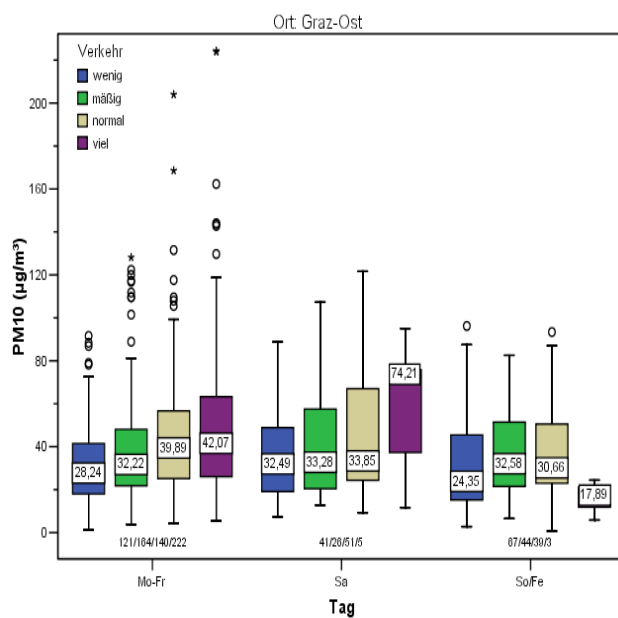
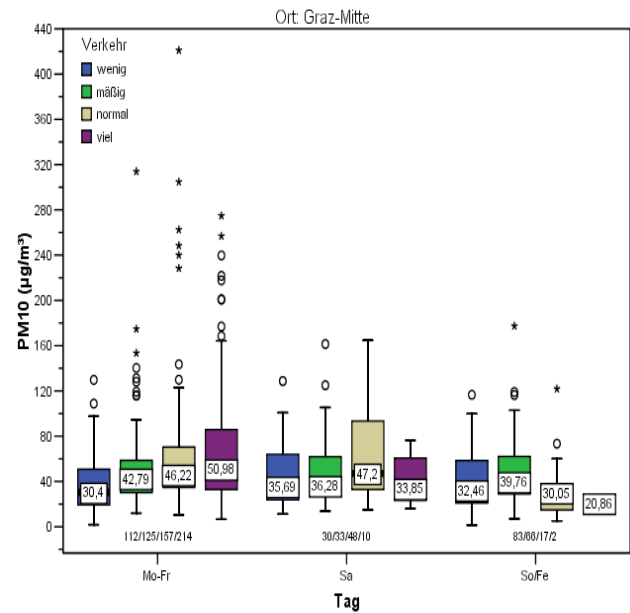
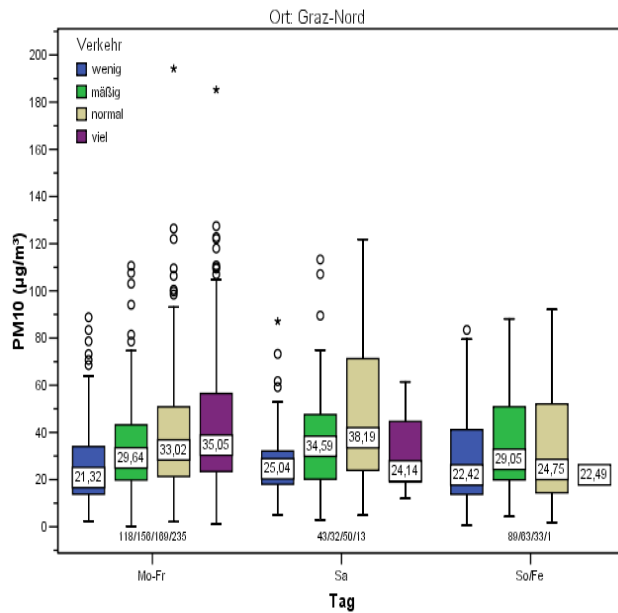
Graz-Mitte

Im Mittel dürfen ca. 18.000 Autos (Kfz)/Tag fahren, um den PM10-Grenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht zu überschreiten.

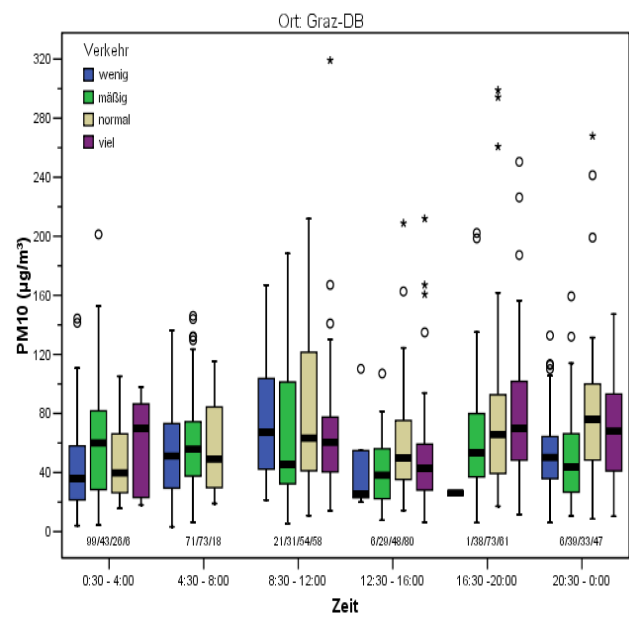
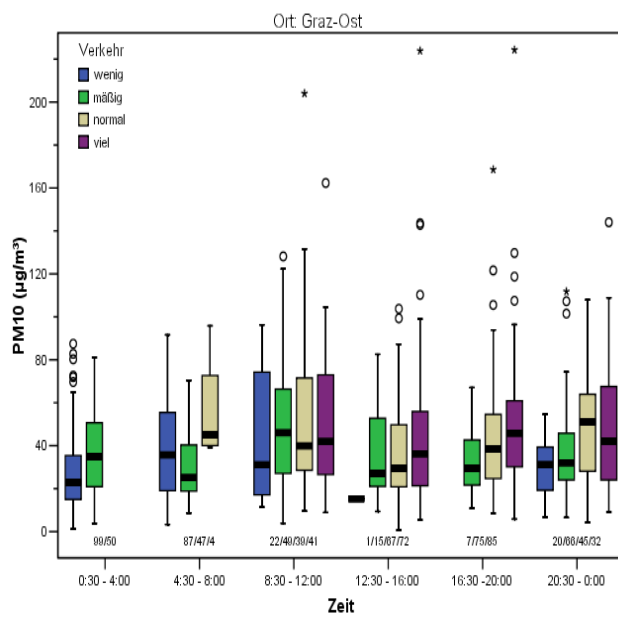
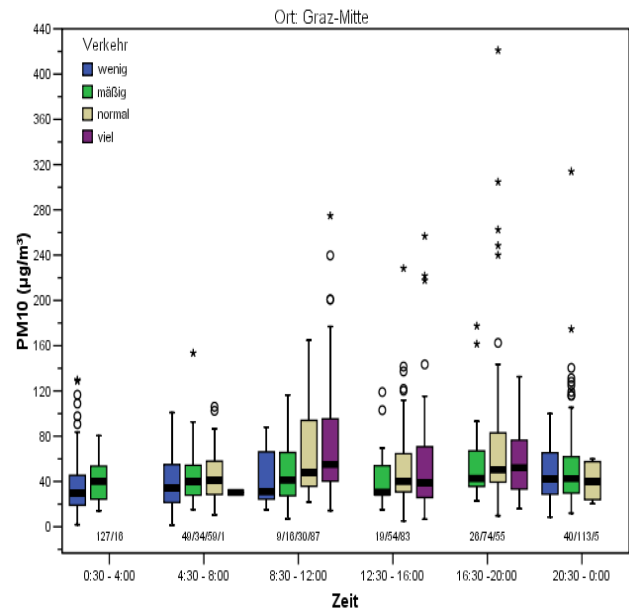
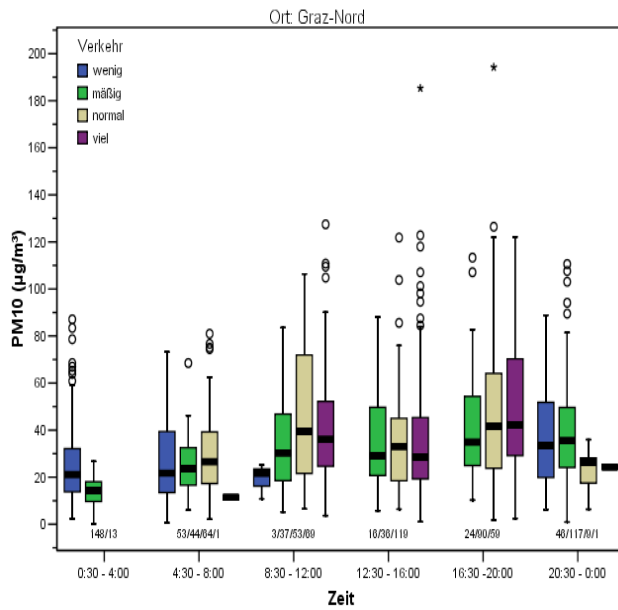


4h-Mittelwerte

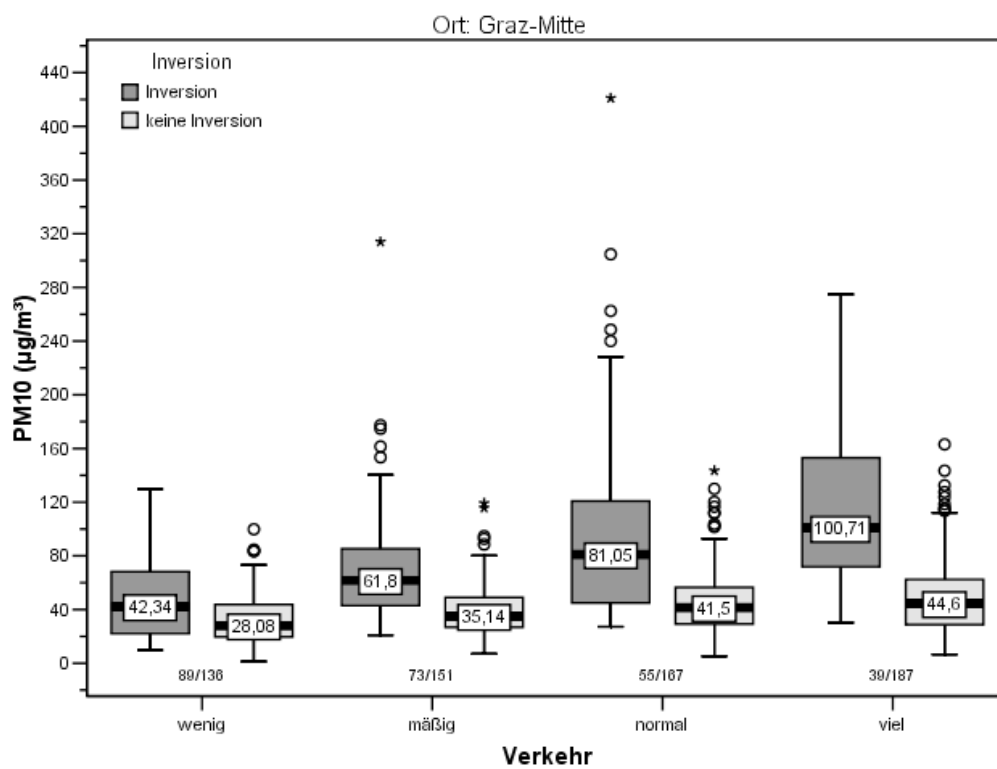
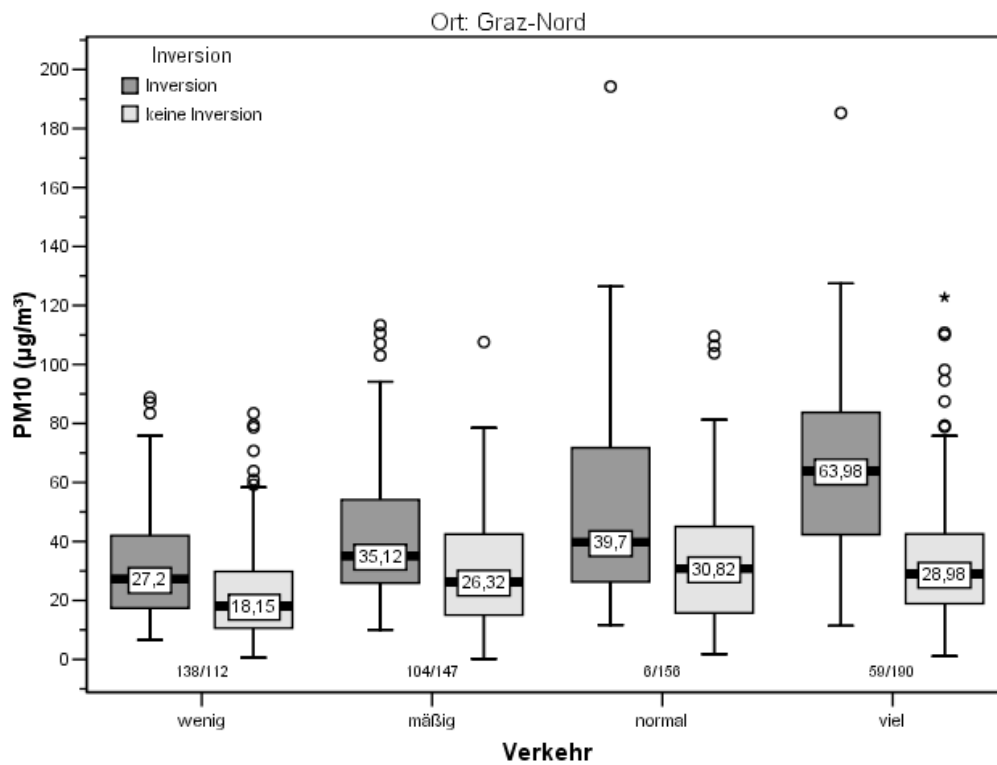
1. Tagestypenvergleiche

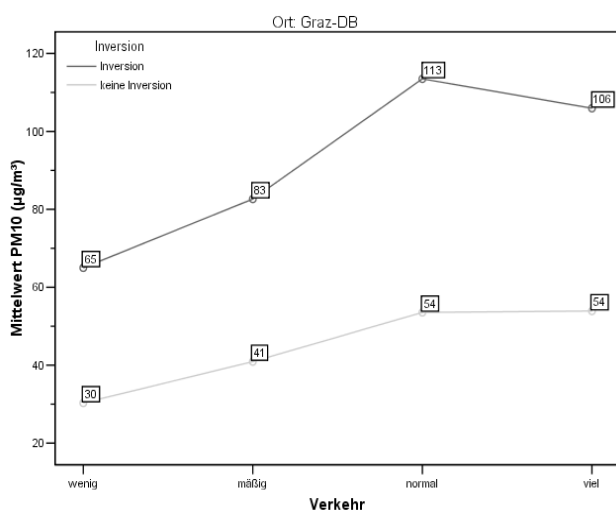
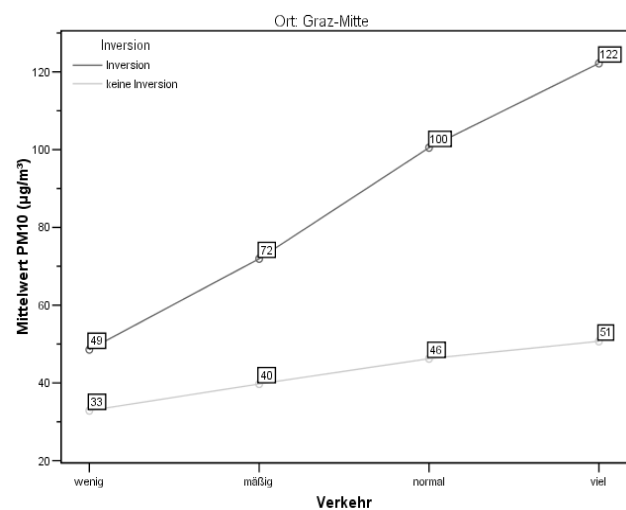
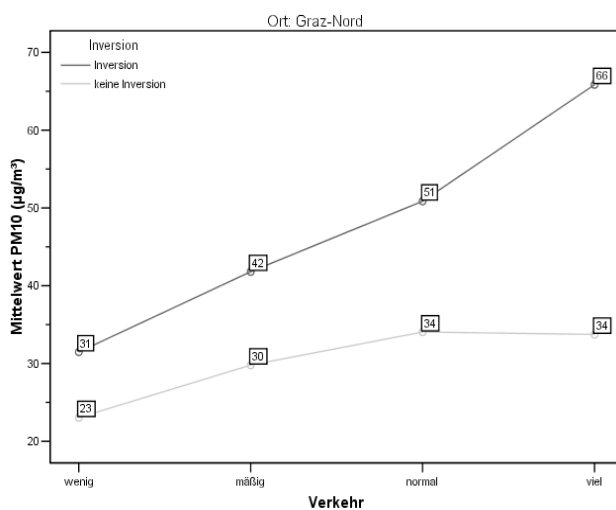
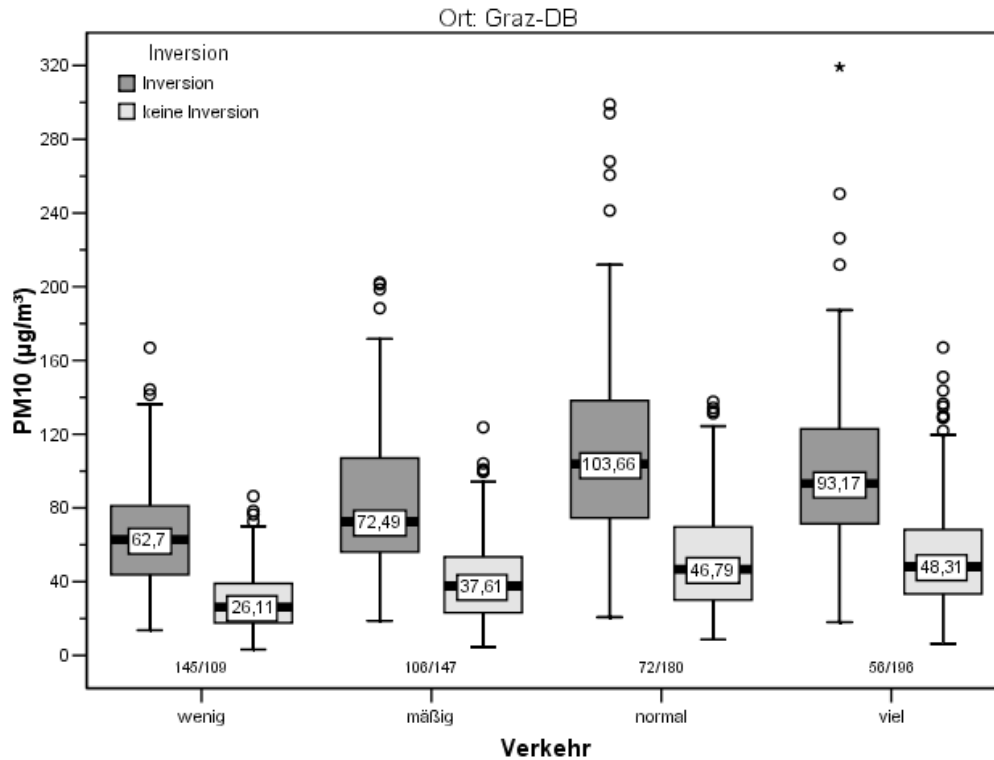


2. Tageszeitvergleiche



3. Einfluss der Inversion





Bei Inversionswetterlage hat man immer ein hohes PM10-Niveau.

PM10-Grenzwertüberschreitung

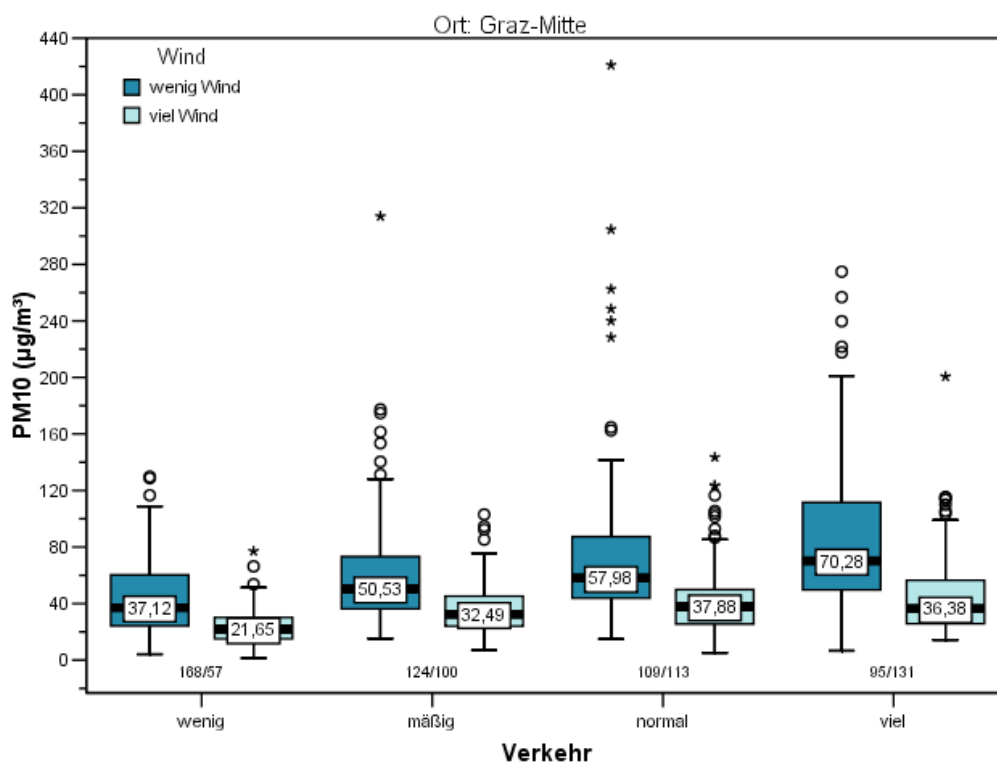
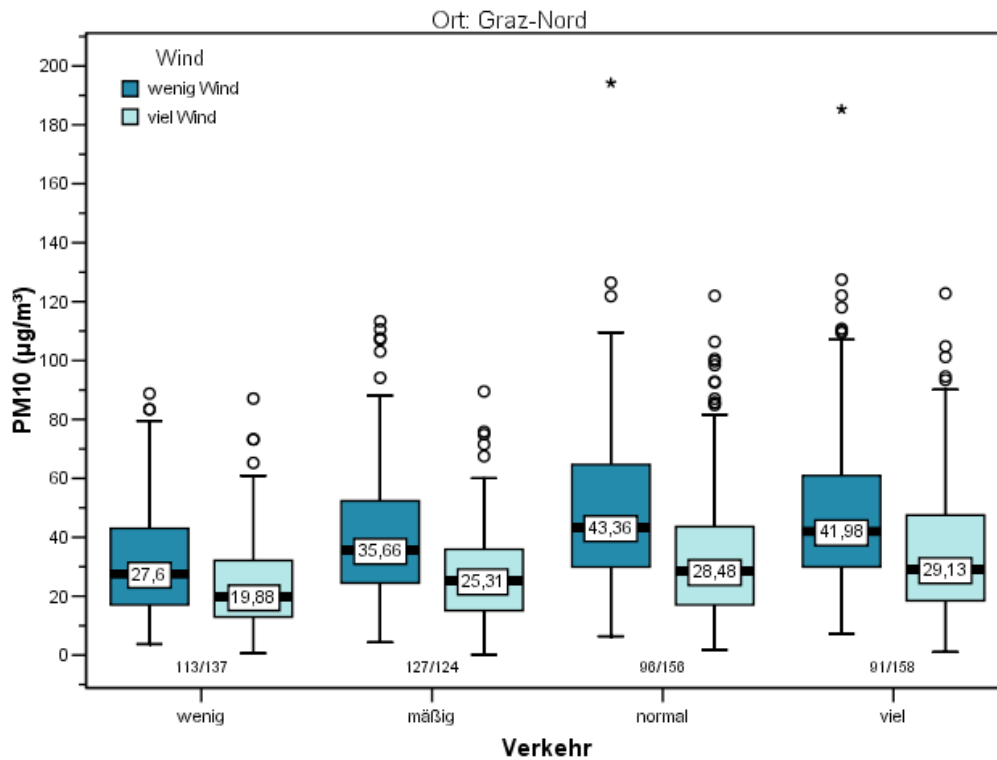
Graz-Nord: Inversion: ca. 8.000 Kfz / 4h
Keine Inv.: nie

Graz-Mitte: Inversion: ca. 1.800 Kfz / 4h
Keine Inv.: ca. 4.300 Kfz / 4h

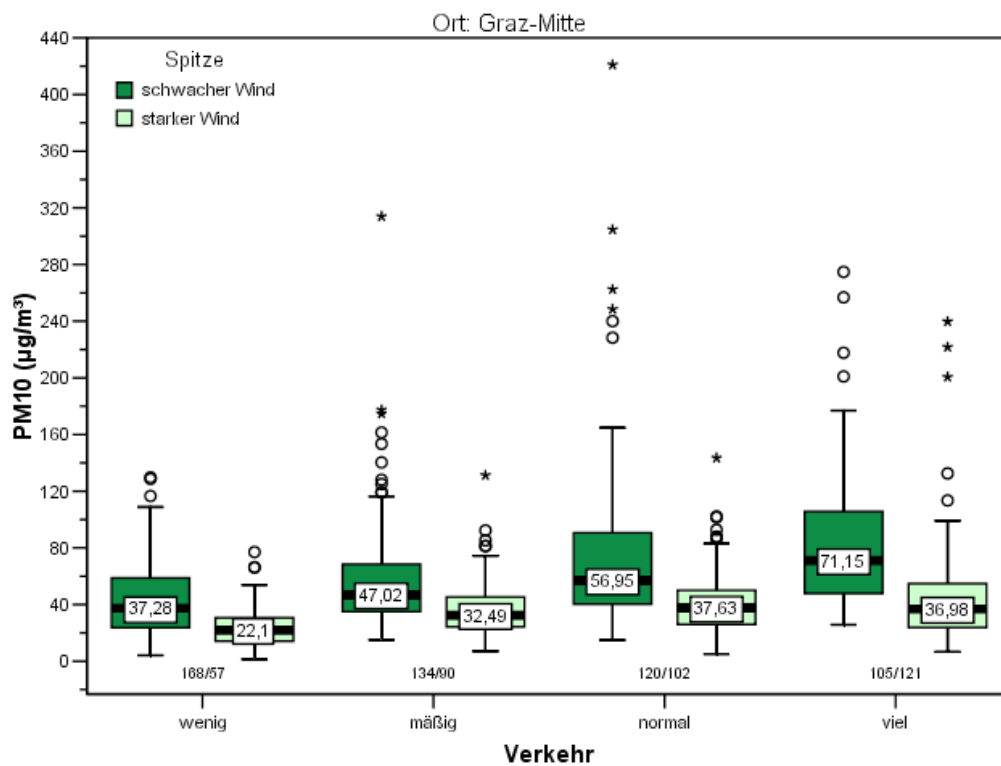
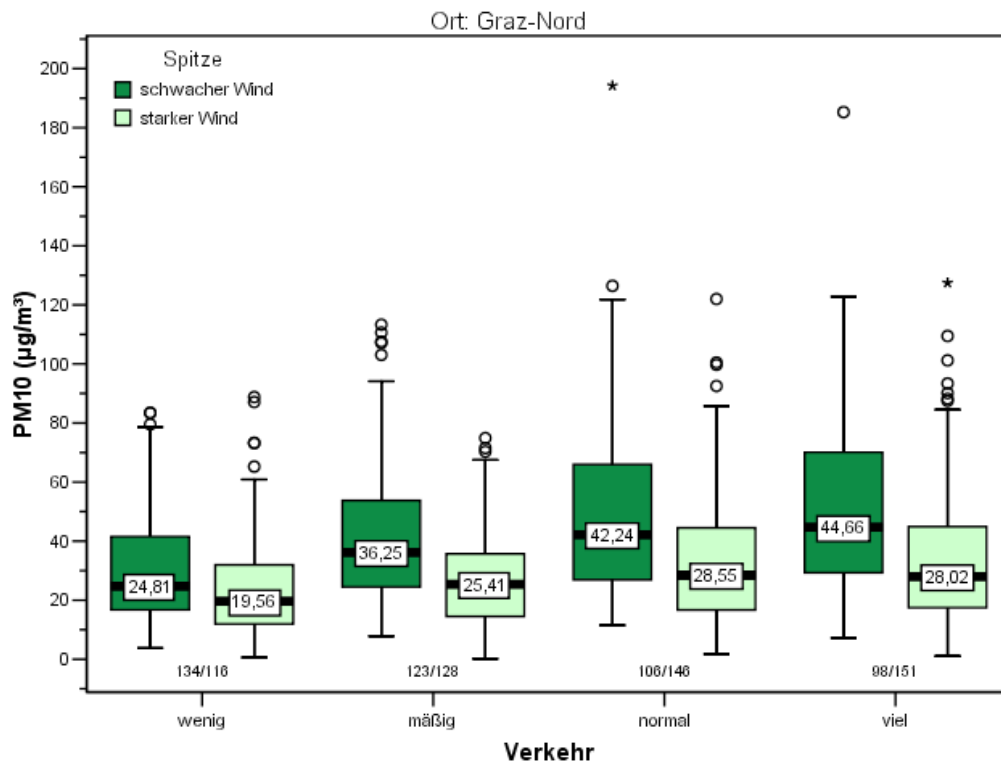
Graz-DB: Inversion: immer
Keine Inv.: ca. 11.000 Kfz / 4h

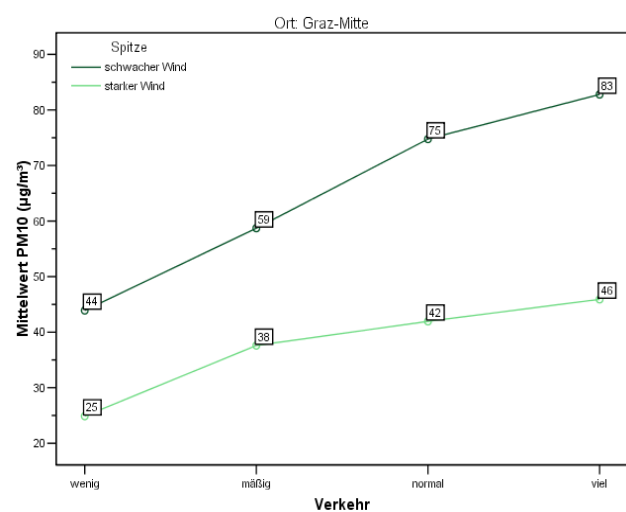
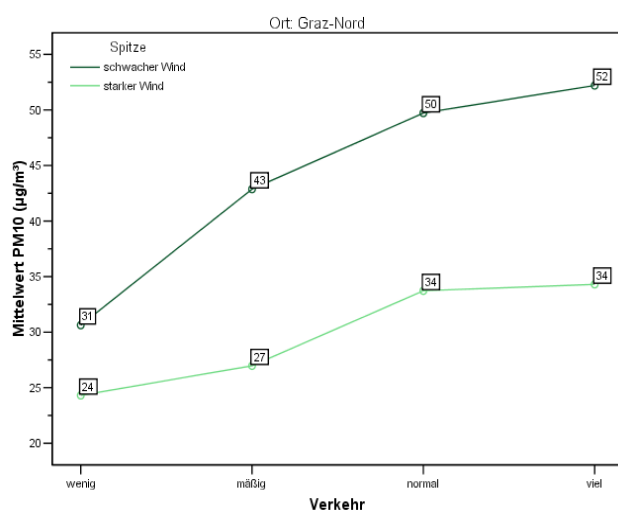
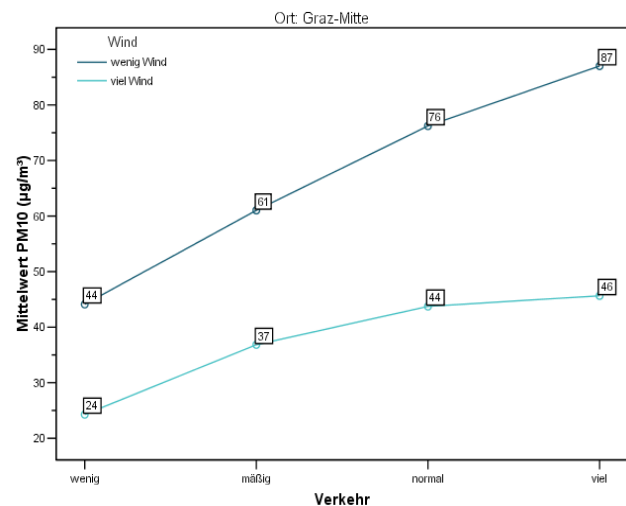
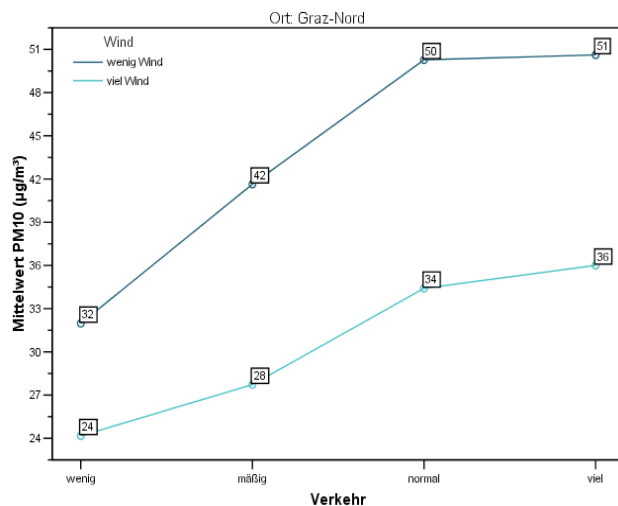
4. Einfluss des Windes

Mittlere Windgeschwindigkeit:



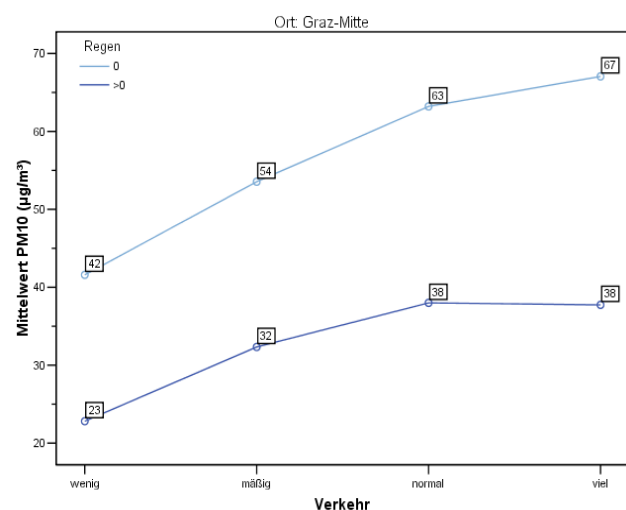
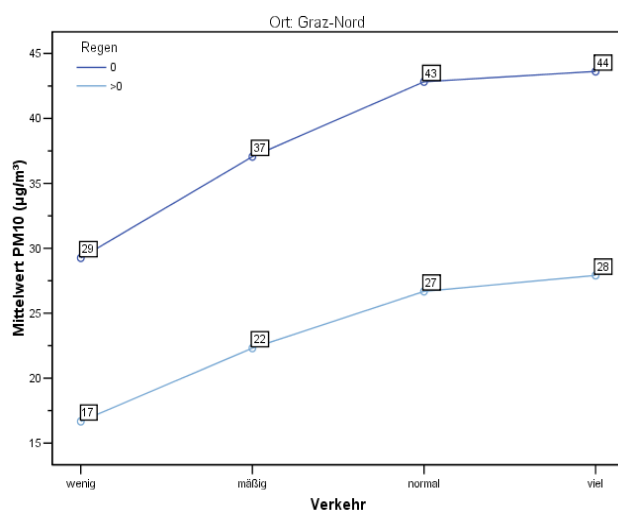
Spitzengeschwindigkeit:

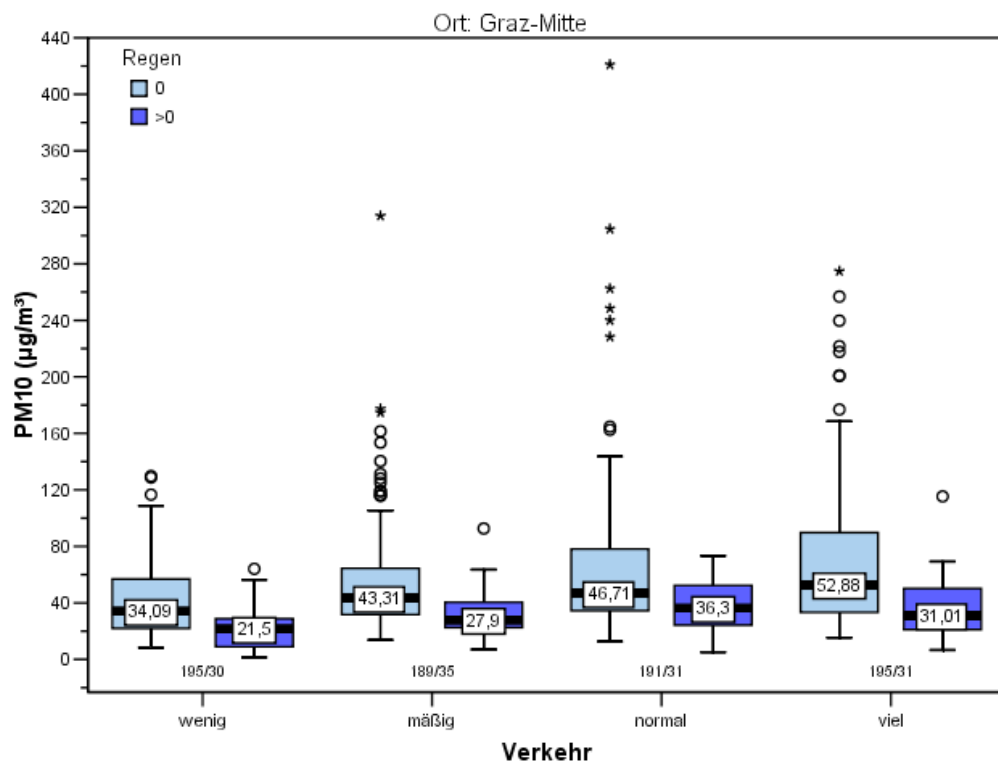
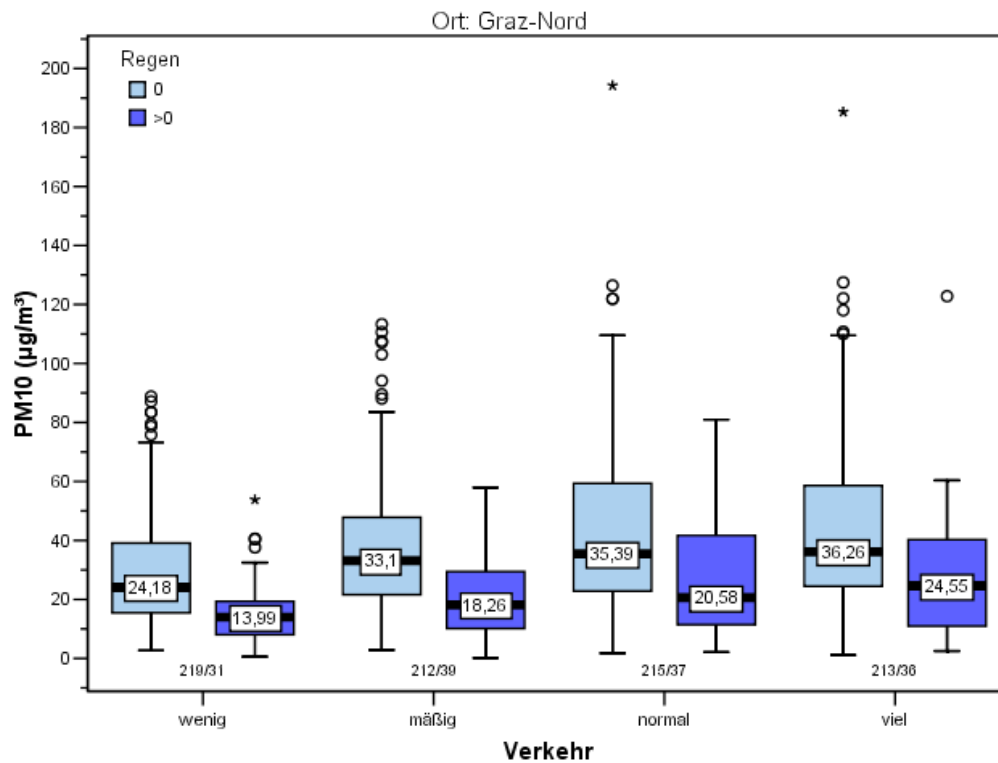




An Tagen ohne Wind dürfen in Graz-Nord höchstens 8.000 Autos / 4h und in Graz-Mitte höchstens 2.500 Autos / 4h fahren, um den PM10-Grenzwert nicht zu überschreiten. An windigen Tagen gibt es keine Überschreitungen der PM10-Mittelwerte.

5. Einfluss des Niederschlags





Graz-Nord: Es gibt keine Überschreitungen des PM10-Grenzwertes.

Graz-Mitte: An niederschlagsfreien Tagen dürfen höchstens 2.600 Autos / 4h fahren, um den PM10-Grenzwert nicht zu überschreiten. Bei Regen gibt es keine Überschreitung.

11) ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie wurde die **Feinstaub-Konzentration** in **Graz** für die Wintersaison 2003/2004 (**1.10.2003 - 31.3.2004**) mit explorativen statistischen Methoden analysiert. Wir konnten dabei auf Daten der 6 Messstationen Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost, Graz-Don Bosco, Graz-Süd und Platte (ab 11/2004) zurückgreifen.

Folgende Daten wurden für die Auswertung herangezogen:

- **PM10-Daten:** alle 6 Messstationen
- **Kfz-Daten:** Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Ost, Graz-Don Bosco
- **Winddaten:** Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Süd, Platte
- **Lufttemperaturdaten:** Graz-Nord, Graz-Mitte, Graz-Don Bosco, Platte
- **Niederschlagsdaten:** Graz-Nord.

Die Grazer Messstationen können in drei Kategorien unterteilt werden:

- Regionale Hintergrundstation Platte, 300m über Graz
- Urbane Hintergrundstationen Graz-Nord, Graz-Ost (aufgelockertes Siedlungsgebiet)
- Verkehrsexponierte Stationen: Graz-Mitte, Graz-Don Bosco, Graz-Süd

Der 5-Monatsmittelwert PM10 (11/03-03/04) der Messstation Platte kann als **regionale Hintergrundbelastung** interpretiert werden. Diese beträgt **21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Die 5-Monatsmittelwerte in Graz-Nord (38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Graz-Ost (44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kann man als **urbane Hintergrundbelastung** deuten. Diese beträgt im Mittel ca. **41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** ; d.h. die urbane Zusatzbelastung entspricht in etwa der regionalen Hintergrundbelastung.

Die 5-Monatsmittelwerte in Graz-Mitte (56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Graz-Don Bosco (65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Graz-Süd (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sehen wir als **Belastung in verkehrsexponierten Lagen** an. Diese beträgt im Mittel ca. **60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Die Zusatzbelastung an verkehrsreichen Standorten entspricht der Zusatzbelastung durch den urbanen Hintergrund. Dies ergibt also, dass die **Zusatzbelastung an Verkehrssspots doppelt so hoch** ist wie die **regionale Hintergrundbelastung**.

Um Aussagen über das Profil der PM10-Belastung im Wochenverlauf und bezüglich der Wintermonate zu bekommen betrachteten wir Tagesmittelwerte. Die Schwankungen im Tagesverlauf wurden hingegen über 4h-Mittelwerte gut abgebildet. Die darauf basierenden Analysen wurden unter unterschiedlichen Szenarien bzgl. der Meteorologie und dem Verkehr durchgeführt.

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass sich sowohl Wind als auch Niederschlag positiv auf eine Reduktion (30-60% Verringerung) der PM10-Konzentration auswirken. Leider gab es im **Winterhalbjahr** nur ca. **33% Niederschlagstage**, und wenig Tage mit viel Wind. Das PM10-Belastungsproblem konzentriert sich in Graz auf **Inversionswetterlagen** (kein Luftaustausch mit höheren Luftschichten, quantifiziert durch die negative Temperaturdifferenz zwischen Graz und Kalkleiten), die noch dazu häufig wind- und niederschlagsfrei sind.

An **107 Tagen** (58% von 183 Tagen) kam es zu Überschreitungen des Grenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die zu **67%** an Tagen mit Inversionswetterlagen auftraten, wobei **83% der Tage mit Inversion**, aber nur **36% der Tage ohne Inversion** zu Überschreitungen führten. Die durchschnittliche Größenordnung der PM10 Tagesmittelwerte bei Überschreitungen reichte von 60 (Platte) bis $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Graz-Süd).

Die Analysen zeigen, dass bei **Inversionswetterlage** eine **starke Abhängigkeit der PM10-Belastung von der Kfz-Frequenz** vorliegt, während dies an inversionsfreien Tagen deutlich weniger ausgeprägt ist (siehe Diagramme 18, 33 und 45).

Bei Inversionswetterlage kann also nur eine drastische Verringerung des Kfz-Verkehrs zu einer spürbaren Verbesserung der PM10-Belastung führen.

Dazu wurde ein interessanter Vergleich durchgeführt (siehe Anhang). Für die Messstationen Graz-Nord, Graz-Mitte und Graz-Don Bosco wurden die Verkehrsfrequenzen bezogen auf die 4h-Intervalle in 4 Gruppen eingeteilt (*wenig Verkehr* bis 25%-Perzentil, *mäßiger Verkehr* 25%- bis 50%-Perzentil, *normaler Verkehr* 50%- bis 75%-Perzentil, *viel Verkehr* ab 75%-Perzentil) und für jede Gruppe die Verteilung der PM10-Konzentration bei den Wetterlagen keine Inversion/Inversion dargestellt.

Bezüglich der mittleren PM10-Belastung ergibt sich Folgendes.

Liegt **keine Inversion** vor, dann ist in **Graz-Nord** die Belastung *bei allen Verkehrsfrequenzen* moderat ($4\text{h-MW PM}_{10} < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In **Graz-Mitte** gilt dies bis zu *normalem Verkehr*, in **Graz-Don Bosco** nur bei *wenig und mäßigem Verkehr*.

Bei **Inversion** ist in **Graz-Nord** die Belastung bei *wenig und mäßigem Verkehr* moderat, in **Graz-Mitte** nur bei *wenig Verkehr* und in **Graz-Don Bosco** ist die *mittlere PM10-Belastung bei allen Verkehrsfrequenzen* überhöht (z.B. bei wenig Verkehr $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dies bedeutet, dass an verkehrsexponierten Messstationen bei Inversionswetterlage schon geringe Verkehrsfrequenzen zu erhöhter PM10-Belastung führen.

Die **Tagescharakteristik eines typischen Wintertages mit Inversion** wurde von der ZAMG im Auftrag der Stmk. Landesregierung FA17C durch Ballonsondierungen untersucht (A. Podesser, F. Wölfelmaier, H. Rieder: Kombinierte Feinstaub-Meteorologiesondierungen am 17.3. in Graz). Dabei zeigte sich, dass am Vormittag bis 12 Uhr und am späteren Nachmittag ab 17 Uhr kaum ein Austausch mit höheren Luftschichten stattfindet, aber zwischen 12 und 17 Uhr eine kräftige Durchdringung in höhere Luftschichten bis 300m über Grund stattfindet (siehe Graphik auf Seite 75).

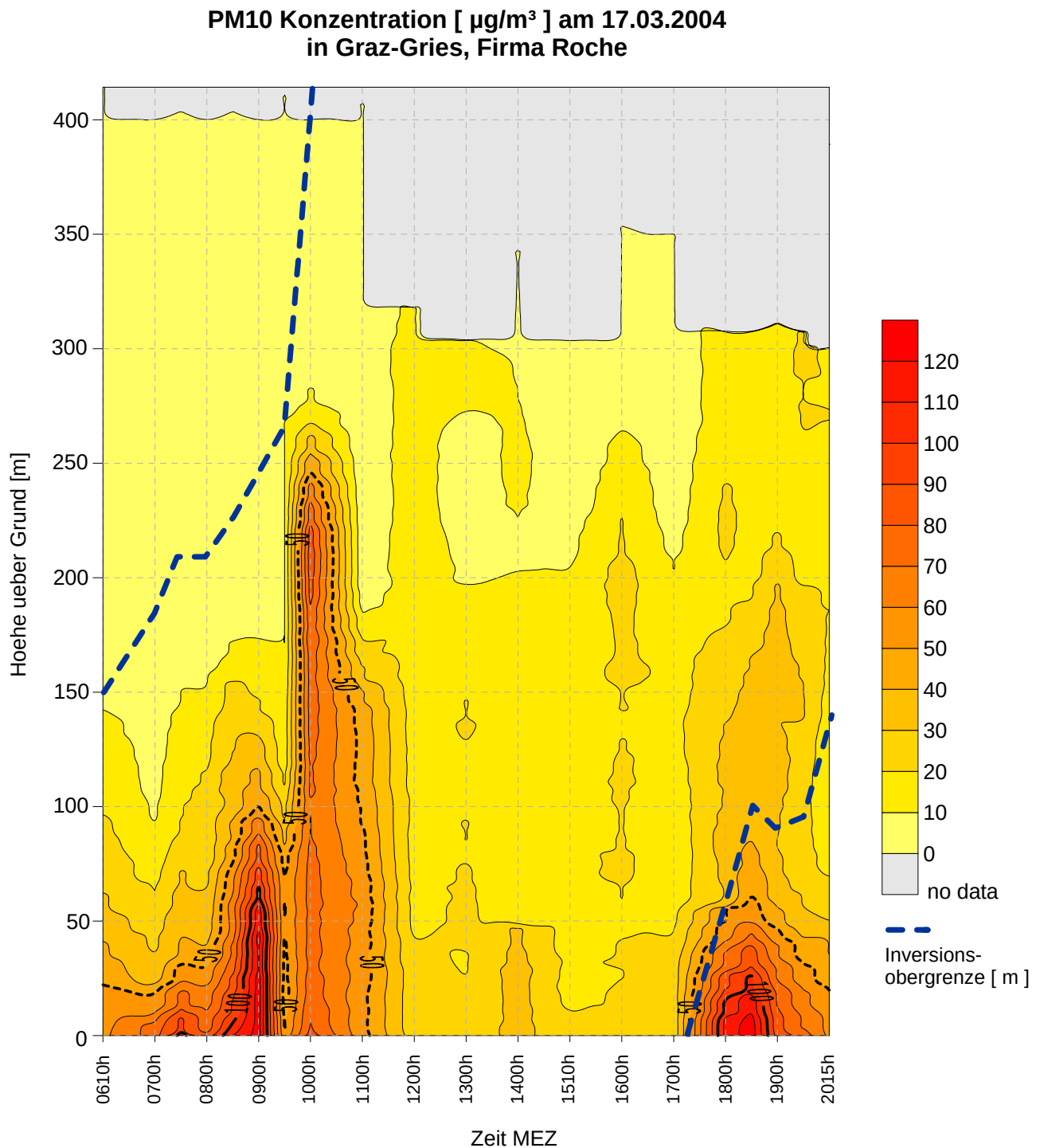
Dieses meteorologische Phänomen erklärt das so genannte **Mittagstief der PM10-Werte**, das an allen Messorten in Graz -- aber nicht auf der 300m über Graz gelegenen Platte -- sichtbar ist (siehe Diagramm 2). Am stärksten ist der Abfall an den verkehrsexponierten Messstellen Graz-Don Bosco und Graz-Mitte, sowie an der im Gewerbe- und Industriegebiet gelegenen Messstelle Graz-Süd. An diesen Stationen ist die PM10-Belastung am Vormittag und späten Nachmittag höher als in Graz-Nord und Graz-Ost.

Offene Punkte

- Wie wirkt sich eine Änderung der Zusammensetzung des PKW/LKW-Verkehrs im Tagesverlauf, vor allem in Graz- Don Bosco und Graz-Süd, auf PM10 aus?
- Wie stark ist der Abfall der PM10-Belastung in Abhängigkeit von der Entfernung zum Verkehrsspot im dicht verbauten Gebiet und im aufgelockerten Siedlungsgebiet (Graz-Mitte/Herrengasse, Wiener Straße/Graz-Nord)?
- In welcher Form lässt sich der Zusammenhang zwischen PM10 und NOx unter unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen und variierenden Verkehrsfrequenzen beschreiben, und welche Schlüsse kann man daraus ziehen?

Höhenprofilmessung von PM10 über Ballonsondierung

Diagramm entnommen aus dem Bericht „Kombinierte Feinstaub-Meteorologiesondierungen am 17.03.2004 in Graz“ (Abb. 10, Seite 23).



Überschreitungen des Grenzwertes für PM10

An **107 von 183 Tagen** (=58%) hat es an mindestens einer Messstelle eine **Überschreitung** des PM₁₀-Tagesmittelwertes von **50 µg/m³** gegeben. Die meisten Überschreitungen gab es in Don Bosco (102), gefolgt von Graz-Süd (91) und Graz-Mitte (77), die wenigsten in Graz-Nord (42) und auf der Platte (5). An 72 der 107 Überschreitungstage (=67%) herrschte Inversionswetterlage.

Tabelle 2: Charakterisierung der Überschreitungen des Grenzwertes für PM10

PM10 (µg/m³)			ORT						Über- schreitungen	Wetter- lage	Regen	Niederschlags- menge (l/m²)
			Graz-Nord	Graz-Mitte	Graz-Ost	Graz-DB	Graz-Süd	Platte				
Periode	Wochentag	Datum	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert				
3	Mi	1.10.03		50,44			55,65		1			
	Do	2.10.03		55,31			50,39		2	I	R	0,19
	Fr	3.10.03							1	I	R	27,91
1	Mo	20.10.03	64,61	81,16	59,14	82,32	76,39		5	I		
3	Di	28.10.03				54,94	54,86		2	I		
	Mi	29.10.03		56,98	50,66	73,56	67,05		4			
	Do	30.10.03		54,22	63,57	63,62	57,36		4		R	1,88
4	Mo	3.11.03		50,96					1	I		
	Di	4.11.03		62,48		62,84	68,14		3	I		
	Mi	5.11.03				67,55	68,08		2	I		
	Do	6.11.03		56,14	50,78	65,53	65,27		4	I	R	2,384
10	Do	13.11.03	55,19	57,45	50,42	64,47	60,12		5			
	Fr	14.11.03	63,96	76,22	69,60	85,00	84,56		5			
	Sa	15.11.03	61,48	72,58	66,36	84,06	86,55		5	I		
	So	16.11.03	66,28	76,94	71,65	83,32	80,54	56,03	6	I		
	Mo	17.11.03		51,45		62,39	51,50		3	I	R	0,697
	Di	18.11.03	52,85	62,14		94,87	79,22		4	I		
	Mi	19.11.03		70,96		84,98	96,25		3	I		
	Do	20.11.03				69,13	78,28		2	I		
	Fr	21.11.03	67,67	79,90	57,07	80,97	83,79		5	I		
	Sa	22.11.03		66,26		76,74	78,66		3	I		
4	Mo	24.11.03		69,01		86,69	86,58		3	I		
	Di	25.11.03		55,42		64,78	65,98		3	I		
	Mi	26.11.03				64,22	60,63		2	I	R	12,192
	Do	27.11.03		53,79		55,83			2	I	R	0,194
7	Mo	8.12.03				50,46	53,90		2	I		
	Di	9.12.03		71,19	50,36	96,91	89,48		4	I		
	Mi	10.12.03	57,04	83,37	63,50	84,11	78,82		5			
	Do	11.12.03	85,29	103,30	86,70	107,92	102,48	62,48	6			
	Fr	12.12.03	86,05	119,41	94,84	134,99	128,20		5	I		
	Sa	13.12.03	56,17	74,53	65,86	81,30	80,29		5	I		
	So	14.12.03		53,43		52,99	51,86		3	I	R	1,17
	Mi	17.12.03		78,91	52,89	85,32	63,10		4	I		
6	Do	18.12.03		95,23	62,27	97,66	76,96		4	I		
	Fr	19.12.03		76,74	54,14	112,74	105,72		4	I		
	Sa	20.12.03		75,84		104,88	98,48		3	I		
	So	21.12.03		50,13		58,54	66,30		3	I	R	0,992
	Mo	22.12.03		56,08					1		R	0,697
	Do	25.12.03				66,04	57,45		2	I		
4	Fr	26.12.03	53,85	74,05	58,90	106,47	92,47		5	I		
	Sa	27.12.03	84,43	103,02	90,70	145,38	144,22		5	I		
	So	28.12.03	56,25	71,31	58,43	72,83	95,51		5	I		
	Mi	31.12.03					50,10		1		R	11,708

PM10 (µg/m³)			ORT						Überschreitungen	Wetterlage	Regen	Niederschlagsmenge (l/m²)
			Graz-Nord	Graz-Mitte	Graz-Ost	Graz-DB	Graz-Süd	Platte				
Periode	Wochentag	Datum	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert				
13	Mo	5.1.04		50,65			50,33		2	I	R	0,595
	Di	6.1.04					52,56		1			
	Mi	7.1.04	69,41	68,47	50,36	75,86	75,63		5	I	R	0,484
	Do	8.1.04	51,88	85,40	61,08	94,73	100,49		5	I		
	Fr	9.1.04	105,23	104,93	96,10	107,64	105,00	75,36	6		R	0,097
	Sa	10.1.04	94,83	108,82	92,41	99,97	105,86		5	I		
	So	11.1.04		59,29		64,02	102,76		3	I	R	0,988
	Mo	12.1.04		65,27		83,69	69,01		3	I		
	Di	13.1.04		74,69		77,64	63,10		3	I		
	Mi	14.1.04		64,09		53,65	50,37		3	I	R	0,097
Do	15.1.04		53,71		51,16			2	I	R	6,071	
Fr	16.1.04		63,47		78,11	62,24		3	I			
Sa	17.1.04		50,39					1	I	R	1,194	
2	Di	20.1.04	58,44	64,91	50,09	72,25	64,13		5	I		
	Mi	21.1.04				53,07		1				
9	Fr	23.1.04		53,22		83,93	77,93		3			
	Sa	24.1.04		64,41		90,44	85,91		3	I		
	So	25.1.04	53,42	76,81	56,79	92,22	88,67		5	I		
	Mo	26.1.04	59,85	85,42	65,91	114,73	94,41		5	I		
	Di	27.1.04	51,75	67,41	51,63	77,24	62,39		5		R	2,984
	Mi	28.1.04	81,22	88,03	83,71	96,49	90,80	56,90	6		R	0,99
	Do	29.1.04		61,80	58,69	89,70	85,40		4	I		
	Fr	30.1.04	55,99	90,97	51,84	113,13	109,46		5	I		
7	Sa	31.1.04	51,15	101,66	64,13	106,03	106,38		5	I		
	So	1.2.04	54,66	114,79	68,59	113,90	96,48		5	I		
	Mo	2.2.04	86,37	141,88	88,27	149,96	147,30		5	I		
	Di	3.2.04	59,46	111,40	79,46	122,54	143,71		5	I		
	Mi	4.2.04	71,18	187,20	104,36	168,80	190,35		5	I		
	Do	5.2.04	60,46	239,42	103,66	183,35	175,03		5	I		
	Fr	6.2.04	68,64	174,72	153,64	209,28	218,94		5	I		
	Sa	7.2.04	56,20	93,76	61,71	108,60	110,15		5	I		
5	Di	10.2.04				54,58	52,31		2			
	Mi	11.2.04				61,26	55,86		2		R	0,3
	Do	12.2.04				54,81			1		R	0,1
	Fr	13.2.04		52,13		68,71	57,35		3			
	Sa	14.2.04		62,61	56,61	71,78	61,93		4	I		
3	Mo	16.2.04				59,63	59,54		2	I		
	Di	17.2.04		57,45		74,05	72,55		3	I		
	Mi	18.2.04		56,02		72,00	63,63		3	I	R	0,3
2	So	22.2.04	57,40	58,35	56,49	56,91	56,39		5			
	Mo	23.2.04	52,90	55,38		62,53	57,01		4		R	9,21
2	Mi	25.2.04				63,21	52,44		2			
	Do	26.2.04		53,83		59,59	57,67		3		R	4,97
5	Mo	1.3.04		69,21		72,79	63,76		3			
	Di	2.3.04	54,22	87,86	55,64	93,20	84,70		5	I		
	Mi	3.3.04		76,60	54,93	79,99	68,42		4	I		
	Do	4.3.04				60,60			1			
	Fr	5.3.04				50,13			1			
	So	7.3.04		55,18		60,92	58,03		3		R	6,75
	Mo	8.3.04				56,02	50,65		2		R	9,61
	Di	9.3.04		53,63		56,83			2			
14	Mi	10.3.04	56,22		51,09	93,98	84,89		4			
	Do	11.3.04	66,24		66,62	99,73	90,59		4			
	Fr	12.3.04	62,60		65,61	94,72	80,38		4			
	Sa	13.3.04	69,59		71,13	100,91	98,01	50,43	5			
	So	14.3.04	62,84		67,23	94,87	103,29		4	I		
	Mo	15.3.04	58,81		75,41	105,37	104,23		4	I		
	Di	16.3.04			71,82	110,47	116,82		3	I		
	Mi	17.3.04			72,23	97,03	96,08		3	I		
	Do	18.3.04			61,62	87,96	97,72		3	I		
	Fr	19.3.04			66,64	87,21	91,91		3	I		
2	Sa	20.3.04	50,67		67,91	73,38	75,47		4	I		
	Di	30.3.04			60,41	62,43			2			
	Mi	31.3.04		58,01	67,93	72,74	67,75		4			
Überschreitungen			42	77	56	102	91	5	107 Tage			
Prozent vom Grenzwert			126%	154%	136%	167%	168%	120%				